

T/621.3/C46

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO

**FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA Y
ELECTRONICA**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA ELÉCTRICA

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE

INGENIERO ELÉCTRICISTA



1883

**REHABILITACIÓN DE LÍNEAS DE TRANSMISIÓN
COSTERAS EN 220 KV. - LÍNEA 207 (LÍNEA DE
TRANSMISIÓN DE 220 KV. LIMA-PISCO)**

ASESOR : ING. CESAR AUGUSTO RODRIGUEZ ABURTO

AUTOR : BACH. LUIS FILIBERTO CÉSARE CORAL

CALLAO-2001

DEDICADO A :

Me temo que al dedicar este estudio no vaya a cometer la imprudencia de olvidar a todas las personas generosas que han colaborado en la culminación exitosa de esta obra y así poder concretar con mi anhelo profesional, por ello deseo agradecer profundamente a todos los que incentivaron y apoyaron, desde mi ALMA MATER, y así mismo el apoyo desinteresado, moral y material de mi amada familia.

Agradeciendo a,

Sofía Esperanza Césare Guerra, Jorge Césare Guerra, Filiberto Césare Guerra, Oscar Césare Guerra, Teresa Coral Ocmin, María Luisa Coral Ocmin, Lindomira Coral Ocmin, Telecila Coral Ocmin, Miguel Coral Ocmin, Jhon Coral Ocmin, Jorge Antonio Césare Coral, Mary Flor Césare Coral, Oscar Luis Césare Coral, Sofía Teresa Césare Coral, Jorge Vladimir Césare Coral, Álvaro Renato Césare Coral, Carmen Lucía Césare Vidaurre, Armando Césare Del Águila Doris Bertha Saravia Moya.

A mis maestros y amigos

Franco Iván Veliz Lizarraga, Cesar Augusto Rodríguez Aburto, Cesar Antonio Gerónimo Mayor, Jorge Montañó Pisfil, Juan Herber Grados Gamarra, Eduardo Vilchez Pérez, Carlos Hugo Huanay Herrera, José Roberto Correa Guamiz, José Antonio Alcalde Talavera, Carlos Arturo Adrianzen Acosta, Adolfo Ludovico Salazar Romero, Gilberto Espinosa Rivera, Daniel Enrique Natividad Sánchez, José Alberto Flores Cordova, Richard Paul Chumbiauca Moreno, Isaac Francisco Morales Landeo, Rosa Guerrero

Sé que aun faltan mas..... pero ellos me entenderán.....

..... Y para los hombres del futuro:

Ustedes, que surgirán del marasmo
en él que nosotros nos hemos hundido,
cuando hablen de nuestras debilidades,
piensen también en los tiempos sombríos
de los que nos hemos escapado.

Bertolt Brecht

Callao diciembre del 2001

RESUMEN

TÍTULO: REHABILITACIÓN DE LÍNEAS DE TRANSMISIÓN COSTERAS EN 220Kv. LÍNEA 207 (LIMA-PISCO), El aporte del presente estudio va a desarrollar las bases teóricas como prácticas sobre la rehabilitación de líneas de transmisión costera, indicando las principales **CAUSAS DESTRUCTIVAS DE LAS ESTRUCTURAS** metálicas, en el Cáp. 8, las que luego van a ser reemplazadas por una **Familia de Pórticos de Madera** (abeto o pino), de 15.24 – 25.91 m., además tratará sobre la contaminación ambiental, intrusión salina (niebla marina), proceso de corrosión y pérdidas en la línea, longitudinal, transversal, corrientes de fuga, y fenómeno corona. En el Cáp.10, se plantea los **CRITERIOS PARA LA REHABILITACIÓN** estableciendo las zonas críticas afectadas, además, los criterios considerados para la parte aérea y para la cimentación de la estructura del poste de madera. El Cáp.11, trata específicamente la **REHABILITACIÓN DE LA LÍNEA DE TRANSMISIÓN COSTERA L-207** la que incluye las características atmosféricas, el trazo de la directriz o eje de la línea, conductores y accesorios para ésta, materiales y equipos, postes de madera largo y ensambles, en especial la familia de pórticos de madera, carga de diseño, factores de seguridad, aisladores. En el Cáp.12, trata sobre el **MONTAJE ELECTROMECÁNICO Y OBRAS CIVILES** de manera descriptiva y aplicada en el campo. Entre ellos se verá la cimentación de los postes, montajes de estructura del conductor, de aisladores y desmontaje de la antigua línea, se ve brevemente la ingeniería de detalle en lo referido al criterio de diseño, espaciamientos eléctricos entre conductores y estructuras, conductor y suelo, conductor y línea de potencia, ferretería eléctrica, toma a tierra y la protección contra la erosión, conjuntamente con inspección y pruebas. En el Cáp., 13, trata sobre el **IMPACTO AMBIENTAL** de la línea. El Cáp. 14, va a establecer las **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES** finales como experiencia para los diseños o rehabilitaciones en la costa peruana. Se incluye bibliografía e índices, **ANEXOS Y FOTOGRAFÍAS**. Autor: Luis Filiberto Césare Coral, En la Ciudad Universitaria UNAC, Callao, Perú, noviembre del 2001.

1.0 INTRODUCCIÓN

En el Perú, la costa peruana es recorrida por una línea de transmisión longitudinal de energía eléctrica de 220 kV., el sistema costero existente fue construido entre los años 1973 y 1992, utilizando en la práctica materiales standards en HV (High Voltage), en líneas de transmisión, según las Normas Técnicas. La experiencia operacional de años transcurridos nos indican según recientes estudios de investigación e inspección, la existencia de **zonas críticas** a lo largo de las líneas del sistema costero en 220 kV., con serios niveles de corrosión por intrusión salina (niebla salina), que provoca un deterioro inaceptable en los componentes de las estructuras. Por otro lado, la experiencia ha demostrado que existe una excesiva acumulación de contaminantes sobre los conductores, asociado a una ausencia casi total de lavado natural (lluvias), o de mantenimiento continuo que los va a conducir a la pérdidas por efecto corona que alcanzan y podrían exceden los valores de pérdida por resistencia.

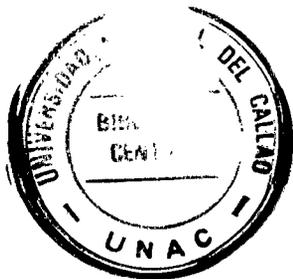
El mismo fenómeno causa serios problemas de mantenimiento en las cadenas de aisladores, considerando que en ciertas zonas se deben lavar los aisladores hasta cuatro veces por año, lo que implica un gasto adicional por mantenimiento.

En la actualidad está recomendando la **REHABILITACIÓN** de las estructuras y líneas de transmisión, en las **zonas de corrosión crítica** utilizando Pórticos de Madera que sustituirán a las estructuras metálicas antiguas. En los casos especiales donde las condiciones físicas y del medio ambiente lo permitan se recomienda la utilización de postes tubulares de acero, además de considerar la posibilidad de reutilización de parte del material retirado según sea su condición, después de un estudio aparte de control de calidad de esté.

En el diseño para las "zonas críticas", también incluye nuevos conductores, nueva ferretería eléctrica y nuevos aisladores, como sé vera en el estudio. Dentro de lo posible, la nueva línea **REHABILITADA L-207**, irá paralela a la ruta ya existente. En algunos casos se modificó la ruta teniendo en cuenta aspectos prácticos y económicos, minimizando los efectos de la corrosión por alejamiento de las zonas críticas, reduciendo la cantidad de Pórticos de ángulo y evitando atravesar áreas de cultivo y ciudades.

En consecuencia, la selección de los materiales para estas líneas esta basada en la mejor información disponible, y experimentada, en general los materiales propuestos deben brindar una buen desempeño, en condiciones climáticas severas (intrusión salina).

En él estudio sé esta usando material con tecnología de punta, donde se plantea las alternativas sobre el uso del tipo de conductor a utilizar, uno de ellos fue el tipo



INDICE

| | | |
|-------|---|----|
| 1.0 | INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| 2.0 | OBJETIVO DEL ESTUDIO..... | 2 |
| 3.0 | ANTECEDENTES DEL ESTUDIO..... | 3 |
| 4.0 | ALCANCES DEL ESTUDIO..... | 4 |
| 5.0 | JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO..... | 4 |
| 6.0 | UBICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL ESTUDIO..... | 6 |
| 7.0 | PROYECTO EJECUTADO COMO EXPERIENCIA Y RESULTADO EX-ANTE EN LA LÍNEA L-232..... | 8 |
| 8.0 | PRINCIPALES CAUSAS DESTRUCTIVAS EN LAS ESTRUCTURAS METÁLICAS DE LA LÍNEA DE TRANSMISIÓN ELÉCTRICA..... | 9 |
| 8.1 | Contaminación Ambiental en la línea (polvo de cemento, melaza, humos industriales, residuales automotrices)..... | 9 |
| 8.1.1 | Introducción..... | 9 |
| 8.2 | Intemperización Ambiental..... | 12 |
| 8.3 | Intrusión Salina Aérea en el litoral peruano..... | 13 |
| 8.3.1 | Introducción..... | 13 |
| 8.3.2 | Niebla Salina..... | 14 |
| 8.3.3 | Proceso Intrusivo Aéreo..... | 16 |
| 8.3.4 | El Equivalente de Densidad de Sal Depositada (EDSD)..... | 18 |
| 8.4 | Contaminación de la zona de cimentación (humedad, salinidad del suelo)..... | 19 |
| 8.5 | El proceso de corrosión en las estructuras metálicas de las líneas de transmisión costera..... | 19 |
| 8.5.1 | Introducción..... | 19 |
| 8.5.2 | El proceso de corrosión de las estructuras metálicas en la línea de transmisión L-207..... | 21 |
| 8.5.3 | Mecanismos de protección contra la corrosión de las estructuras metálicas, que serían necesarios para proteger la línea de transmisión costera L-207..... | 26 |



| | | |
|----------|--|----|
| 8.6 | Pérdidas eléctricas en la línea..... | 27 |
| 8.6.1 | Introducción..... | 27 |
| 8.6.2 | Aspectos teóricos de las pérdidas eléctricas | 27 |
| 8.6.3 | Pérdidas longitudinales en la línea..... | 28 |
| 8.6.4 | Pérdidas transversales en la línea | 29 |
| 8.6.4.1 | Pérdidas por corriente de fuga..... | 29 |
| 8.6.4.2 | Pérdidas por fenómeno corona..... | 31 |
| 9.0 | ALTERNATIVA PLANTEADA PARA LA REHABILITACIÓN DE LA LÍNEA DE TRANSMISIÓN COSTERA L-207 | 37 |
| 9.1 | El mantenimiento y el control continuo de la línea de transmisión L-207..... | 37 |
| 9.2 | La Rehabilitación del tramo crítico en la misma directriz o eje de la antigua línea de transmisión eléctrica L-207..... | 37 |
| 10.0 | CRITERIOS QUE SE PLANTEAN PARA EL DISEÑO DE LA REHABILITACIÓN EN LA LÍNEA DE TRANSMISIÓN COSTERA L- 207..... | 39 |
| 10.1 | Introducción | 39 |
| 10.2 | Definiciones | 41 |
| 10.2.1 | Zonas críticas en la línea L-207 | 41 |
| 10.2.1.1 | Parámetros importantes de las zonas críticas..... | 42 |
| 10.2.1.2 | Determinación de las áreas de zonas críticas..... | 44 |
| 10.3 | Criterios que se deben de considerar para la ejecución de la Rehabilitación en la línea de transmisión costera L-207..... | 45 |
| 10.3.1 | Criterios para la Rehabilitación en la parte aérea de las estructuras..... | 45 |
| 10.3.2 | Criterios para la Rehabilitación de la zona de cimentación de las estructuras..... | 52 |
| 10.3.2.1 | Introducción..... | 52 |
| 10.3.2.2 | Agresión química interna, externa y electroquímica del concreto de cimentación..... | 52 |
| 10.3.2.3 | Cimentaciones para pórticos con postes de madera..... | 54 |

| | | |
|----------|---|----|
| 10.3.3 | Criterios en la ejecución del rediseño del trazo de la línea L-207 | 54 |
| 10.3.4 | Criterios para la toma a tierra..... | 55 |
| 10.3.5 | Criterios para la distribución de las estructuras en la línea L-207 | 57 |
| 11.0 | REHABILITACIÓN DE LA LÍNEA DE TRANSMISIÓN COSTERA L-207 | 59 |
| 11.1 | Introducción | 59 |
| 11.2 | Condiciones Ambientales de la línea de transmisión costera L-207 | 59 |
| 11.2.1 | Características atmosféricas en la línea L-207 | 60 |
| 11.2.2 | Condiciones topográficas y geomorfológicos de la línea L-207 | 60 |
| 11.2.3 | Utilización del suelo..... | 60 |
| 11.2.4 | Condiciones geotécnicas de la línea L-207 | 61 |
| 11.2.5 | Clasificación y capacidad portante de los suelos..... | 61 |
| 11.3 | Trazo de la línea de transmisión costera L-207..... | 61 |
| 11.4 | Conductores para la línea de transmisión costera L-207..... | 62 |
| 11.4.1 | Introducción..... | 62 |
| 11.4.2 | Conductor ACAR..... | 64 |
| 11.4.3 | Tipo de conductor ACAR | 65 |
| 11.4.4 | Vano medio del conductor ACAR..... | 66 |
| 11.4.5 | Límites de los esfuerzos del conductor ACAR..... | 68 |
| 11.4.6 | Accesorios del conductor ACAR | 68 |
| 11.4.7 | Protección contra la vibración eólica (amortiguadores tipo stockbridge) | 69 |
| 11.5 | Materiales y equipos de La Rehabilitación..... | 69 |
| 11.5.1 | Introducción..... | 69 |
| 11.5.2 | Postes De Madera Largo | 69 |
| 11.5.2.1 | Preservación y tratamiento del poste largo de madera..... | 71 |
| 11.5.3 | Familia de estructuras con poste de madera..... | 73 |

| | | |
|----------|--|-----|
| 11.5.3.1 | Introducción..... | 73 |
| 11.5.3.2 | Pórticos de alineamiento..... | 75 |
| 11.5.3.3 | Pórticos de ángulos (suspensión) | 75 |
| 11.5.3.4 | Pórticos de fin de línea (anclaje)..... | 75 |
| 11.5.3.5 | Pórticos de gran vano y arrancamiento..... | 76 |
| 11.5.3.6 | Pórticos De transposición | 76 |
| 11.5.3.7 | Familia y tipos de pórticos | 76 |
| 11.5.3.8 | Cimentaciones para pórticos con poste de madera largo en la línea L-207 | 78 |
| 11.5.3.9 | Crucetas, riostras y separadores de riostras | 79 |
| 11.6 | Cargas de diseño de las estructuras y del conductor | 81 |
| 11.6.1 | Cargas de viento y presiones..... | 81 |
| 11.6.2 | Cargas de rotura del conductor..... | 81 |
| 11.6.3 | Casos de carga | 82 |
| 11.7 | Factores de seguridad..... | 83 |
| 11.7.1 | Factores de seguridad de los componentes de la línea de transmisión..... | 83 |
| 11.7.2 | Factores de seguridad según nivel de esfuerzo de la estructura de madera..... | 83 |
| 11.7.3 | Factores de seguridad de los tipos de cimentaciones..... | 84 |
| 11.8 | Aisladores de la línea de transmisión..... | 85 |
| 11.8.1 | Introducción..... | 85 |
| 11.8.2 | Aisladores de porcelana o vidrio | 86 |
| 11.8.3 | Aisladores poliméricos | 87 |
| 11.8.4 | Los amortiguadores de vibración para la línea L-207 | 89 |
| 11.9 | Grampas de suspensión..... | 99 |
| 11.10 | Ferretería eléctrica de acero inoxidable | 103 |
| 11.11 | Ferretería eléctrica de acero galvanizado | 106 |
| 11.12 | Ferretería eléctrica, varios | 110 |

| | | |
|-----------|---|-----|
| 12.0 | MONTAJE ELECTROMECAÁNICO Y OBRAS CIVILES DE LA LÍNEA DE TRANSMISIÓN L-207 | 111 |
| 12.1 | Introducción | 111 |
| 12.2 | Cimentación de los postes..... | 111 |
| 12.3 | Estructuras De Protección Contra La Erosión | 113 |
| 12.4 | Almacenamiento, manipulación, izado de las estructuras | 115 |
| 12.5 | Montaje de las estructuras..... | 116 |
| 12.6 | Montaje del conductor ACAR | 120 |
| 12.7 | Montaje de aisladores y accesorios | 124 |
| 12.8 | Desmontaje de la línea antigua | 126 |
| 12.9 | Conexión a las líneas existentes y trabajo en caliente | 128 |
| 12.10 | Ingeniería de detalle para la rehabilitación de línea de transmisión L-207..... | 128 |
| 12.10.1 | Espaciamiento eléctrico..... | 135 |
| 12.10.1.1 | Espaciamiento entre el conductor y la estructura para la Rehabilitación de la línea de transmisión L-207..... | 135 |
| 12.10.1.2 | Espaciamiento entre el conductor y el suelo | 135 |
| 12.10.1.3 | Espaciamiento entre el conductor y las líneas de potencia y línea de comunicaciones..... | 136 |
| 12.10.2 | Conexiones de los postes de madera | 136 |
| 12.10.3 | Ferretería del aislador en suspensión y en anclaje..... | 136 |
| 12.10.4 | Toma a tierra en la línea L-207 | 137 |
| 12.10.4.1 | Materiales para la toma a tierra | 137 |
| 12.10.4.2 | Sistema de toma a tierra..... | 138 |
| 12.11 | Protección contra la erosión en la línea de transmisión L-207 | 139 |
| 12.11.1 | Introducción..... | 139 |
| 12.11.2 | Tipos de protección de las estructuras contra la erosión en la línea L-207 | 139 |
| 12.11.3 | Ubicación de las estructuras con protección de cimentación en la línea L-207 | 140 |

| | |
|--|-----|
| 12.12 Inspección y pruebas de la línea Rehabilitada terminada..... | 141 |
| 12.13 Periodo de operación experimental | 143 |
| 13.0 IMPACTO AMBIENTAL DE LA LÍNEA DE TRANSMISIÓN L-207..... | 144 |
| 14.0 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... | 144 |
| 15.0 BIBLIOGRAFIA..... | 164 |
| 16.0 INDICE DE ANEXOS..... | 167 |

ACAR que es un conductor compacto de geometría trapezoidal y el otro tipo Aero Z, que es un conductor compacto de aleación de aluminio y de procedencia de fabricación Belga, el cual tiene en sus dos últimas capas de hilos en forma de Z lo cual impide la penetración de agentes externos al interior del cable, luego finalmente se eligió el conductor tipo ACAR el que puede alcanzar una durabilidad de 30 años, además cabe señalar que es la primera vez que se usa este tipo de material en el Perú. En esta oportunidad se podría usar la ferretería de acero inoxidable pero debido a su costo elevado se ha observado dicho uso, el cual es de mayor duración que la ferretería convencional normal. Otra de las innovaciones es el uso de puntales de madera en reemplazo de las retenidas convencionales, lo cual también ayuda a alargar la vida útil de la línea con un mantenimiento adecuado. Existen algunas dificultades a las que se van a tener que superar, tales como la tarea de replanteo de ruta la que se tiene que llevar a cabo con los propietarios afectados por el paso de la servidumbre del electroducto para que esta pueda cumplir con los ordenamientos legales para el derecho de paso, esto se va a observar al hacer una variante en la zona de San Marcos de la Aguada para no cruzar la plaza de armas y sus centros urbanos.

2.0 OBJETIVO DEL ESTUDIO

- **Rehabilitar el tramo de la línea de transmisión** de 220 kV. Entre, Chilca-Mala, del antiguo tramo L-207, con el fin de continuar operativa la línea L-207 (LIMA-PISCO).
- **Asegurar la eficiencia operativa** sostenida de la línea, a fin de que no se produzca pérdidas, y siniestros en un horizonte prolongado (30 años como mínimo).
- **Controlar las pérdidas eléctricas** en las líneas de transmisión.
- **Evitar la corrosión** en el futuro de la nueva línea de transmisión L-207.
- **Evitar los gastos por mantenimiento** que se venían realizando con la antigua línea L-207.
- **Controlar la contaminación** de los aisladores y ferretería eléctrica en la línea eléctrica con material resistente a la corrosión.
- **Utilizar nuevos materiales** de última generación ya experimentados que permitan ser más estable en el tiempo contra la intrusión salina (costera), para evitar su destrucción prematura.
- **Establecer los lineamientos técnicos** para los futuros proyectos de rehabilitación costera, identificando y proponiendo soluciones que reduzcan los niveles de pérdidas eléctricas así como de las estructuras.

3.0 ANTECEDENTES DEL ESTUDIO

Las líneas de transmisión 220kV. Lima-Pisco (L-207), presenta los siguientes antecedentes históricos:

| CARACTERÍSTICAS DE LA LÍNEA LIMA-PISCO (L-207) | |
|--|-----------------------|
| Año de puesta en servicio | 1973 |
| Longitud total en kilómetros | 215 Km. |
| Número de ternas | 1 |
| Frecuencia industrial | 60 Hz |
| Longitud de zona crítica | 30.08 Km. |
| Material de la torre | Acero galvanizado |
| Área total de la torre | 147 m ² |
| Conductor (ACAR) | 442 mm ² |
| Material de los aisladores | Porcelana antineblina |
| Número de aisladores en: | |
| Suspensión | 17 |
| Anclaje | 18 |
| Número de torres en: | |
| Suspensión | 450 |
| Anclaje | 43 |
| Número de transposiciones | 4 |
| Total de torres | 503 |
| Vano medio | 430 m. |

Fuente: ETECEN, Estudio y Evaluación de las Líneas de Transmisión Costera, 1999.

En el sistema de transmisión costero, se puede observar un común denominador en lo referente a la corrosión, reparaciones o reemplazos, incluidos dentro del mantenimiento y evaluados como zonas críticas, en tal sentido tenemos los casos de San Juan-Independencia (L-207), Zapallal-Paramonga (L-213), Paramonga-Chimbote (L-215) y Chiclayo-Piura (L-238). Estas líneas presentan cuadros de destrucción y debilitamiento por intrusión salina (marina) aérea incluyendo la zona de fundación o cimentación, lo que nos está indicando los antecedentes que se están presentando a nivel nacional y así poder finalmente controlar, recomendar las medidas pertinentes en lo referente a corrosión, pérdidas transversales y contaminación del aislamiento, en tal sentido se plantea los estudios para poder controlar lo antes ya mencionado y se halla dentro de los criterios de una investigación.

4.0 ALCANCES DEL ESTUDIO

Es necesario precisar los alcances del estudio de la siguiente manera:

- Lograr establecer un plan integral de rehabilitación de línea de transmisión costera conducentes a afrontar otros tipos de proyectos de similar magnitud en la costa peruana.
- Normalizar los equipos y materiales así como la metodología de trabajo inherentes a la rehabilitación de la línea costera.
- Establecer las zonas críticas en las cuales se halla previsto el reemplazo total de todos los componentes.

5.0 JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

La ejecución del Estudio permitirá rehabilitar el tramo de la línea (zonas críticas) en una longitud de 30.085 Km., que fueran afectadas por las condiciones de corrosión extremas imperantes en dichas zonas, (Intrusión de salinidad marina), en el rango de 0 a 16 Km. tierra adentro.

La rehabilitación de las zonas críticas se basa en la necesidad de aumentar la fiabilidad del sistema de transmisión costero, reduciendo al mismo tiempo las importantes pérdidas de energía ocasionadas por la presencia de contaminantes atmosféricos (polvos de cemento, melaza de azúcar, residuos químicos industriales, humedad relativa. Por este motivo se está considerando como justificación del proyecto, lo siguiente:

- a.- El esperado de vida de la línea de transmisión actual, es de 30 años con mantenimiento, considerando aún el mantenimiento periódico, teniendo en cuenta que esta línea se encuentra bordeando su límite de 28 años, desde el año 1973.
- b.- Según los estudios estadísticos llevados a cabo se ha comprobado que el 15% de la línea de transmisión se hallan totalmente destruidos por corrosión marina, por lo que se hace urgente rehabilitar estos tramos (zonas críticas).
- c.- Posibilidades de Siniestros (caídas de línea) a terceros en zonas urbanas, y pérdidas por suministro no despachado.
- d.- Sobre mantenimiento constante de la línea de transmisión por efectos de la agresión por intrusión salina (corrosión), la que va producir pérdidas económicas, sobre costos operacionales.
- e.- Posibles complicaciones Legales (demandas y multas por abandono de servicio).

- f.- Pérdida de Prestigio Institucional y falta de Calidad de Servicio sostenido en el tiempo.
- g.- Adoptar los nuevos criterios Tecnológicos de acuerdo a las exigencias del medio ambiente y económico. Según la experiencia lograda de la anterior línea de transmisión construidas de estructuras metálicas, ahora se posibilita el cambio de las torres de celosía metálica por pórticos de madera que reducen los costos de mantenimiento y aumenta su durabilidad.
- h.- Oportunidad para el posible sobre dimensionamiento de la línea de transmisión respecto a la anterior.
- i.- Un alto nivel de corrosión en las zonas críticas a lo largo de la costa del Perú, lo que no permite la durabilidad de la línea de transmisión.
- j.- Posibilidad de poder tomar las medidas previas de acuerdo a este estudio, lo que permitirá realizar los nuevos diseños de rehabilitación teniendo en cuenta los parámetros expuestos en él tema para las futuras líneas de transmisión costera.
- k.- Existe una recomendación de la Agency for International Development A.I.D. sobre la durabilidad estimada para las diversas partes de la obra, que se hace extensiva como referencia para los cálculos en el diseño del proyecto.

| | |
|--------------------------------|-------------|
| Parte de construcción civil | 50 años |
| Equipos mecánicos y eléctricos | 35 años |
| Subestación, Transformadores | 30 años |
| Línea de Transmisión | 50 años (*) |

(*) Esta apreciación en lo referente a la línea de transmisión indica que esta deberá tener un periodo dilatado de uso así como los materiales u componentes, que nos deben brindar la oportunidad de alcanzar este techo temporario, encontrándose que el material debe ser capaz de lograr esta exigencia, como el pórtico de madera, por sus cualidades y su durabilidad que luego sé vera en detalle mas adelante

6.0 UBICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL ESTUDIO

La ubicación del estudio se halla en la zona sur de la ciudad de Lima desde San Juan hasta Independencia, Ver Anexo N° 1 plano de Ubicación. Este bordea la costa del litoral a una distancia promedio de 1km a 7 Km. de esta y comprende en totalidad la línea L-207 de 214 748 Km. donde se ha tomado la zona crítica en un tramo de esta y representa 30.085 Km. la que interesa a este estudio.

| TRAMO DE LA LÍNEA DE TRANSMISIÓN L-207, PARA LA REHABILITACIÓN | | | | |
|--|---------------|---|-----------------------------------|----------------|
| LÍNEA | TRAMO | TORRES DE ACERO EXISTENTES EN LOS EXTREMOS DE LA ZONA CRITICA | | LONGITUD (Km.) |
| | | N° de torre | Localidad | |
| L-207 Lima-Pisco I | Chilca – Mala | T-107 T-177 | Papa León Santa Cruz de Flores | 30.085 |
| Total | | | | 30.085 |

Fuente: ETECEN, Estudio y Evaluación de las Líneas de Transmisión Costera, 1999.

- Según el cuadro esto implica un total 70 estructuras metálicas las que serian reemplazadas por pórticos de madera.

| DESCRIPCIÓN DEL TRAMO DE LA LÍNEA DE TRANSMISIÓN HA REHABILITARSE | |
|---|--------------------------|
| DESCRIPCIÓN | LÍNEA LIMA-PISCO (L-207) |
| Tensión | 220 kV. |
| Potencia Nominal | 150 MW. |
| Número De Ternas | 1 |
| Disposición De Conductores | Horizontal |
| Número De Transposiciones | 0 |
| Frecuencia | 60 Hz. |
| Longitud | 30.08 Km. |
| Conductor Activo | ACAR 500 mm ² |
| Cable Guarda | Ninguno |
| Estructuras y Materiales | Madera DF/SYP |
| Configuración De Las Estructuras | Tipo "H" |
| Aisladores | 21 platos Antifog |

Fuente: ETECEN, Estudio y Evaluación de las Líneas de Transmisión Costera, 1999.

En la descripción del ESTUDIO DE REHABILITACIÓN, se ha incluido las zonas de corrosión severa o zona crítica, que se mencionan a continuación para la línea L-207, donde se utilizaran (circuito simple) pórticos de madera.

Ver anexo N° 2 Ubicación de la línea de transmisión L-207.

Ver anexo N° 3 Línea de transmisión L-207, la zona de corrosión o crítica.

Ver anexo N° 4 La zona crítica a reemplazar de la Línea de transmisión L-207.

7.0 PROYECTO EJECUTADO COMO EXPERIENCIA Y RESULTADO EX-ANTE EN LA LÍNEA L-232

Existe actualmente una Línea de Transmisión la L-232 (Chimbote-Trujillo), en 138 kV. Ejecutada con postes de madera largos importado del tipo, Douglas Fir (abeto), donde esta tiene ya un periodo de 18 años de trabajo operativo y los postes están tratados con creosota, según las inspecciones llevadas a cabo se ha podido obtener que estos se hallan en buen estado particularmente a nivel del suelo y por debajo de este, la inspección realizada 1 metro arriba y 1 metro abajo del nivel del suelo, se realizo manualmente por excavación donde se obtuvieron 15 muestras a lo largo de la línea, estos incluyen postes instalados en suelo arenoso y en suelos de barro así como en áreas desérticas y agrícolas, de todo lo extraído a su vez se realizo exámenes de laboratorio de las muestras del núcleo a una profundidad de 30 cm. De la madera y revelaron una buena penetración de la creosota, donde se observo una estructura robusta y la ausencia de deterioro orgánico, Luego se llego a la conclusión que los postes de madera (abeto) podrían tener holgadamente un comportamiento excelente en la costa peruana para una vida útil de 30 a 35 años o más, en nuestro caso nos estaríamos remitiendo a las condiciones del fabricante que le da un periodo de 25 años, razón que nos coloca en ventaja ya sea, para el mantenimiento, reposición, depreciación y recupero de la inversión, esto nos esta indicando que la experiencia y el antecedente es muy bueno.

De la ferretería del poste de madera en la línea L-232. El examen visual de La ferretería de la estructura con poste de madera en áreas costeras salinas nos revela un comportamiento estable, con muy poca corrosión, tratándose aun de una ferretería estándar, cabria indicar particularmente según la agresividad del medio una ferretería, con capas mas gruesas de zincado o acero inoxidable, la que nos liberaría en un periodo mucho más largo su reposición o mantenimiento periódico recomendación que sé vera oportunamente.

En los cables de retenida y anclajes de retenida. Consiste en un cable galvanizado 9.5 mm o 3/8 de pulgadas con 7 hilos trenzados, aquí se observo presencia de corrosión severa y escamado de galvanizado, lo que hace necesario su reposición cada 2 o 3 años, se ha logrado controlar poniendo una capa de compuesto a base de Carbon-tar (alquitrán), ahora sobre las barras sólidas de anclaje (copperweld), no se observa signos de corrosión y tiene muy buena respuesta al medio agresivo.

8.0 PRINCIPALES CAUSAS DESTRUCTIVAS EN LAS ESTRUCTURAS MÉTALICAS DE LA LÍNEA DE TRANSMISIÓN ELÉCTRICA

Entre las principales causas destructivas en las estructuras metálicas, se va realizar el estudio de la estructura expuesta al medio aéreo, así como la estructura expuesta al medio que rodea la cimentación, donde se han considerado las siguientes causas:

1. Contaminación ambiental (polvo de cemento, melaza, residuales automotrices).
2. Intemperancia ambiental
3. Intrusión Salina (niebla salina), en el litoral peruano
4. Contaminación de la zona de fundación (humedad, salinidad del suelo).
5. Proceso de corrosión en las estructuras metálicas de las líneas de transmisión
6. Perdidas eléctricas en la línea
 - 6.1. Perdidas Longitudinales
 - 6.2. Perdidas Transversales

8.1 Contaminación Ambiental en la línea (polvo de cemento, melaza, humos industriales, residuales automotrices)

8.1.1 Introducción

En el mundo, uno de los lugares en donde el medio ambiente es más severo, es el Perú, tenemos los desiertos más secos, y en la costa, no existe el efecto de lavado de las líneas por lluvia, lo que impide la limpieza natural de los diferentes componentes de las estructuras, pero sí, el efecto de acumulación es notable, sobre todo la sal marina de intrusión salina (niebla salina), que se superpone sobre el suelo del desierto, así como sobre las estructuras y componentes de las líneas (aisladores y cables).

Si bien es cierto el estudio de contaminación ambiental implica la contaminación marina, para los efectos particulares de nuestro estudio, se ha realizado específicamente la separación de esta en:

- Contaminación de niebla salina intrusiva costera
- Contaminación ambiental del medio:

- Vientos terrales y Paracas
 - Microorganismos de tipo algas
 - Colonia de Insectos y Aves
- Contaminación ambiental industrial y agrícola

Se ha efectuado esta separación por el motivo que la contaminación salina en la costa va a representar para el ingeniero electricista, mecánico, civil industrial y Pesquero una variable independiente que produce una **destrucción muy agresiva** de los metales de las estructuras, en nuestro caso en especial esta va a incidir en el estudio de ingeniería eléctrica en lo referente a la elección de los materiales en el diseño eléctrico de las líneas, y sus costos económicos de inversión, por ello su gran importancia, ahora por otra parte sé esta planteando el estudio de contaminación de los otros componentes conocidos, cabe mencionar que el estudio de contaminación que realizan los expertos en Meteorología, y lo efectúan en forma integral pero en nuestro caso se ha hecho una excepción por el motivo ya explicado anteriormente, donde vemos además que existe una contaminación intensa debido a los terrales tipo agrícola en los valles de Lurin, Mala, Cañete, Chincha, Pisco, Ica., Palpa, Nazca también la minera en Chilca, Mala, Marcona y minas Cóndor otro tipo es la vial y urbana.

Respecto a los microorganismos tipo alga estos crecen uniformemente en la superficie interior de los aisladores no son conductivos pero sin embargo van a propiciar la acumulación de materiales extraños así como la absorción de humedad que si la van a hacer conductivos.

En el caso del ensuciamiento producido por los depósitos de aves así como el establecimiento de colonias de insectos que se encuentran en los tramos de la línea que atraviesan zonas agrícolas como es en la zona de Cañete donde existen colonias de abejas y es necesario prever por lo menos una limpieza a trapo en las cadenas de aisladores con una frecuencia de mantenimiento de cada 6 meses como mínimo siguiendo la secuencia de lavado según cronograma de actividades.

Factores que van a influir en la acumulación de contaminantes:

- Distancia al mar de las líneas
- Altitud o cota geográfica de las líneas
- Topografía del terreno, ríos, valles, contrafuertes
- Naturaleza del suelo, Ph, salinidad, humedad
- Clima de la región y microclimas
- Condicionales ambientales particulares (ventiscas Paracas, albuferas, desiertos)

La importancia de esta contaminación estriba que esta va actuar sobre la geometría de las estructuras, aisladores y cables, la que va acumular esta contaminación, como adelanto indicaremos que por ello se busca que en el caso de los aisladores, estos posean mayor diámetro o aquellos que tengan faldas medianas o largas y los ribetes más separados serán los que tendrá una menor contaminación al igual que la línea de fuga más prolongada.

Contaminación Ambiental industrial y agrícola

Los contaminantes de origen industrial se presentan, como gaseoso, líquido y sólidos en nuestra atmósfera, y se clasifican:

- Por su origen
 - Por el estado de la materia
-
- **Por su origen**

En contaminantes primarios y secundarios

Los contaminantes primarios son aquellos que al ser emitidos a la atmósfera por la fuente contaminante no experimentan transformación química, física alguna (siendo esto gasolina, petróleo, kerosén, aguarrás, acetona, thinner, metano, etano o gas doméstico, óxidos de nitrógeno (NO_x), óxidos de azufre (SO_x) en los cuales el SO_2 , que es el más importante, el monóxido de carbono (CO).

Los contaminantes secundarios son aquellos que se originan mediante reacciones fotogénicas que ocurren en la atmósfera, a partir de los contaminantes primarios gaseosos, líquidos y sólidos en presencia de la radiación solar, agua (H_2O), Oxígeno molecular (O_2), él más importante es el ozono (O_3), amonio (NH_4), ácido sulfúrico (H_2SO_4), ácido nítrico (HNO_3), la sal sulfato de amonio $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, donde además se puede incluir partículas como aerosoles, vapores orgánicos y metálico, partículas provenientes de la combustión, sales formadas en la atmósfera, polen y esporas del ambiente rural y polvo de las pistas y carreteras de diferentes formas y tamaños son inyectadas a los flujos turbulentos del aire, siendo peligrosas cuando son de tamaño menor a $10\mu\text{m}$ de diámetro y debido a su tamaño y peso son transportados, las partículas mayores de $10\mu\text{m}$, son aquellas que por efecto de gravedad se depositan en forma de polvo en las superficies de las estructuras de la línea de transmisión, donde adicionalmente se va crear un medio propicio para la corrosión metálica.

Adicionalmente la contaminación primaria por el parque automotor es de 800 000 unidades, que contribuyen en la contaminación. Respecto a los parámetros límites, podemos observar según la Organización Mundial De La Salud (OMS), corresponden 5 T/Km²/mes, como valor permisible en precipitación de polvo, pero en nuestras costas la precipitación va de 3 hasta 5 T/Km²/mes, lo que nos indica según el estudio, que el grado de contaminación en polvo en la franja costera se halla menor al límite referencial permisible y esto se debe a las brisas marinas y los vientos en gran escala, predominantes del sur y suroeste provocando la dispersión, por otro lado la nubosidad estratiforme se halla en un promedio de 400 a 900 m. de altitud, por debajo de la base de la inversión meteorológica, ocasionando garúas persistentes y excesos de humedad (niebla salina) la que perjudica las estructuras creando un medio de oxidación por picadura.

- **Por estado de la materia**

La contaminación ambiental se manifiesta por el contenido de los siguientes componentes, generalmente de origen industrial y son partículas o gases, donde las partículas están conformadas por contaminantes sólidos y líquidos que incluyen:

- | | |
|---------------------------------|-------------------------|
| - Polvos, Cemento. | - Fertilizantes. |
| - Humos, Ceniza volátil. | - Potasio. |
| - Químicos, gotas de agua ácida | - Cobre/Sales de Níquel |
| - Piedra Caliza | - Fosfatos/Sulfatos |
| - Carbón | - Carbonatos |
| - Polvo de maquinaria pesada | |

8.2 Intemperización Ambiental

La intemperie en el medio ambiental, se manifiesta principalmente con la acción erosiva de la **radiación ultravioleta** y la pérdida de resistencia mecánica por los **gradientes térmicos solares** con dilatación y contracción permanentemente, aplicado cíclicamente a los conductores expuestos que también deben disipar el calor creado por la corriente eléctrica (efecto Joule). En este caso los gradientes térmicos mayores se presentan en la costa y la selva con una menor incidencia de radiación ultravioleta, siendo inverso el fenómeno en la sierra, o sea temperaturas más estables. Con relación a estas solicitaciones, los conductores en servicio, se cubren de una patina protectora (capa natural) rígida y muy resistente que pueden soportar diferentes niveles de temperatura sin deformación permanente. Cabría anotar adicionalmente que en los aisladores poliméricos aún se hallan sometidos a una

respuesta de eficiencia con cierta incertidumbre, pues los rayos ultravioletas pudiesen provocar creep (deslizamiento muy lento de una estructura a través del tiempo debido a su propia carga o cargas adicionales en ella) en él.

Por otro lado debemos tener presente que la **humedad del medio ambiente** como exclusión de las precipitaciones pluviales en sus diversas formas esta constituida por el vapor natural del agua, el vapor condensado en forma de neblina, y eventualmente en el litoral marítimo, la niebla y el agua de mar atomizada por el oleaje provoca una intensa humidificación de la superficie de los conductores que se da en la costa y esto ocurre cuando se superpone los gradientes térmicos a partir de o hacia temperaturas más bajas. La humedad natural diaria en la sierra es normalmente baja y oscila entre 40 % y 75 %, mientras que en la costa y la selva es alta llegando al 100 %.

Cabria indicar adicionalmente la existencia en los sectores Chincha, Pisco, Paracas que existen el famoso viento del lugar conocido como **Paracas** los cuales se presentan estacionalmente en épocas de invierno, este viento arrastra abundante cantidad de tierra o polvillo y ayuda a la difusión intrusiva en la acumulación contaminante que colisiona con el aislador y golpea la estructura produciendo el fenómeno de intemperancia, como agregado al tema indicaremos que en la zona de Marcona existe alta producción de polvo debido a la extracción y chancado de materiales mineros persistiendo el mismo fenómeno hacia el Sur.

8.3 Intrusión Salina Aérea en el litoral peruano

8.3.1 Introducción

En el proceso de corrosión que se desarrolla en los materiales de este estudio, como ya se adelanto, se puede indicar que es el resultado de otro proceso natural conocido como **intrusión salina aérea** o más comúnmente expresado como la brisa marina o también **niebla salina**, donde este fenómeno se manifiesta como la penetración de partículas suspendidas, vapores o gases que contienen compuestos de origen marino como cloruro de Sodio, Oxígeno los cuales son transportados por las corrientes de aire hacia el interior de la costa en dirección perpendicular a esta, los cuales se depositan sobre la superficie metálica expuestas a la intemperie, y en combinación con la temperatura, viento y la humedad atmosférica, se puede agregar a las capas de polvo ya depositadas en la superficie de las estructuras.

8.3.2 Niebla Salina

La niebla salina viene a ser el resultado de la **evaporación superficial** del agua de mar, en la cual esta evaporación arrastra hasta un 30% del componente salino molecular ($H_2O + ClNa$), la que representa un contenido mínimo de 7 kilos de $ClNa/m^3$ (Justo Yanque M.), como una suspensión vaporizada que es impulsada por el viento hacia el interior del litoral o tierra adentro de la costa, generalmente esta discurre con facilidad por las abras o valles de la costa meandreando intrusivamente, otros autores lo tratan como amplificaciones que van ocurrir sobre las cimas de los cerros o colinas y luego se produce un efecto de "tunelización" en los valles, y recorre las planicies costeras y es conocido como el fenómeno de intrusión marina o salina, los meteorólogos también la conocen como fenómeno de loma o efecto de colinamiento, esta masa vaporizada al penetrar y localizarse a ciertas alturas que van desde 0 – 150 m.s.n.m., en su nivel máximo de contaminación se van a condensar o precipitar debido al **fenómeno punto de rocío** que esta condicionado a los ciclos del día y de la noche debido al cambio brusco de temperatura y la presión atmosférica ideal, para dicho fenómeno ocurra, este se manifiesta como gotitas de agua y forman una capa visible de solución de agua salina que va actuar como electrolito disuelto sobre la superficies de las estructuras y aisladores, más aún si los vientos son calmos esta penetra en los interiores e intersticios de las superficies aun de difícil acceso como son los interiores de los aisladores dentro de su línea de fuga, el fenómeno en mención ocurre en las madrugadas o en horas crepusculares diariamente, se supone que en el día el secado de la superficie va a dejar la concentración de moléculas salinas sobre ella, aún si esta quedase húmeda esta sería un excelente conductor en la línea de fuga del aislador. Por otro lado se observa que su cuantificación debería hallarse en mayor o menor concentración por zonas a partir de la orilla hacia el interior, en nuestro medio se ha establecido una escala del 1 – 5, donde es evaluado por los investigadores de modo puntual como El Equivalente De Densidad De Sal Depositada o EDSD y en otros estudios como el Equivalent Salt Deposit Density, SEDD, que es la escala que va a determinar el nivel de corrosión por concentración de niebla salina, la que debería estar explicada a través de un **"MAPA ISOSALINO"** o también se le podría llamar **MAPA DE LA CORROSION**, que vendría a ser el **mapeado de las curvas probabilísticas de los niveles de igual concentración salina en la costa o a nivel nacional**, el que nos podría permitir colocar los materiales Mas adecuados así como el posible alejamiento del litoral de las obras o estructuras a construir y finalmente prever los programas de mantenimiento en las diferentes áreas de la ingeniería. Una de las desventajas de nuestras costas es que no existen lluvias para el lavado de la superficie salina residual que realice la limpieza de estas.

| CUADRO COMPARATIVO DE LOS NIVELES DE CONCENTRACIÓN DE SALES A CAUSA DE LA INTRUSIÓN MARINA (NIEBLA SALINA) EN LA COSTA DEL PERÚ | | | |
|---|-------------------------------|------------------------------|-------------------------------|
| Contenidos Salinos Parciales | Pasamayo a 2 Km. del mar en % | Huarmey a 5 Km. del Mar en % | Chimbote a 7 Km. del Mar en % |
| Cloruros (Cl) | 0.72 | 0.95 | 0.85 |
| Sulfatos (SO ₄) | 8.10 | 7.90 | 6.70 |
| Carbonatos (CO ₃) | 1.90 | 1.20 | 1.30 |
| Sodio (Na) | 9.00 | 5.31 | 4.75 |
| Ph Solución 1% | 8.08 | 7.90 | 8.00 |
| Mat. Orgánica | 0.17 | 0.20 | 0.16 |

Sales solubles en proporciones similares, así como características que muestran la similitud de la contaminación costera a diferentes distancias del mar, en tres puntos que cubren 450 Km. de litoral.

Fuente: A.E.P. Ing° J. Yanque M. Perú, 2001

El cuadro anterior nos está confirmando la mayor concentración localizada en las cercanías del mar, pero si se observa detenidamente el cuadro, hallaremos que existe mayor concentración en partes más alejadas del mar, y esto es debido al motivo que existen planicies o llanuras con cotas (altura) bajas donde la velocidad de los vientos permiten el transporte hacia el interior de la costa, donde vemos que Pasamayo se halla a mayor altitud y Chimbote se halla en una planicie aledaña al mar y la niebla salina penetra hasta 10 Km. provocando un alto índice de concentración salina que es inexplicable a pesar de estar aparentemente en un lugar bastante lejano al litoral. Esto se vería mejor si estuviese explicado en un **Mapa Isosalino**. En el cual se localizaría las curvas salinas de mayor concentración así como sus distancias al litoral.

Ahora surge el **proceso de superficie atrapa niebla** que se va observar sobre todo tipo de superficie al intemperie, y donde es mejor aún, en las superficies normales (Angulo de 90°) a la incidencia de la masa vaporizante que actuaran virtualmente como **superficie atrapa niebla**, pues esta detienen la marcha de esta y al menor cambio de temperatura ideal esta se precipitará en forma de gotitas visibles, luego de la saturación de la superficie el excedente acuoso discurrirá y se acumulara contaminando el área adyacente por exceso. Para nuestro caso tenemos como ejemplo ver cuadro adjunto. Una torre de transmisión de transmisión metálica o de celosía presenta una superficie planar de 150 m² promedio la que va actuar un porcentaje de esta área como un atrapa niebla que viene a ser la concentración salina líquida, por estudios se ha concluido que cada pata de la torre puede llegar a recoger puntualmente hasta 3 litros / día, de agua salina la que va discurrir hacia la zona de

cimentación y luego se va infiltrar en los intersticios fierro-concreto, donde su efecto saturante se manifiesta sobre la superficie de concreto como una vellosidad blanquecina o manchas blancas de sales en la superficies esta va ha provocar el desagregado del material, unido a la ampolladura interna del fierro que hace saltar o fisurar la base de concreto (el enchapado de este), durante los años de vida de la torre, esta a su vez provoca un tipo de corrosión altamente destructiva e irreversible, por tal motivo se puede establecer que una estructura bajo este régimen es incapaz de culminar su periodo de utilización, y donde se ha encontrado que la destrucción corrosiva de la pata conlleva a un periodo de vida promedio de 5 años, sin que halla una solución, pues la salinización ya no es en el fierro sino en el terreno aledaño a la cimentación por exceso de sales.

Por este motivo para los futuros diseñadores es muy importante el repensar un diseño en la zona costera con estructuras metálicas pues lo anteriormente anotado obliga a la alternativa que es materia de este estudio, que es la Rehabilitación De Líneas Costeras utilizando material y equipo que tengan mejor respuesta y estabilidad ante esta agresión contaminante.

Actualmente los investigadores están creando las **cámaras de niebla** para poder simular atmósferas o medios adversos con niebla presente para la prueba de materiales como aisladores de ultima generación, estos métodos nuevos son de escasa fuente bibliográfica por lo que se halla en pleno desarrollo.

| SUPERFICIE PLANAR QUE ACTUAN COMO ATRAPA NIEBLA PARA LA LÍNEA DE TRANSMISIÓN L-207 | | | |
|--|---------------------------------|----------------------------|------------------------------|
| Nivel De Corrosión | Numero de estructuras metálicas | Área en m ² (*) | Plazo Para Rehabilitar, Años |
| 4 | 239 | 29 771 | 1 – 2 |
| 3 | 49 | 1 672 | 3 – 4 |
| 2 | 5 | 236 | Más de 10 |

Fuente: ETECEN, Estudio y Evaluación de las Líneas de Transmisión Costera, 1999.

(*) Área planar (superficie extendida de la torre) promedio/torre = 145.90 m²

8.3.3 Proceso Intrusivo Aéreo

El proceso intrusivo es el transporte de la atmósfera salina marina o también conocido como niebla salina (brisa marina), hacia el interior del litoral, debido a la velocidad de los vientos que oscila desde los 3 m./seg. y 17 m./seg. aportando la salinidad marina en la superficie y donde la arena desértica es levantada en forma de pequeñas partículas de polvo contaminado por acción de los vientos produciendo la abrasión de

la capa del óxido protector (patina) de los conductores y depositándose en las superficies de las estructuras, por otro lado se presenta en forma de gotitas depositadas (condensadas) o precipitadas, esto también se explica en parte en el artículo anterior. Luego estas van a provocar el inicio de la corrosión agresiva debido a los contenidos altamente salinos o ácidos que predominan (ver proceso de oxidación por picadura).

Los componentes más importantes que van a intervenir en el proceso intrusivo van a ser CO_2 , SH_2 , ClNa , SO_2 , NH_4 , y otros, conjuntamente con los materiales inertes y tensoactivos que ayudan a la circulación de corrientes superficiales cuando hay humidificación; la intrusión se va a estudiar en función de los intervalos de acumulación y de la densidad de su equivalente salino ClNa , cuantificándola ya sea en mg/cm^2 o en gr/L de solución, requiriéndose así mismo de análisis espectrométricos cualitativo y cuantitativo complementarios para determinar con precisión el grado de agresividad de la atmósfera corrosiva, baste decir que en primer lugar se debe mencionar al **viento como el principal vehículo y motor** de los fenómenos de deterioro por abrasión o desgaste superficial con ayuda de los sólidos deleznable del suelo; en segundo lugar, son los **gradientes de temperatura día-noche y seco-lluvia** que favorece el fenómeno de contracción-dilatación perenne formando consecuentemente las grietas y fisuras en las superficies pasivadas, luego, la **húmeda relativa** del ambiente, la condensación, **punto de rocío** y las precipitaciones pluviales, que a partir de la provisión de humedad y agua favorece la formación de electrolitos; y finalmente la **insolación** a través de los rayos ultravioleta los materiales sufren un rápido envejecimiento y pérdida parcial de sus características físicas y estructurales, aquí el proceso de corrosión deviene en:

- Corrosión por aireación diferencial-picadura
- Corrosión que es bajo tensión mecánica
- Corrosión Inter granular (en alambres)

En el Perú, se observa el proceso de intrusión marina a lo largo de la costa y este se caracteriza por una penetración mediterránea en la región norte hasta 60 Km., y debido a sus grandes planicies lo que explicaría el necesario alejamiento de la costa de las estructuras metálicas de las líneas de transmisión para evitar la corrosión prematura, en la región central y sur la penetración de la niebla salina no pasa de 7-10 Km., en nuestro caso esta **niebla salina intrusiva** se presenta en los sectores especialmente desde Cañete y Marcona, lo mismo va a suceder desde San Juan a Chilca en donde la línea marcha paralela al mar a una distancia inferior a los 5 Km. donde los vientos de costa arrastran hacia el interior durante la noche y por la

madrugada la que es el motivo de nuestro estudio. Por otra parte esta es contenida por los efectos de colina o loma, la que detiene su avance, este también será un indicador del paso o ruta adecuada que deberá tener una línea de transmisión en esta región, la idea central es que el diseñador u proyectista, evite en la medida de sus posibilidades, el acercamiento de las líneas de transmisión a las zonas con altos niveles de nieblas salinas.

Se presenta este fenómeno sobre la estructura actuando sobre su geometría angulosa (ángulo 90°) como un atrapa niebla, a pesar de representar poca área normal hacia la niebla salina, esto nos va indicar que la forma geométrica es desventajosa, no así las formas cilíndricas que hacen más fluidas o aerodinámicas al paso de estas y donde no se depositan de modo abundante la niebla salina, este mismo fenómeno sucede con los conductores aéreos

8.3.4 El Equivalente de Densidad de Sal Depositada (EDSD)

Es obtenido por la medición de la conductividad, conociendo la temperatura de un volumen conocido de la solución del contaminante contenido, removido y extraído de una superficie del aislador de una área conocida, se mide en mg/cm². Ver cuadro siguiente sobre el nivel de contaminación vs. fuga específica.

La cuantificación de salinización en este caso se mide por la densidad equivalente de sal depositada, (Equivalent Salt Deposit Density, ESDD).

| EQUIVALENTE DE DENSIDAD DE SAL DEPOSITADA (EDSD) EN LA LÍNEA DE TRANSMISIÓN L-207 | | |
|---|---|--------------------------------|
| Clase de contaminación | EDSD, Rangos considerados (mg/cm ²) | Fuga específica (mm/Kv. de Um) |
| Ligero | 0.03 - 0.06 | 16.0 |
| Medio | 0.06 - 0.12 | 20.0 |
| Pesado | 0.12 - 0.24 | 25.0 |
| Muy Pesado | 0.24 - 0.48 | 31.0 |
| Caso peruano | + 1.0mg/cm ² , zona sur Lima-Pisco | |

Fuente: ETECEN, Estudio y Evaluación de las Líneas de Transmisión Costera, 1999.

* EDSD = Equivalente De Densidad De Sal Depositada

El cálculo de la cantidad equivalente de cloruro de sodio (NaCl), nos va ha dar la misma conductividad.

8.4 Contaminación de la zona de cimentación (humedad, salinidad del suelo)

La contaminación en la zona de cimentación en nuestro estudio en las zonas costeras se ha observado que esta sometida al contenido de humedad y la salinidad del suelo que es provocada por el fenómeno de intrusión salina, como se ha indicado en el capítulo anterior sobre niebla salina en donde se ve que es el factor que incrementa la contaminación del suelo, por otro lado la humedad también va a determinar que esta salinización se haga más agresiva con respecto a los materiales de cimentación de las estructuras. Se debe tener presente que los suelos de baja resistividad (arenosos, rocosos) permiten altas tasa de corrosión, la humedad en este caso juega un rol importante, debido al contenido y tipo de los elementos que producen iones libres en el electrolito actuando de manera adversa.

8.5 El proceso de corrosión en las estructuras metálicas de las líneas de transmisión costera

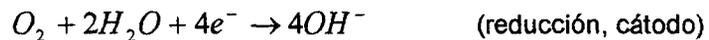
8.5.1 Introducción

Este proceso se origina con mayor intensidad en áreas cercanas al litoral marino de la costa peruana, donde la concentración de oxígeno y sales por unidad cúbica es mucho mayor a nivel del mar, aproximadamente la influencia máxima se presenta hasta los 150 m.s.n.m. por lo que se va a originar un proceso de corrosión inmediato y agresivo sobre las estructuras metálicas de las líneas de transmisión, por ello es necesario hacer un análisis del fenómeno, donde veremos que la corrosión ordinaria es el proceso redox por el cual los metales son oxidados por oxígeno, O_2 , en presencia de la humedad marina, la que va a aumentar el proceso de corrosión. Existen otros tipos de corrosión, aunque ésta es la más frecuente para nuestro estudio. El problema de la corrosión y la forma de evitarla toma interés desde el punto de vista teórico, técnico-económico, pues representa costos de mantenimiento de las estructuras, que ocasiona pérdidas de miles de millones de dólares anuales en las estructuras metálicas. Por tanto, su mecanismo se ha estudiado a fondo. En la actualidad se sabe que la oxidación de los metales ocurre con mayor facilidad en puntos de tensión (en donde los metales están más "activos"). Por ejemplo, en una torre o estructura metálica de acero, que está constituido en su mayor parte de hierro, la corrosión empieza en la punta y en la cabeza. Los ángulos de las torres son más susceptibles de corroerse en el punto donde se dobla o esquina de este.

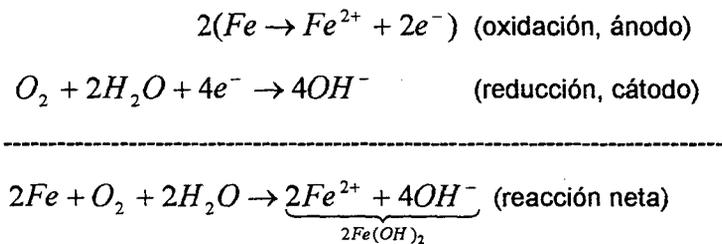
Un punto de tensión en un objeto de acero actúa como ánodo y en él, el hierro se oxida formando iones hierro (II) y se forman huecos:



Los electrones que se producen fluyen a través de la estructuras metálicas hacia las áreas expuestas al O_2 . Éstas actúan como cátodos y en ellas el oxígeno se reduce a iones hidróxido, OH^- :



Al mismo tiempo, los iones Fe^{2+} emigran a través de la humedad hacia la superficie. La reacción total se obtiene balanceando la transferencia de electrones y sumando las dos semi-reacciones.



El $Fe(OH)_2$ puede deshidratarse a óxido de hierro(II), FeO , u oxidarse aún más debido al O_2 atmosférico formado $Fe(OH)_3$ y después deshidratarse para formar óxido de hierro, Fe_2O_3 .

Ver anexo N° 5 Nivel De Corrosión Real de las torres de la línea L-207 (Lima – Independencia), con un R^2 aprox. 0.5027, la que se ajusta con una regresión polinomial cúbica y donde reúne la información sobre una población de 502 torres de estructuras metálicas, y se muestra con mucha evidencia que las crestas de la función se elevan hasta el nivel 5 de corrosión entre la torre 107 y 177, que es él más alto índice de corrosión en el tramo y que condena a la estructura a su destrucción.



5.2 EL proceso de corrosión de las estructuras metálicas en la línea de transmisión L-207

Para el caso de corrosión en la línea L-207 (Lima-Cañete), existe una correlación directa entre el grado de corrosión de la Torre y la distancia al mar, la altura de la cota, donde se puede observar en el plano topográfico de la línea. Esta corrosión se manifiesta en las patas de acero, en las cimentaciones, lo mismo que en la parte superior como en las mensulas, en las zonas de corrosión crítica se ha observado que los niveles de corrosión son de 3 a 5 donde estas torres son irreparables, mas aun la ferretería eléctrica se halla en un deterioro progresivo a pesar de haberse realizado el mantenimiento, por otro lado se encuentra que los daños en las cimentaciones son severos y adicionalmente se nota una pobre puesta a tierra la que podría contribuir a la corrosión en las patas por corrosión galvanica.

Para tales efectos se decidió elaborar exámenes de muestras y pruebas de laboratorio en la cual estos materiales directamente según sus normas no deberían comportarse inestablemente al medio pero como contraparte se encontró un ambiente marino muy agresivo el que producía dicha inestabilidad (Equivalente De Sal Depositada E.D.S.D.).

| NIVEL DE CORROSIÓN REAL DE LAS TORRES DE LA LÍNEA L - 207 | | |
|---|-------------------------|-------------------------|
| NIVEL DE CORROSIÓN | ESTADO | TIPO DE MANTENIMIENTO |
| Nivel 1 | Leve o no hay corrosión | Mantenimiento periódico |
| Nivel 2 | Normal | Mantenimiento y control |
| Nivel 3 | Visible | Mantenimiento urgente |
| Nivel 4 | Fuerte | Posible reemplazo y |
| Nivel 5 | Muy Severa | Reemplazo |

Fuente: A.E.P. Ing° J. Yanque M. Perú, 2001

| ESTADO DE CORROSIÓN DE LA LÍNEA L- 207 | | | | | | |
|--|--------------------|-----------|-------|------------------|-----------|-------|
| NIVEL DE CORROSIÓN | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | Total |
| % | 38 | 29 | 19 | 8 | 6 | 100 |
| N° de torres | 190 | 145 | 98 | 40 | 30 | 503 |
| Situación | Para mantenimiento | | | Para rehabilitar | | |
| Plazo en años (pintura) | No | Más de 10 | 3 - 5 | 1 - 2 | Reemplazo | |

Fuente: ETECEN, Estudio y Evaluación de las Líneas de Transmisión Costera, 1999.

Del anterior cuadro se deduce que el 65% es alcanzado por el nivel 1 y 2, y el 20% nivel 3, finalmente el 15% es alcanzado por el nivel 4 y 5, visto lo anterior podemos decir que el 15% de las líneas se hallan en deterioro total, en cuanto a lo económico y técnico, pues equivaldría a una reposición total, que no esta considerada dentro del mantenimiento.

También al realizar las inspecciones oculares se establece que las áreas expuestas al viento o brisa marina directamente han presentado destrucción mucho mas rápidamente en el tiempo. Respecto a la sección inferior de la torre, esta se halla cubierta de una capa de brea aplicada en caliente la que prolonga la resistencia a la corrosión, pero a pesar de ello, en la zona critica presenta ampolladuras debajo de esta capa la que ha su vez hace un proceso de higroscopia con respecto a la humedad que lleva sal. Ver Anexo N° 6 Niveles de corrosión vs. Distancia al mar L-207 (Lima –Independencia) y el cuadro de variación de ritmo de la capa de galvanizado, las zonas de corrosión ligera (Nivel 1-2), Media (Nivel 3) y severa y muy severa (Nivel 4 - 5).

Del cuadro en mención se concluye que la curva de vida para el nivel 4-5 seria de los 12 años a lo mas, para el nivel 3 seria de 24 años a lo mas y finalmente para los niveles 1 – 2 supera con holgura los 40 años.

Lo que nos demuestra que el 15% de la línea no nos duraría mas de 12 años así como el 20% de la línea no nos duraría mas de 24 años, con un enorme sacrificio de sobre mantenimiento en la línea.

DE LOS CONDUCTORES

De las muestras del conductor ACAR de la línea se puede inferir sobre este, que su estado de conservación es relativamente bueno, solo que en los tramos críticos se visualizo que algunos hilos exteriores se habían roto. Además se calcula que la vida útil residual promedio alcanzan de 20 a 25 años (ver la tabla siguiente) pudiéndose extender según el mantenimiento adicionalmente se observa que algunos amortiguadores se han caído en las zonas urbanas y en todos los puntos en que se utilizan empalmes pre-formados.

Del cuadro siguiente se deduce que los conductores con cierto nivel de deterioro, hebras rotas, donde, además, debemos tener presente que esta línea tiene cerca de 30 años de uso.

| ESTADO DE LOS CONDUCTORES DE LA LÍNEA L - 207 | |
|---|-----------------------------|
| DAÑO O TIPO DE EMPALME | Nº DE VANOS CON OCURRENCIAS |
| Hebras rotas | 10 |
| Encanastillado | 0 |
| Empalme pre-formado | 3 |
| Empalme en compresión | 449 |
| Empalme deformado a verificar | 8 |

Fuente: ETECEN, Estudio y Evaluación de las Líneas de Transmisión Costera, 1999.

DE LOS ACCESORIOS DE LOS CONDUCTORES

En los exámenes practicados se pudo observar, que no presentaba defectos mayores respecto a los empalmes de los conductores que se hallaban en buen estado, excepto en algunos puntos de la línea 207, que presentan quemaduras muy extremas y un comportamiento eléctrico de unión pobre que fue solucionada vía mantenimiento de emergencia respecto a los soportes estos presenta signos de corrosión atmosférica y corrosión galvánica, como se indica en la parte teórica, como caso particular se noto que no existía corrosión donde los pernos no estaban ajustados, no haciendo buen contacto con las partes, lo que indica, que no liberaban las corrientes parásitas, la solución de este caso se podría dar, por el uso de arandelas anchas y arandelas de presión de acero inoxidable que permita el paso de la corriente parásitas.

DE LOS AISLADORES

En cuanto a la corrosión de las partes metálicas de los aisladores de porcelana se precisa su reemplazo en la zona crítica, ya que estos presentan en el pin (espiga) y donde la corriente de fuga inducida aumentan el efecto corrosivo, por este motivo se debe usar manguitos anticorrosivos de Zinc, que pueden prolongar la vida útil de este por más de 15 años, aún en zonas de corrosión severa.

DE LA FERRETERÍA ELÉCTRICA

En la corrosión de la ferretería eléctrica sucede el mismo fenómeno que en los aisladores que son muy vulnerables en las zonas críticas. Una de las piezas más afectadas es el perno de conexión a la torre en forma de U (grillo), el que tiene un periodo de vida máximo de 8 a 12 años, el que deberá observarse en el historial del mantenimiento. Se debe tener en consideración que el galvanizado se rija

estrictamente a la norma, indicando que se necesitaría elementos de más alta resistencia a la humedad o un material de acero inoxidable de los amortiguadores.

DE LOS AMORTIGUADORES

En los amortiguadores (tipo stockbridge) se encuentra el caso de ausencia o daño de ellos en la línea y se localizan en la parte superior de la línea. Los amortiguadores fallan por corrosión excesiva de las varillas, y por consiguiente por el esfuerzo propio de estos, sin embargo parecen ser dañados por la vibración excesiva en la línea. Como medida podría decirse que sería adecuado el control de la calidad del material, un reforzamiento en la capa del Zinc o engrase de cables mensajeros.

DE LAS CIMENTACIONES O ZONA DE FUNDACIÓN

En los análisis químicos tomados a las muestras del suelo a diferentes niveles de la superficie debajo de esta a (1m.). En el caso del análisis del concreto el contenido de cloruros (sales) es hasta 10 veces más que el límite permitido para varillas de refuerzo con concentración del (0.12%) donde el pH es normal, y se debe utilizar cemento V en la mezcla, como contrapartida se encontró que los niveles de sulfatos y cloruros de las muestras eran elevados, lo que supone un control de protección, respecto al agrietamiento de las bases de las estructuras se debe al ampollamiento del acero en su interior el que va a formar un hidróxido y por otro lado nos encontraremos una mala puesta a tierra, la que impide la disipación de corrientes parásitas de la estructura provocando la corrosión galvánica. Si se observa un agrietamiento vertical se supone la penetración de la humedad exterior con mayor facilidad la que acelera la destrucción de esta, la que también supone un mantenimiento preventivo para mejorar la respuesta de la toma a tierra, la protección del concreto del suelo que lo rodea con aumento proporcional de cal para reducir la salinidad.

| ESPERANZA DE VIDA DE LOS COMPONENTES DE LÍNEA DEL SISTEMA COSTERO (AÑOS) | | | | |
|--|---|---------|---------|--|
| COMPONENTE DE LÍNEA | L – 207, en años | | | COMENTARIOS |
| | A | B | C | |
| CONDUCTORES | >50 | >50+ | 40-45 | Se encuentra probablemente secciones débiles en la zona 3 y en donde faltan los amortiguadores. |
| AMORTIGUADORES | >20 | 10 – 15 | <10 | Se encuentran amortiguadores dañados también fuera de las zonas de corrosión crítica. |
| AISLADORES : | | | | |
| Vidrio | >20 | 15 – 20 | 8 - 12 | Extrapolado a partir de alrededor de 10 años de experiencia, en operación. |
| Porcelana | >20 | 15 – 20 | 10 - 15 | Con 22 años de experiencia en operación. |
| Polimérico | — | — | — | Se ha iniciado su uso, se espera un rendimiento de acuerdo a lo ofertado por el fabricante, muy estable. |
| FERRETERIA : | | | | |
| Acero galvanizado | >30 | >20 | 8 - 12 | En las zonas críticas, se recomienda reemplazar estas piezas por materiales de calidad superior. |
| Aluminio | >35 | >25 | 10 - 15 | En las zonas críticas, se recomienda el reemplazo con materiales de calidad superior. Grapas de suspensión de aluminio con propiedades que reducen el efecto corona. |
| TORRES (Acero en celosía) | >30 | >25 | 10 - 15 | La durabilidad de las torres depende de cómo se implementa el programa de pintado preventivo. |
| Pintado Recomendado a la edad de: | >15 | 10 – 15 | 5 - 10 | Podría ser necesario llevar a cabo más temprano el pintado preventivo de las mensulas |
| CIMENTACIONES | La corrosión de las cimentaciones parece ser más extendida en los tramos de la línea más al sur en donde las torres tienen niveles ligeros o mediano de corrosión. | | | |
| Notas: | | | | |
| 1) | A: Nivel de corrosión insignificante a ligero (1&2) B: Nivel de corrosión mediano (3) C: Nivel de corrosión severo y muy severo (4&5) | | | |
| 2) | Hay que ajustar la clasificación de arriba (A, B, C) para tener en cuenta los ritmos de corrosión. | | | |
| 3) | Los estimados de arriba son aproximativos y se puede que sea todavía necesario ajustar los niveles. Las pautas reales que se aplican al programa de pintado de torres también tienen que ser refinadas. | | | |

Fuente: ETECEN, Estudio y Evaluación de las Líneas de Transmisión Costera, 1999.

Ver el anexo N° 7 Reconstrucción propuesta para las cimentaciones ubicadas en suelos muy agresivos (A), Reparación menor de cimentación existente (B).

Finalmente se puede observar el alto grado de vulnerabilidad que presentan las estructuras metálicas con respecto a la corrosión, la que va a producir su destrucción en el corto plazo, necesitando un mantenimiento aproximadamente cada tres meses, lo que implica un costo adicional por mantenimiento continuo, por tal motivo la discusión técnica se liga al cambio de estas estructuras por otras, que no presenten vulnerabilidad a la corrosión y que tengan una menor cantidad de elementos

metálicos ferrosos, por este motivo se propuso inicialmente la utilización de estructuras de madera tratada (postes de pino creosotado) que cumplan las normas técnicas exigidas para este fin.

8.5.3 Mecanismos de protección contra la corrosión de las estructuras metálicas, que serian necesarios para proteger la línea de transmisión costera L-207

Existen diversos métodos para poder proteger a los metales contra la corrosión. Los más empleados en el mercado, son:

- 1.- Electro plateado del metal con una capa delgada de algún otro metal que se oxide con menor facilidad.
- 2.- Conectar al metal directamente a un "ánodo de sacrificio", un pedazo de otro metal que es más activo y por tanto, se oxida en forma preferente.
- 3.- Permitir que se produzca una película protectora, como óxido metálico, naturalmente sobre la superficie del metal.
- 4.- Proceso de galvanizado, en el cual se recubre el acero con zinc, un metal mas activo, **este proceso es económicamente él mas adecuado** para la protección de las estructuras metálicas de las líneas de transmisión.
- 5.- Aplicación de un recubrimiento protector, (limpieza previa de la superficie, arenado, rasqueteado o lijado, más una capa de pintura de sincromato), esta viene a ser una protección adecuada para partes de la estructura durante el mantenimiento realizado en la línea de transmisión. Este proceso de trabajo implica horas hombre y un sobre costo por sobre-mantenimiento.

De los procesos antes mencionados solo los dos últimos, el 4 y 5 son los que se van a utilizar en la protección de las estructuras metálicas, por su facilidad y economía de aplicación.

Respecto al aluminio este es un metal muy activo, reacciona rápidamente con el O_2 de la atmósfera para formar una capa superficial de óxido de aluminio (patina), Al_2O_3 , que es tan delgada que tiene apariencia transparente (ítem 3). Esta sustancia, dura y de gran resistencia, es inerte frente al O , el H_2O y la mayoría de las sustancias corrosivas del medio. De esté modo, los objetos de aluminio forman su propia capa protectora y no necesitan otro tratamiento para impedir la corrosión. El aluminio en nuestro caso va ser un componente de aleación metalúrgica industrial (ACAR;

aluminio, acero y otros) y estará presente en la línea, por tal motivo tendrá comportamiento muy cercano a la conducta del aluminio antes mencionado.

8.6 Pérdidas eléctricas en la línea

8.6.1 Introducción

Existen diversos factores que causan pérdidas en la transmisión de energía en las líneas de transmisión aéreas. Una de las más importantes es la causada por el flujo de energía a través de la resistencia en serie del circuito, conocida como la **pérdida longitudinal**, para tensiones de operación elevada, donde es posible que las pérdidas por el **fenómeno corona**, empiecen aparecer y tomar mayor importancia, particularmente en las condiciones de lluvia fuerte, otras pérdidas pueden provenir de **corrientes de fuga** de los aisladores, y sucede cuando la contaminación de los aisladores es particularmente fuerte. En condiciones secas, la corriente de fuga se hace bastante limitada o ausente, aún este contaminado el aislador, la corriente de fuga sólo aparecerá cuando se moja el aislador, siendo esta de corta duración.

8.6.2 Aspectos teóricos de las pérdidas eléctricas

Sé esta considerando las pérdidas eléctricas en el circuito de la siguiente manera:

$$\text{PÉRDIDAS TOT.} = \text{PÉRDIDAS LONGITUDINALES} + \text{PÉRDIDAS TRANSVERSALES}$$

Lo que viene a ser:

$$\text{PÉRDIDAS TOT.} = \text{PÉRDIDAS DE JOULE} + \text{PÉRDIDAS DE FUGA} + \text{PÉRDIDAS DE CORONA}$$

Nota:

- $\text{PÉRDIDA LONGITUDINAL} = \text{PÉRDIDAS DE JOULE} = I^2 R$
- $\text{PÉRDIDAS TRANSVERSALES} = \text{PÉRDIDAS DE FUGA} + \text{PÉRDIDAS DE CORONA}$

Se han considerado las siguientes pérdidas en nuestro estudio:

- Pérdidas longitudinales en la línea (en la longitud de la línea).
- Pérdidas transversales en la línea (en el poste y sus componentes).

8.6.3 Pérdidas longitudinales en la línea

Las pérdidas longitudinales o pérdida de Joule en la línea de transmisión **son causadas por el flujo de corrientes activa y reactiva a través de la resistencia del conductor** (Rl^2) vatios, la resistencia de los conductores en la línea es la causa principal de la pérdida de energía, al hablar de resistencia nos referimos a resistencia efectiva que es igual a la resistencia del conductor a la corriente continua solo en aquellos casos en que la distribución de corriente en el conductor sea uniforme y es calculada a la temperatura del conductor y la frecuencia industrial apropiadas incluyendo el efecto superficial. Puesto que la corriente de carga capacitiva afecta las pérdidas y que la corriente de carga esta afectada por la magnitud de la tensión a lo largo de la línea, las pérdidas longitudinales totales, se evalúan mejor, bajo condiciones de corriente balanceadas en las fases y con una línea transpuesta con las ecuaciones de flujo estático, en las cuales las pérdidas de potencia reales están dadas por la relación siguiente:

$$\text{Pérdidas}_{\text{long}} = \frac{\text{sen}\alpha}{X_L} [|v_1|^2 + |v_2|^2 - 2|v_1||v_2|\cos(\delta_1 - \delta_2)]$$

Donde:

X_L = reactancia de secuencia positiva en la línea en serie

$$\frac{R}{X_L} \ll 1$$

R = secuencia positiva en la línea en serie

$|v_1|$ = magnitud de la tensión en el extremo de envío

$|v_2|$ = magnitud de la tensión en el extremo de recepción

δ_1 = ángulo de desfasamiento en el extremo de envío

δ_2 = ángulo de desfasamiento en el extremo de recepción

Tal como se indico anteriormente, se debe evaluar la resistencia de la línea a la frecuencia industrial y también se debe tener en cuenta las condiciones meteorológicas.

Las Fuentes de posibles inexactitudes, son las corrientes o tensiones de fases desequilibradas aplicadas en las líneas y configuraciones físicas desequilibradas de

la línea debida a transposiciones imperfectas o inexistentes. Debido al efecto superficial, se reconoció que si la resistencia de la capa exterior de los hilos aumentara significativamente por la presencia de la corrosión, donde la resistencia a frecuencia industrial de las líneas podría aumentar en proporción.

8.6.4 Pérdidas transversales en la línea

Las pérdidas transversales son fijas y no dependen de la carga, y aún no existe una buena forma de calcularla, debido a que esta es muy variable, y la fuga por los aisladores es la principal fuente de conductancia y esta va ha variar apreciablemente con las condiciones atmosféricas y con las propiedades conductoras del tipo de contaminación que se adhiera a los aisladores, esta puede ser sales, aluminatos del cemento, polvo agrícola, melaza, gel de pescado.

El presente cuadro comparativo, que sigue a continuación, nos esta indicando las pérdidas transversales, como se podrá observar estas se encuentran en un nivel elevado de 20 KW/KM, así como en las demás líneas de transmisión de la costa peruana.

| CUADRO COMPARATIVO DE PERDIDAS TRANSVERSALES EN LAS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN COSTERAS | | |
|--|---------------------------------|----------------------------------|
| LÍNEA | PERDIDAS PROMEDIO SET.-95 (MW.) | PERDIDAS TRANSVERSALES (KW / KM) |
| San Juan-Independencia L-207 | 4.4 | 20.5 |
| Zapallal-Paramonga L-213 | 6.8 | 43.3 |
| Paramonga-Chimbote L-215 | 6.3 | 28.4 |
| Chiclayo-Piura L-238 | 5.6 | 26.5 |
| Chimbote-Piura L-232 | 2.1 | 15.7 |

Fuente: ETECEN, Estudio y Evaluación de las Líneas de Transmisión Costera, 1999.

Las pérdidas transversales se presentan como se indica a continuación:

- PÉRDIDAS POR CORRIENTE DE FUGA
- PÉRDIDAS POR FENÓMENO CORONA

8.6.4.1 Pérdidas por corriente de fuga

Es la pérdida ocasionada por las corrientes superficiales a través de la superficie superior e inferior, que es la línea de fuga de la cadena de aisladores.

Las pérdidas por corriente de fuga en los aisladores van a alcanzar o superar las pérdidas por efecto corona. En términos de aisladores individuales, estas cifras corresponden a una fuga de 60 vatios por cadena de aisladores o 3.3 vatios por aislador. Los aisladores estudiados en este caso eran unidades de fuga normal. En unidades anti-neblinas o de porcelana tipo bastón (long rod), tiene pérdidas por corriente de fuga, proporcionalmente inferiores, probablemente de menos 2 vatios por unidad, suponiendo aisladores limpios, ahora bien se presenta condiciones como **humedad muy baja**, aún en presencia de contaminantes salinos secos en la superficie (no conduce la película), no aumentan mucho las corrientes de fuga, sin embargo en presencia de la humedad o cuando se mojan la corriente de fuga aumenta ostensiblemente.

Por este motivo examinamos el mecanismo de descarga eléctrica de las cadenas de aisladores contaminados con solubles en el agua, consideremos como estado inicial cuando la **superficie esta seca**, la que supone la distribución de la tensión de la cadena de aisladores, se parece a una cadena de aisladores seca y limpia (no conduce). La distribución de tensión en los diversos aisladores esta definida por la red de capacitancias unidad – unidad (plato a plato) y unidad – tierra.

Para el caso de la **superficie mojada**, la superficie del aislador, se añade una resistencia en paralelo a la capacitancia unidad-unidad (plato a plato) la que resulta la combinación de las dos, el valor de la resistencia esta afectado por el efecto secador de la corriente de fuga la cual es función de la tensión a través de cada aislador lo que significa que cada aislador posee una resistencia diferente, donde la distribución de la tensión no es uniforme donde se observa el esfuerzo voltaico más alto se concentra en el extremo inferior de la cadena y donde la capa contaminante se seca por el calor de la corriente, no así sucede en el extremo superior de la cadena con una sección mojada y donde el esfuerzo voltaico es más bajo, y la corriente de fuga alcanza de 100 a 600 micro amperios aproximadamente y si fuese resistiva pura se dispara a 6 vatios por aislador. A medida que se va mojándose se acelera hasta que no soporta más el esfuerzo voltaico y la descarga eléctrica se produce en esta sección. A su vez se provoca una sobre tensión en los aisladores donde estas corrientes secan parcialmente las zonas mojadas de la cadena de aisladores sin embargo las altas temperaturas en el extremo inferior de la cadena dificultan su mojado este proceso se va a repetir hasta que se produzca una descarga eléctrica o en su defecto se halla producido el proceso de limpieza de contaminantes.

En nuestro caso particularmente en la zona costera del Perú las nieblas salinas persistentes se precipitan en un punto de rocío, hasta que la salida del sol produzca un aumento rápido de temperatura consecuentemente desaparición rápida de la humedad, por otra parte la experiencia nos demuestra que los efectos naturales de limpieza del aislador por lluvia no existen en la costa, ahora los relacionados con la

niebla si es que la hay no son los suficientes para eliminar los contaminantes encima de los platos del aislador, e impedir el desarrollo de descargas eléctricas sobre su superficie ya contaminada, en resumen según estudios del Ingeniero Yanque M, donde indica la limitación natural de la acumulación de contaminación por medio de lavado en zonas desérticas costeras es tan pequeña que después de 20 meses de posición, se puede alcanzar niveles cercanos a 1 mg/cm^3 de (EDSD).

En los estudios realizados en varias líneas incluyendo la L-207, se llegó a encontrar una disipación máxima de potencia continua causada por potencia de corriente de fuga de aisladores para cualquier línea, fue de 150kW. Ver cuadro adjunto donde se discrimina las diferentes pérdidas por corriente de fuga y nos indica.

| CUADRO COMPARATIVO DE LÍNEA COSTERA 220 KV, POR CORRIENTE DE FUGA EN LOS AISLADORES | | | | |
|--|------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| LÍNEAS | | L-207 | L-213/L-215 | L-238 |
| TIPO DE AISLADOR | | ANTINEBLINA | ANTINEBLINA | ANTINEBLINA |
| DISTANCIA DE FUGA (mm) | | 419 | 390 | 445 |
| DIÁMETRO (mm) | | 267 | 254 | 280 |
| PASO (mm) | | 165 | 146 | 146 |
| ORIENTACIÓN | | SUSPENSIÓN Y TENSIÓN | SUSPENSIÓN Y TENSIÓN | SUSPENSIÓN Y TENSIÓN |
| NÚMERO | SUSPENSIÓN | 17 | 21 | 17 |
| | TENSIÓN | 18 | 21 | 18 |
| LONGITUD TOTAL DE FUGA (mm) | SUSPENSIÓN | 7123 | 8190 | 7565 |
| | TENSIÓN | 7542 | 8190 | 8010 |
| FUGA ESPECIFICA EN 220 Kv. | SUSPENSIÓN | 30.97 | 35.91 | 32.89 |
| | TENSIÓN | 32.79 | 35.61 | 34.83 |
| LONGITUD (mm) | SUSPENSIÓN | 2805 | 3066 | 2482 |
| | TENSIÓN | 2970 | 3066 | 2628 |

Fuente: ETECEN, Estudio y Evaluación de las Líneas de Transmisión Costera, 1999.

Nota.- En el lavado de las líneas en calientes, se realiza hasta 4 veces en las áreas críticas anualmente, donde se ha hecho indispensable el mantenimiento de la línea.

8.6.4.2 Pérdidas por fenómeno corona

Este fenómeno esta relacionado con el paso de corrientes eléctricas desde los conductores a las capas de aire circundante ello da lugar también a pérdidas de potencia, y se presenta en las líneas largas y en condiciones de humedad y presión atmosférica desfavorable también la pérdida de corona viene a ser una descarga eléctrica auto-sostenida e incompleta, donde el campo eléctrico en la superficie del

conductor es mayor que el nivel de ruptura del esfuerzo dieléctrico del aire, la que se manifiesta como pérdida.

El Fenómeno Corona

En un campo eléctrico los electrones que son cargas negativas son atraídos por el electrodo positivo y los núcleos que por ser esencialmente cargas positivas serán atraídos por el electrodo negativo. Así en las moléculas de un gas sometido a un campo eléctrico tenderán a separarse los electrones de sus núcleos. Sin embargo las fuerzas que ligan estos corpúsculos son tan grandes que para separarlos de ese efecto solamente requerirá una tensión imposible de conseguir prácticamente. Cuando el gradiente de potencial llega a ser suficientemente elevada, la producción de iones se incrementa notablemente y se puede decir que el gas está ionizado. En estas condiciones el gas se vuelve conductor aunque con resistencia elevada. La resistencia del gas a la conducción de corriente se llama **rigidez dieléctrica** y si cuenta con una fuente de potencia elevada, esta rigidez se anula, produciéndose su perforación y estableciéndose el arco. Al producirse el arco en un medio gaseoso se producen fenómenos electroquímicos con la consecuente obtención de otras sustancias químicas como es el ozono (O_3) que viene a ser una molécula altamente oxidante en el material. Esta ionización del aire sobre la superficie de los conductores se manifiesta por la formación de pequeños efluvios fácilmente visibles en la oscuridad como fluorescencia, otra de la manifestación del fenómeno corona es el zumbido y el olor a ozono, si hay humedad en el ambiente se va a formar el ácido nítrico. Todos estos fenómenos son las manifestaciones de la ionización por el choque de las moléculas de aire este fenómeno es denominado también efecto corona.

Este fenómeno es despreciable en líneas normales en climas limpios pero se incrementa dramáticamente en áreas donde se localizan las lluvias, pero sin embargo la pérdida de corona es todavía un pequeño porcentaje de las pérdidas por carga en las líneas.

Los estudios sobre el fenómeno corona para tensiones mayores de 150 kV. Con respecto a tierra se necesita "Protectores" para la repartición de la tensión en las cadenas de aisladores y evitar por lo tanto la producción de la corona en la parte inferior y superior de la cadena. La lluvia es el factor preponderante en la producción del fenómeno corona, en el caso costero esto lo va a representar el alto nivel de humedad del 70 al 90 %.

En los estados estacionarios se han concentrado principalmente en la región circundante al conductor, el gradiente crítico de inicio del efecto corona, con el objeto de reducir hasta un valor insignificante las pérdidas en tiempo bueno y alrededor del

tema del efecto corona causado por la caída de lluvia o nieve sobre el conductor. Por ello se ha establecido la **ley corona** (Peek, 1911), en la cual las pérdidas por efecto corona de la frecuencia industrial en estado estacionario, varían proporcionalmente al cuadrado de la diferencia entre la tensión de operación y la tensión de inicio del efecto corona en kV eficaz a la tierra, posteriormente se introdujo un nuevo termino, corona-corriente (Holm), como el adecuado en la cual:

$$P = VI = V(4fC(V - V_0))$$

Donde:

f = frecuencia industrial

C = capacidad de la línea

V_0 = tensión de inicio del fenómeno corona de la línea a tierra kV

Posteriormente se propuso la formula clásica (Peterson), para las pérdidas por efecto corona en el tiempo bueno en sistemas monofásicos en 60 Hz. El intento para la formula de conductores múltiples no tuvo mucho éxito.

$$\text{Pérdidas}_{\text{corona}} = \frac{3.37 \times 10^{-5}}{[\log_{10}(2s/d)]^2} fV^2F \text{ (kW/mile/conductor)}$$

Donde:

V = tensión aplicada efectiva, de la línea a tierra en kV

s = espaciamento equivalente de los conductores

d = diámetro del conductor

F = una función empírica de pérdida por fenómeno corona determinada a partir de datos de la prueba.

La tensión de inicio del fenómeno corona, V_0 esta determinado por E_0 , el gradiente crítico de inicio del efecto corona, E_0 definido por la ley de Peek:

$$E_0 = 30 \delta m (1 + (0.426/(\delta d))^{1/2}) \text{ kV peak/cm}$$

Donde:

δ = densidad relativa del aire

m = coeficiente de aspereza de la superficie ($0 < m < 1$)

d = diámetro del conductor

Existen Los siguientes coeficientes de aspereza ($0 < m < 1$), de superficie que pueden considerarse típicos para los diferentes grados de deterioro de la superficie de los conductores, según las observaciones realizadas en el campo y líneas estudiadas.

| COEFICIENTE DE SUPERFICIES TIPICOS ($0 < m < 1$) | | | |
|--|--------|----------|--------|
| ESTADO | MÍNIMO | PROMEDIO | MÁXIMO |
| LIMPIO | 0.84 | 0.84 | 0.84 |
| NORMAL | 0.5 | 0.6 | 0.7 |
| SUCIO | 0.3 | 0.35 | 0.4 |
| MUY SUCIO | 0.2 | 0.25 | 0.3 |

Fuente: ETECEN, Estudio y Evaluación de las Líneas de Transmisión Costera, 1999.

Estas observaciones realizadas en el campo sobre el estado de las superficies de los conductores de la línea L-207, varían de lo normal a muy sucio, no existiendo conductor limpio, aun en ambientes no considerados contaminados, por ello se puede presentar los **gradientes de inicio** del efecto corona según ley Peek en la línea estudiada. Por este motivo tenemos que la perdida corona, en buen tiempo muestran poca perdida por efecto corona (ambiente seco), aún cuando los conductores estén limpios estos tiene gradiente de superficies normales. Además las perdidas de corriente de fuga de los aisladores son generalmente de una magnitud comparable a las perdidas por efecto corona en tiempo bueno (seco), no se incluyen las formulas por perdidas de los aisladores. Ahora en condiciones de lluvia o niebla fuerte, las perdidas por efecto corona son de 50 a 1000 veces mayores que en tiempo bueno. El gradiente de superficie reales varían en función de la tensión aplicada, el diámetro de conductor, y la geometría de la línea, por ello serán diferentes para cada conductor de la línea.

Para conductores múltiples el gradiente no es uniforme y varia senoidalmente alrededor de la superficie del sub conductor.

Antiguamente en los años 1950, se creía generalmente que el efecto corona en buen tiempo estaba determinado por las imperfecciones de la superficie del conductor tal como una mella en una trenza, se observo que aún cuando se instala cuidadosamente esta tiene grandes perdidas por efecto corona en buen tiempo, ruido e interferencias de radio causadas por las numerosas irregularidades en la superficie, las cuales disminuyen el coeficiente de aspereza de la superficie. Normalmente, este nivel elevado de perdidas en buen tiempo por efecto corona disminuye progresivamente en el primer año, a medida que la superficie del nuevo conductor se desgasta, se ha observado que el proceso de desgaste disminuiría las perdidas a más o menos 0.3 vatios por metros por conductor. De lo anteriormente indicado vemos que el estado de las superficies de los conductores es generalmente uniforme, cualquiera que sea el coeficiente de superficie. Esto no cubre necesariamente las

ampliaciones del campo eléctrico debido a protuberancias agudas cuando estas causan una corona luminiscente.

Las condiciones atmosféricas tales como la densidad del aire, la humedad y el viento también pueden influir en la generación del efecto corona pero en menor grado.

Ahora cuando la densidad del aire es baja, el gradiente de inicio del efecto corona disminuye. Una humedad baja también contribuye a disminuir los niveles de efecto corona. Sin embargo, si la humedad aumenta hasta que se condensen las gotitas de agua (puntos de rocío), en el conductor, las pérdidas por efecto corona aumentarían de nuevo.

La pérdida de corona se halla influenciada en las zonas costeras por:

- Presión del aire, (m.s.n.m.).
- El material eléctrico empleado.
- Vapor de agua (punto de rocío)
- Fotoionización
- Tipo de voltaje aplicado
- Irregularidades de la superficie

El efecto corona incluye adicionalmente los siguientes fenómenos cuantificables por instrumentos:

- Ruido audible.
- Ruido radiofrecuencia.
- Efecto de iluminación.
- Efecto de ozonificación, (O_3).
- Efecto de vibración en los conductores.
- Energía de disipación, (como pérdida):
 - Iones en movimiento
 - Transferencia de energía térmica hacia las moléculas de aire

Modos en que se presenta el fenómeno corona:

- Por la polaridad.
- Por el voltaje aplicado.
- Forma del conductor (geometría del conductor).
- Condiciones de la superficie, (lisa o áspera).

Por las características de los modos:

- Forma de la corriente.
- Magnitud de la corriente.
- Frecuencia de pulso.
- Características diferentes:
 - Ruido de radio frecuencia.
 - Ruido audible.
 - Pérdida de corona.

FUENTES QUE PRODUCEN EL FENOMENO CORONA

- Corrosión del conductor, produce efectos de puntas (decapado de óxido).
- Hilos de conductor roto (deshebrado).
- Acumulación de partículas sobre la superficie del conductor (capa contaminante).

9.0 ALTERNATIVA PLANTEADA PARA LA REHABILITACIÓN DE LA LÍNEA DE TRANSMISIÓN COSTERA L-207

Dentro de las posibles alternativas se pudo observar que estas se hallan influenciadas por un motivo económico, y por otro lado se observa la necesidad de un servicio seguro, teniendo en cuenta estas situaciones, se plantean dos alternativas:

- El mantenimiento y el control continuo de la línea.
- La rehabilitación del tramo crítico, en la misma directriz o eje de la antigua línea.

9.1 El mantenimiento y el control continuo de la línea de transmisión L-207

Considerando el mantenimiento y el control continuo como una alternativa, aparece el fenómeno de la corrosión agresiva por contaminación, luego tenemos las pérdidas eléctricas transversales y longitudinales las que se incluyen definitivamente, sin poder resolver el problema de las pérdidas en las estructuras metálicas, pero la experiencia dicta que el mantenimiento se hace poco efectivo y más aún por el nivel de agresión. Económicamente esta situación nos conduce a un sobre costo operativo y sobre mantenimiento, por estos motivos ya explicados **se han venido manejando de manera aceptable**, por tal motivo nos induce a pensar que en un corto plazo el mantenimiento ya no pueda alcanzar los objetivos deseados debido a su destrucción progresiva, en tal virtud en la actualidad puede establecerse programas de emergencia para poder operativizar dichas líneas. Ahora en el caso de estructuras de madera y accesorios anticorrosivos, este mantenimiento se podría reducir a limpieza y revisión periódica programada debido al hecho de haber reducido al mínimo la parte metálica.

9.2 La Rehabilitación del tramo crítico en la misma directriz o eje de la antigua línea de transmisión eléctrica L-207

Estableciendo la idea de la rehabilitación después de estudios previos donde la reconstrucción de dicho tramo de línea nos permite eliminar de manera concluyente

los gastos de mantenimiento, y controlar las pérdidas eléctricas, pero si de una inversión económica por otro lado, ya sea porque esta se va a realizar en una estructura de madera, así como en nuevos conductores de geometría adecuada, incluyendo su ferretería eléctrica. Además en esta propuesta **se reduciría al mínimo el empleo de materiales metálicos** y se podría incluir materiales de última generación respecto al aislamiento, estas medidas como alternativa ha sido considerada como viables.

De lo expuesto en los párrafos anteriores en nuestro estudio ha considerado pertinente realizar la escogencia de la alternativa de la rehabilitación, en consideración a la justificación del estudio.

10.0 CRITERIOS QUE SE PLANTEAN PARA EL DISEÑO DE LA REHABILITACIÓN EN LA LÍNEA DE TRANSMISIÓN COSTERA L-207

10.1 Introducción

Antes de dar inicio al planteamiento de los criterios necesarios para la rehabilitación de una línea de transmisión costera, debemos hacer ciertas observaciones con respecto a las variables dominantes que van intervenir en los criterios y nos referimos concretamente a las variables independientes a los fenómenos y a las variables que van a depender del fenómeno, por este motivo lo abordaremos de la siguientes manera:

De las variables independientes del estudio

- a).- **Contaminación ambiental**, representa en este caso una variable no controlable, para ello se puede realizar los análisis necesarios para su control posterior, debe tenerse en cuenta que va ha significar en el futuro para el diseñador, los costos operativos de mantenimiento, por ello, el que diseña deberá tener presente como un elemento importante antes de hacer una toma de decisión para la adquisición de los equipos y materiales, y donde vemos que esta variable según las investigaciones recientes posee parámetros de cuantificación que nos permite dicho control.
- b).- **Calidad y tipo de material**, respecto a esto debemos indicar que se jalona del anterior párrafo, pero no olvidemos que la elección de la calidad va ha incidir directamente en los costos presentes y en los costos futuros (post-mantenimiento), por ello el diseñador deberá observar para las líneas costeras las normas internacionales en concordancia con las exigencias de nuestras regiones costeras (prueba de laboratorio de niebla salina).
- c).- **Carga de trabajo**, cuando se trata de la carga de trabajo, que puede ser esta para una línea nueva o para una rehabilitación, se hace independiente debido a que, a mayor carga mayores serán los costos por estructuras de soporte, lo que nos lleva a pensar en el diseño futuro o en la reserva y tolerancia que deberá tener esta línea, habida cuenta que se tiene que pensar en un diseño que cubra

las expectativas de 25 años como mínimo a plena carga, lo que nos conduce hacer un planeamiento energético para la línea en estudio.

- d).- **Costo del estudio**, esta variable representa un elemento sensible(5%), pues interviene todo lo anterior mencionado, y además la aptitud personal del diseñador, como las políticas institucionales, por ese motivo la inversión en líneas de transmisión se hacen por voluntad y decisión política en la que se incluye costo-beneficio y oportunidad necesaria, de lo que se desprende mucha meditación del equipo diseñador para finalmente incurrir en los altos costos que representan la inversión (costos/Km), este tema escapa a los análisis de este estudio, pero que se debe tener en cuenta.
- e).- **Criterios personales del diseñador**, muy pocas veces se toca este tema, pero brevemente indicaremos que el diseñador deberá manejar su experiencia en este tema, así como ciertos conceptos básicos, como los que ya se menciono anteriormente para poder plantear holísticamente el problema, en atención básica a la realidad u escenario en que se halla inmerso, en nuestro caso específicamente **la rehabilitación en líneas de transmisión costera en el Perú**, manejando las variables ya indicadas, otro caso seria si la rehabilitación tuviera que realizarse en la sierra peruana a 3000 s.n.m., en que no existe los niveles de oxidación ambiental de la costa.
- f).- **Estética en el diseño**, Si bien es cierto se puede decir que es una variable no cuantificable, por cuanto el diseñador va ha tener la decisión final ya sea al atravesar las ciudades inevitablemente, así como el aspecto de proyección óptica de la obra de arte, este deberá cuidar que el aspecto sea simétrico a la vista y agradable a ella, en nuestro caso específicamente la estructuras de madera de pino americano, guardan cierta belleza estética y maneja las proporciones aéreas, así como sus colores, se debe buscar no romper la unidad arquitectónica del entorno por donde se atraviesa.

De las variables dependientes del estudio

- a).- **Costos de la inversión**, es una variable que dependerá de la calidad y tipo de material en nuestro caso es poste largo de madera, con línea de conductor ACAR, por otro lado dependerá del nivel de contaminación así como de la carga de trabajo, incluyendo la reserva de expansión futura de potencia, cabe indicar adicionalmente que es una variable sensible al cambio de los parámetros de las variables independientes indicadas.

b).- **Tiempo de trabajo o esperado de vida de la Línea**, esta variable dependiente cuantificada en años, donde idealmente se espera 25 años, lo que incluyen el post mantenimiento desde luego este va a significar el alargar a muchos años mas su existencia, lo que implica un costo operativo, ahora si nos referimos a una línea costera en la región centro sur, podemos adelantar con seguridad que el 15% se halla en deterioro, no por falta de mantenimiento, sino por la contaminación ambiental.

c).- **Protección y seguridad de la Línea**, Esta variable va a depender directamente de los escenarios geográficos que le corresponde atravesar así como la calidad de los materiales y su durabilidad, pues casi siempre implica el retiro de la zona urbana o la elevación máxima de la línea, lo que representa mayores costos.

Visto lo anterior podemos resumir brevemente que los criterios van a surgir de la observación de las variables independientes y dependientes que se han indicado anteriormente.

10.2 Definiciones

Al tratar de establecer los criterios básicos de la rehabilitación debemos hacer ciertas definiciones previas que nos permitan centrarnos en el tema, tales como:

- Zonas críticas
- Niebla salina

10.2.1 Zonas críticas en la línea L-207

Las zonas críticas se definen como aquellas donde los parámetros atmosféricos y los del subsuelo, han sobrepasado los niveles normales de aceptación (Ver Anexo N° 4 y 6, sobre las zonas críticas) en nuestro caso se establece por el lado de la contaminación marina (niebla salina), y por consiguiente hacen peligrar la estabilidad de las estructuras y componentes, ya sea en la parte aérea o cimentación, estos se manifiestan por la destrucción acelerada de las estructuras lo que implica en la practica la realización de un sobre mantenimiento fuera de lo normal, produciendo sobre costos por este proceso.

La zona crítica de esta línea se sitúa entre las torres T-105 y T-177.

La zona crítica comprende dos zonas que han sido afectadas por las recientes inundaciones y lluvias:

- La zona de Pampa León
- La zona del Río Mala

Se presenta a continuación las observaciones para estas dos zonas:

| ZONAS CRITICAS EN LA LÍNEA L-207 | | |
|---|--|--|
| Nº de la nueva estructura | Nº de la torre existente vecina | Observaciones |
| Pampa León | | |
| 107 – 4 107 – 5 | T-109 | <ul style="list-style-type: none"> • Se trata de una zona cultivada. • El terreno de la superficie es arenoso • La zona fue parcialmente inundada recientemente • Signos de erosión son evidentes cerca de la torre existente T-109. |
| Río Mala | | |
| 107-70 107-71 | T-153 T-154 | <ul style="list-style-type: none"> • La zona está intensamente cultivada y signos de inundación recientes y de erosión son presentes sobre las dos márgenes del río • Debido a las recientes inundaciones y con el objeto de contener la crecida del río, fue construido un dique de contención • Los diques de contención fueron construidos con materiales locales (granulados de grava) <p>Las torres existentes y las nuevas estructuras de madera se encuentran al exterior de los diques de contención.</p> |

Fuente: ETECEN, Estudio y Evaluación de las Líneas de Transmisión Costera, 1999.

10.2.1.1 Parámetros importantes de las zonas críticas

Por experiencia de campo se ha podido investigar in situ, que el nivel de salinidad por intrusión salina (marina) encontrado, solo deberá ser permisible y controlable hasta el nivel 3.5, Ver Anexo Nº 5, Nivel de corrosión real de la línea L-207, del mismo modo Ver Anexo Nº 6 sobre niveles de corrosión vs distancia al mar. El que nos permitiría tener como resultado un estado normal no crítico así como se puede observar los niveles superiores a 3.5, donde a partir de este nivel va ha provocar un nivel agresivo de corrosión y por ende un sobre mantenimiento de la línea, desde la torre0 Nº 107

hasta la torre N° 177, donde la curva de regresión polinomial cúbica con un R² de ajuste de 0.5027 nos demuestra estadísticamente el deterioro de dicho tramo.

| SISTEMA DE CLASIFICACIÓN DEL NIVEL DE CORROSIÓN UTILIZADO EN EL PROGRAMA DE INSPECCIÓN DE TORRES | | | |
|---|---|--|---|
| Nivel De Corrosión | Pérdida Aproximada En El Espesor De Zinc | Descripción | Comentarios Sobre La Pintura |
| 1 Buen Estado | 0-1mils | Buen estado | Fácil De Pintar Con Una Limpieza Liviana |
| | | Ningún Indicio Visible De Corrosión | Pintado Inmediato No requerido |
| 2 Corrosión Ligera | 1-2mils | Corrosión Liviana | Fácil De Pintar Con Un Cepillado Liviano |
| | | Puntos De Color Amarillo Muy Claro Visibles En Partes De La Superficie | Puede Ser Económico Pintar Inmediatamente O Se Puede Esperar 2 O 3 Años |
| 3 Corrosión Visible | 2-3mils | Corrosión Mediana | Necesita Un Cepillado Enérgico Y Raspado |
| | | Áreas De Color Amarillo Y Café En La Mayor Parte De La Superficie | Mejor Si Sé Pinta Inmediatamente |
| | | La Galvanización Esta Todavía Continua | |
| 4 Corrosión Severa | 3-5mils | Corrosión Seria | Necesita un Cepillado Y Un Raspado Fuerte (O Proyección De Arena) |
| | | Galvanizado Casi Totalmente Perdido | Pintado Urgente Necesario |
| | | Corrosión Generalizada | |
| 5 Corrosión Muy severa | 5+mils | Corrosión Muy seria | Resulta Muy Difícil Limpiar Y Preparar La Superficie Para pintarla |
| | | Galvanizado Totalmente Perdido | El Reemplazo es Más Económico |
| | | Oxidación | |
| | | Perdida Del Metal De Base | |
| Notas | El nivel de corrosión representa sólo un indicio de la gravedad del fenómeno. | | |
| | El ritmo de corrosión, determinado a partir del periodo de tiempo que se necesito para lograr el nivel actual de corrosión, es el segundo factor para evaluar la gravedad de los daños causados por la corrosión. | | |
| | Las descripciones de arriba representan estados típicos y promedios; en cada caso, hay que tener en cuenta el estado general de las estructuras bajo consideración para definir su nivel de corrosión. | | |

Fuente: ETECEN, Estudio y Evaluación de las Líneas de Transmisión Costera, 1999.

De lo anteriormente indicado nos conduciría a las recomendaciones previas del tipo de estructura desde el inicio del diseño del proyecto, ya sea de estructuras metálicas o madera según el nivel de corrosión.

| CUADRO COMPARATIVO DE LOS NIVELES DE CORROSIÓN A CAUSA DE LA INTRUSIÓN MARINA (NIEBLA SALINA) EN DIFERENTES COSTAS DEL MUNDO | | | | |
|---|------------------------|------------|-----------|-------------|
| Clasificación Cualitativa | Distancia Al Mar (Km.) | | | |
| | La Coruña | California | Barbados | Perú (*) |
| Muy Severa | < 0.55 | < 0.05 | < 1.2 | < 2.0 |
| Severa | 0.55 – 3.3 | 0.05 – 1.1 | 1.2 – 2.6 | 2.0 – 5.5 |
| Media | 3.3 – 8.2 | 1.1 – 3.8 | 2.6 – 6.4 | 5.5 – 12.0 |
| Moderada | 8.2 – 16.4 | 3.8 – 9.0 | > 9.0 | 12.0 – 20.0 |
| Pequeña | > 16.4 | > 9.0 | ---- | > 20.0 |
| (*) Zona costera hasta la cota 500 m.s.n.m. | | | | |
| Rangos de corrosividad del Medio Ambiente Costero de localizaciones específicas en ultramar, cuya agresividad es comparable a la que presenta la Costa Peruana. | | | | |
| Fuente: A.E.P. Ing° J. Yanque M. Perú, 2001. | | | | |

Este cuadro esta relacionado con el cuadro anterior en el que explica los parámetros de corrosión. Podemos observar que la corrosión es directamente proporcional a la cercanía del mar, salvo alguna perturbación como son los vientos, las planicies, la altura.

10.2.1.2 Determinación de las áreas de zonas críticas

Visto el anterior párrafo, nos coloca en la posibilidad de determinar directamente las zonas críticas. Y donde las áreas definidas como zonas críticas a lo largo del sistema costero en 220 kV. Son aquellas donde el nivel de corrosión (3.5 a 5) en las partes metálicas (torres y ferretería) es muy severo y requieren reemplazos parciales o totales después de un periodo de solamente 5 o 10 años de servicio. Dicho nivel de rendimiento es considerado inaceptable a largo plazo, donde se ha decidido la Rehabilitación de la referida zona crítica. Según el plano topográfico de la Línea L-207, nos indica **el tramo crítico se halla desde Pucusana hasta Bujama Baja donde respectivamente corresponde a la estructura 107 hasta la estructura 177, esta zona según el plano topográfico se halla muy próxima a la costa aproximadamente 1 a 2 KM. (ver Anexo N° 3 Línea de transmisión L-207, la zona de corrosión o crítica).**

- 1.- Se tiene que indicar adicionalmente que la línea futura deberá ser rehabilitada con pórticos de madera y circuito simple trazada sobre la misma directriz o eje de la línea 207 (L-207) debido a los motivos expuestos.

- 2.- Por otra parte tenemos una zona no crítica a partir de Bujama Baja hasta Independencia en dicha observación se establece visualmente que esta línea, se halla retirada de la cercanía marina aproximadamente 3 Km., lo que le permite un menor nivel de corrosión por intrusión salina.

10.3 criterios que se deben de considerar para la ejecución de la Rehabilitación en la línea de transmisión costera L-207

Se han considerado básicamente Tres criterios que son:

- Criterios de rehabilitación en la parte aérea o externa de las estructuras.
- Criterios de rehabilitación para la zona de cimentación de las estructuras.
- Criterio de rediseño del trazo o ruta de la línea (en la misma directriz o eje, o un nuevo eje).

10.3.1 Criterios para la Rehabilitación en la parte aérea de las estructuras

A continuación se describen los criterios necesarios para el desarrollo de la rehabilitación de la línea a reemplazar, cabe indicar que los presentes criterios se pueden emplear directamente para nuevos diseños o en su defecto para líneas en rehabilitación y se plantean del siguiente modo:

- **CRITERIOS TÉCNICOS RESPECTO A LA LÍNEA.**

Los criterios de concepción técnica tanto mecánicos como eléctricos para los nuevos tramos de línea son, en general, compatibles con las líneas existentes.

De lo anteriormente expuesto específicamente cae en el campo del diseño eléctrico, donde además tendría que considerarse:

- Capacidad de corriente en los conductores
- Distancia mínima de seguridad en las estructuras y entre conductores
- Ferretería eléctrica

Criterios técnicos del diseño eléctrico

De los Conductores

- Los conductores propuestos deberán ser nuevos, de las mismas dimensiones y tipo para la línea, debido a que en alguno de los casos variaran las distancia de los vanos entre postes por ello el conductor escogido esta entre dos tipos ACAR o AAAC, también se propuso utilizar el conductor de superficie lisa del tipo aero-Z o ACAR, los cuales se verificaron sus respectivos protocolos de capacidad mecánico-eléctrico.

De los Aisladores

- Los tipos de aisladores variarán de acuerdo a las condiciones ambientales específicas encontradas a lo largo de la línea, si es muy cercana a la zona marina deberá ser anti fog o polimérico.

De la Familia de Pórticos de Madera

- Se ha podido observar que a partir del nivel de salinidad 3, produce corrosión visible por lo que se recomienda iniciar la utilización de estructuras de madera en las zonas críticas.
- Para las zonas críticas de la línea L-207, se utilizarán pórticos (circuito simple) de madera, estos diseños han sido realizados en función de la total eliminación de los cables de retenida de acero. Estos pórticos serán utilizados en la parte crítica puesto que la utilización de puntales en lugar de cables de retenida garantiza la eliminación de mantenimiento de las estructuras.
- En el nuevo diseño de las líneas con pórticos de madera se adoptó el concepto de la minimización de las partes metálicas. Este mismo principio fue considerado para las estructuras de madera sin cables de retenida. La experiencia con líneas de transmisión y distribución hechas con estructuras contando con cables de retenida demuestra que es necesaria un mayor mantenimiento de los cables y sus amarres.

De la Ferretería Eléctrica

- Toda la ferretería de las estructuras deberá ser de acero inoxidable, por las consideraciones anteriores sobre salinidad.

- Las grampas de suspensión del conductor serán de aleación de aluminio con forma aerodinámica ("corona free") con una mayor resistencia a la corrosión y una mejor desempeño respecto a las pérdidas por corona. Los adaptadores ojo-bola serán de acero galvanizado para eliminar la corrosión galvánica entre las grampas de suspensión de aluminio y el acero inoxidable. Como se sabe, en condiciones climáticas marinas existe el riesgo de la corrosión galvánica entre los componentes galvanizados del aislador y los amarres de acero inoxidable, en consecuencia los adaptadores ojo-bola de la parte superior de las cadenas de aisladores serán de acero galvanizado. En general se observa en las líneas existentes, que estas piezas de la ferretería brindan una buena desempeño. Por otro lado se especifica una capa de zinc de 110 micrones de espesor que es más gruesa que lo normal.
- Los manguitos de conexión de extremo serán los standards que se detallan en los catálogos(presiones). Antes de colocar los pernos de fijación del manguito de conexión extremo y el del cuello muerto se colocará en ambas caras de dichos manguitos el compuesto de junta.
- Los cables que unen los contrapesos de los amortiguadores deberán ser de acero inoxidable.
- La utilización de materiales con una alta resistencia a la corrosión reducirá el costo por mantenimiento y aumentará ligeramente el costo directo del capital respecto a una líneas de transmisión ordinaria. No obstante lo mencionado se espera que la vida útil de estas líneas sea el doble que la vida útil de las líneas existentes, aproximadamente 30 años, con un mantenimiento adecuado.

De la Toma A Tierra De Las Estructuras y la resistividad del suelo

- El criterio general planteado para las líneas con postes de madera largo, es que la resistencia de toma a tierra, de los Pórticos hacia la tierra, este debe ser próximo a los 20 ohms, en zonas no urbanas y 25 ohmios en zonas urbanas. Las medidas de resistividad efectuadas en le terreno, muestra claramente que en general el suelo presenta dos o tres estratos que varían de arena o grava. Los valores de resistividad de esos suelos son del orden de los 1 000 a 40 000 ohms-m, encontrando en la mayoría de los mismos valores altos de resistividad. En los casos donde se encuentra la roca los valores de resistividad superan los mencionados anteriormente.
- Respecto a los materiales de la puesta a tierra (cable, electrodo) deberán ser de cobre electrolítico, además se han realizado los cálculos de puesta a tierra del sistema utilizando información obtenida en el campo (resistividad del suelo) ver

Anexo N° 8 Resistividad del tramo a Rehabilitar de la línea de transmisión L-207 se muestra un resumen de los valores de resistividad de las distintas clases de suelo.

De Las Distancias Mínimas

- Al respecto se ha considerado, el peso del conductor, la velocidad del viento, las condiciones ambientales, los niveles de sobre tensión del impulso de maniobra de descarga atmosférica y de operación normal según las Normas de Seguridad.

Criterios técnicos del diseño mecánico

Del diseño mecánico de las estructuras

En el cálculo mecánico de las estructuras se emplean los métodos descritos en el REA (Rural Electrification Administration) Bulletin 62-1 y el Transmission Line Design Manual, los que cumplen los requerimientos del NESC (National Electric Safety Code – USA).

Criterios de Diseño y Cálculo

Las alturas del punto de amarre del conductor inferior para cada tipo de estructura se definen en función de la longitud del poste, el enterramiento y la longitud de las cadenas de aisladores.

En general el enterramiento del poste se asume como el 10% de la longitud del poste más 0.60 m. Este criterio de enterramiento ha sido verificado junto con el cálculo de la estabilidad de la estructura y el tipo de suelo donde se ubica.

Cada tipo de estructura típica ha sido diseñado en función de sus vanos característicos siguientes:

- **Vano máximo:** El vano más largo admisible de los adyacentes a la estructura, que determina las dimensiones geométricas.
- **Vano viento:** La longitud proyectada de la semisuma de los vanos adyacentes (para el cálculo de la carga debida al viento).
- **Vano peso:** La distancia horizontal entre los puntos más bajos (reales o ficticios) del perfil del conductor en los dos vanos adyacentes a la estructura y que

determinan la reacción vertical sobre la estructura en el punto de amarre del conductor.

- **Vano horizontal:** Vano auxiliar de cálculo equivalente a la concentración de la carga del viento exclusivamente sobre los conductores.

En el diseño de las estructuras para las cadenas de suspensión la inclinación máxima debida a la presión del viento sobre el conductor y la cadena misma y al ángulo eventual de desviación de la línea está limitada a 40° por consideraciones de aislamiento.

Cargas de Diseño de Estructuras

Se toma en cuenta lo siguiente:

Cargas normales: En condiciones de cargas normales se admitirá que la estructura está sujeta a la acción de las siguientes fuerzas:

- **Cargas verticales:**
 - El peso de los conductores, aisladores y accesorios para el vano gravante correspondiente.
 - El peso propio de la estructura.
- **Cargas transversales horizontales:**
 - La presión del viento sobre el área total neta proyectada de los conductores y cadena de aisladores para el vano medio correspondiente.
 - La presión del viento sobre la estructura.
 - La componente horizontal transversal de la máxima tensión del conductor determinada por el ángulo máximo de desvío.
- **Cargas excepcionales:**

En condiciones de carga excepcional se admitirá que la estructura estará sujeta, además de las cargas normales, a una fuerza horizontal correspondiente a la rotura de un conductor.

- Esta fuerza tendrá el valor siguiente:
 - Para estructura de suspensión: 50% del tiro de rotura del conductor de la tensión diaria (EDS), solo para los postes de acero
 - Para estructura de anclaje y terminal: 100% de la máxima tensión del conductor

Esta fuerza será determinada en sus componentes longitudinal y transversal según el correspondiente ángulo de desvío.

- **Cargas de viento y factores de seguridad**

Para el diseño mecánico de la línea de transmisión se han considerado los siguientes parámetros según las normas:

- Carga de viento máximo
 - Conductor : 39,1kg./m²
 - Aislador : 39,1kg./m²
 - Postes : 39,1 kg./m²
 - Crucetas y Riostras : 64,6 Kg./m²
- Rango de Temperatura del conductor
 - Mínimo : 10°C
 - Máximo : 55°C
 - Hielo sobre el conductor : no se considera
- Factores de seguridad
 - **Conductor**
 - ◆ Tensión de cada día (EDS) : 5.5
 - ◆ Carga máxima de trabajo : 2,5

Los siguientes factores de seguridad se aplicarán en conjunto con las cargas de diseño de viento máximas:

- Postes de madera, crucetas, riostras : 2.0
- Flexión del poste de madera : 4.0
- Postes de acero : 1.25
- Conductor : 2.5
- Aislador:
 - Anclaje : 2.0
 - Suspensión de alineamiento (0°-1°) : 5.0
 - Todas las otras ubicaciones : 4.0
- Ferretería : 2.0

CRITERIOS PARA EL RETIRO O ABANDONO DE LA ZONA DESPUÉS DE LA REHABILITACIÓN

Para el caso de líneas de rehabilitación, se tendrá que realizar dicho retiro o abandono del área que se ha rehabilitado, al final de las obras, para esto se hace necesario la ayuda de un soporte logístico que incluya el traslado de los conductores, estructuras de soporte, el sistema de aislamiento y su ferretería eléctrica asociada. Puede suceder el caso que algunos de los componentes que todavía estén en condiciones operativas y reutilizables sean separados y clasificados de aquellos que estén muy deteriorados, un Control de Calidad aparte podría efectuarse. Pero lo más importante de esto es que el área de paso del electroducto quede únicamente con las estructuras de transmisión en servicio y ningún otro elemento residual.

ESTABLECIMIENTO DE NUEVOS CRITERIOS DE NORMALIZACIÓN PARA LA REHABILITACIÓN DE LA LÍNEA DE TRANSMISIÓN

La nueva concepción intenta lograr normalizar un diseño para regiones costeras con niveles severos de corrosión. En consecuencia si existiese otra sección de línea identificada para ser rehabilitada, ó en su defecto una nueva línea podría ser construida en una zona crítica, se deberá utilizar un diseño normalizado; respecto a:

- Familia de pórticos de madera
- Ferretería eléctrica

10.3.2 Criterios para la Rehabilitación de la zona de cimentación de las estructuras

10.3.2.1 Introducción

Se ha realizado el análisis químico del suelo costero, para luego poder recomendar el tipo de concreto (cemento Portlan II, V o puzolánico) contaminado por la salinidad, donde se comprueba que este contiene un nivel de cloruros hasta 10 veces mas que él limite permisible para las barras de acero. Esto nos indica una fuerte corrosión futura en el metal, por ello la alternativa viene a ser el poste largo de madera tratada, para poder contrarrestar este fenómeno agresivo. A su vez, el mal estado de la puesta a tierra, puede ser un factor de corrosión galvanica, lo que aumenta el costo de dicha puesta a tierra. Por lo que se hace necesario el manejo de la protección del concreto de cimentación.

10.3.2.2 Agresión química interna, externa y electroquímica del concreto de cimentación

La agresión química hacia el concreto se presenta:

- La agresión química interna.
- La agresión química externa.
- La agresión electroquímica.

- **La agresión química interna**, esta constituida por reacciones de los constituyentes del concreto con la pasta de cemento, generándose compuestos que cambien de volumen y expanden destruyéndolo, debido ha que contiene agregados contaminados con cloruro o sulfatos, o son reactivos con los álcalis del cemento produciéndose en ambos casos compuestos expansivos, estos a su vez producen una reacción que por lo general tarda varios años en manifestarse, no existe manera de contrarrestar su efecto, salvo la reparación y reposición del concreto.

- **La agresión química externa**, esta constituida por el flujo de sales en solución (fundamentalmente en sulfatos), hacia el concreto, formando sulfo aluminato que tiene la propiedad de aumentar el volumen. Existen maneras de combatir este

efecto, sobre todo empleando **cemento con bajo contenido de aluminato tricalcico como tipos II y V, y los cementos puzolanicos.**

- **El último tipo de agresión es electroquímico**, causada por la corrosión del acero en el concreto reforzado, en nuestro caso sería la pata o base empotrada de la estructura de madera.

Cuando se da la condición de un agente oxidante, como humedad y el flujo de electrones en el metal, se produce la formación de óxidos e hidróxidos de hierro de volumen mayor al de los elementos originales (ampolladuras expansivas), causando expansiones que destruyen el concreto (agrietamiento o rajaduras), en nuestro caso la base ya será de madera de Southern Yellow Pine (pino amarillo americano), Douglas Fir (Abeto Americano), por lo que se evita la parte metálica de la base de la estructura, ahora se plantearía la protección de la base de madera, quedando sólo la parte salina externa por controlar. La presencia de cloruros tanto por flujo externo hacia el concreto, como en los agregados o aditivos, propicia las condiciones necesarias para la corrosión, cuya velocidad e intensidad dependerán de las cantidades de cloruros, humedad y la conductividad eléctrica en cada caso particular, debemos tener presente que después de haber rehabilitado con postes de madera estos hechos se habrán podido controlar.

- **Consideraciones para el diseño en el control de la agresión química**

Se debe tener en cuenta lo siguiente:

- En los diseños de mezclas (como acción previa).
- En la agresión química.
- En los diseños de mezclas (como acción previa).
 - Empleare relaciones H_2O /cemento bajas.
 - Utilizar la menor cantidad de H_2O compatibles con la trabajabilidad.
 - Utilizar agregados densos y con poca absorción.
 - Usar granulometría continua que se aproximen a las curvas de distribución teórica tipo Fuller o Bolomey.
 - En lo posible emplear aditivos que facilitan la reducción de la relación H_2O /cemento y el contenido de agua en la mezcla.
 - Se debe emplear el mayor tamaño de agregados y el mayor porcentaje de piedras compatibles con las condiciones de colocación y trabajabilidad.

- **En la agresión química:**

Evaluación prolija de los agregados para descartar agregados reactivos con los álcalis o contaminados con los cloruros o sulfatos.

En general no emplear aditivos que contengan cloruros ni agua de mezcla contaminada con sales sin analizarla.

Para el caso específico de la **base del poste de madera** se sugiere impermeabilizar en lo posible las estructuras expuestas al flujo de soluciones salinas mediante **pinturas bituminosas con base de alquitrán o breá ú utilizar telas plásticas como forro de dicha base**, la que no permite indefinidamente el contacto directo aún con el concreto.

Podría darse el caso, aunque no siempre se da y consistiría en remplazar el suelo contaminado adyacente a las estructuras de concretos, con rellenos granulares que sirvan de drenaje al romper el flujo capilar y evitar que las sales en solución entren en contacto con el concreto, pero sé tendría que observar los costos constructivos operacionales así como la urgencia de esta medida.

Se debe utilizarse cemento tipo II, Tipo V o puzolanicos en el concreto.

10.3.2.3 Cimentaciones para pórticos con postes de madera

En adelante se deberá considerar **para todas las estructuras** de madera el siguiente criterio ya enunciado en las recomendaciones sobre concreto de cimentación y nos referimos, **para el caso específico de la base del poste de madera se sugiere impermeabilizar en lo posible las estructuras expuestas al flujo de soluciones salinas mediante pinturas bituminosas con base de alquitrán o breá ú utilizar telas plásticas como forro de dicha base, la que no permite indefinidamente el contacto directo aún con el concreto.**

10.3.3 Criterios en la ejecución del rediseño del trazo de la línea L-207

Se ha considerado dos alternativas:

- Rediseño sobre la misma directriz o eje, o eje paralelo
- Rediseño en un nuevo eje

En el rediseño sobre la misma directriz o eje paralelo, se va realizar la rehabilitación, considerando que los nuevos materiales de la línea que son más estables al medio ambiental marino, en este caso los postes largos de madera de pino, nos ofrecen garantizadamente un periodo de no menos de 30 años de vida (ver Cuadro Comparación Técnica del tipo de Material en los postes, 11.5.2), de otro lado no habría mayor costo por adquisición de servidumbre de paso que es lo que se está buscando para aligerar los costos de inversión.

En el caso del rediseño de un nuevo eje, se deberá tener en cuenta las razones básicas, como, si la línea atraviesa un centro poblado (surgido por la expansión poblacional), motivo por el que nos obligaría apartar ese eje del anterior, lo que implica mayores costos de inversión, como sucedió en el caso de la Ciudad de Mala al sur de Lima donde se tuvo que apartar del eje original a uno nuevo, por que esta línea pasaba por el centro de la ciudad, otro motivo que podría considerarse, sería alejar la línea lo más que se pueda de la zona marina en el caso que esta sea una zona crítica severa (alto nivel de salinidad), también deberá alejarse de las tierras agrícolas, pues estas representan un costo elevado y reducen la productividad agrícola, privilegiando las áreas eriazas apartadas que serían las cotas perteneciente al estado peruano (lo cual reduce los costos por adquisición de servidumbres).

El ancho de franja de servidumbre de acuerdo a los reglamentos es de **25 m**.

10.3.4 Criterios para la toma a tierra

El propósito primario de la puesta a tierra para los Pórticos de Madera en las líneas de transmisión, especialmente cuando la línea no cuenta con el cable de guarda, es para disminuir la resistencia de fuga, lo cual depende de la resistencia en la base de cada estructura. La toma a tierra en las Pórticos de Madera, reducirá la resistencia de la cimentación a un nivel aceptable y proveerá un camino directo hacia la tierra de las corrientes de fuga de los aisladores y de las descargas atmosféricas. Las corrientes de fuga son más probables de producirse cuando existe una alta contaminación o cuando los aisladores se rompen o se dañan. Basados en experiencias anteriores de líneas similares y considerando que todas las zonas críticas están localizadas a más de 3 km. de las sub-estaciones, se recomienda la utilización de un valor de diseño de resistividad de 25 ohms por estructura.

PUESTA A TIERRA

El criterio general para el diseño del sistema de puesta a tierra de las estructuras se consideran los siguientes factores:

- Reducir la resistencia a tierra de la estructura para proteger a las personas contra tensiones e toque o de paso peligrosos que puedan establecerse por corrientes de dispersión o durante fallas a tierra de la línea.
- Proporcionar un camino fácil y seguro para las corrientes de dispersión que resulten de descargas a través de los aisladores como consecuencia de la elevada contaminación ambiental para evitar daños a las estructuras.
- Utilización del material de bentonita para los pozos de tierra

Los valores de resistencia de puesta a tierra de las estructuras tendrá los siguientes valores:

- Zona I : Regiones no transitables 25 Ohm
- Zona II : Regiones transitables 20 Ohm

Dichos valores no podrán ser mayores aún cuando la resistividad del terreno sea muy alta. En estos casos deberá agregarse la cantidad de contrapesos radiales necesarios que aseguren alcanzar los valores antes indicados.

En base a lo expuesto, los sistemas de puesta a tierra estarán constituidos por electrodos, anillos equipotenciales y contrapesos simples, cuya utilización permite la reducción de la resistencia de puesta a tierra a valores aceptables en suelos de muy alta resistividad mediante la variación de sus longitudes y número de contrapesos. Los materiales utilizados para la puesta a tierra son:

Cable y grapas de puesta a tierra

Se usará el conductor N° 5 AWG tipo 316 de acero inoxidable cocido o equivalente.

Varilla de puesta a tierra

Se utilizarán electrodos de copperweld de 19 mm (3/4") de diámetro y de 3 m (10') de largo.

SISTEMA DE PUESTA A TIERRA

Para alcanzar los 20 Ohm se propone el siguiente esquema:

- Pórticos con postes de madera llevarán dos electrodos por estructura para todas las clases de suelos.
- Postes tubulares de acero llevarán un electrodo por poste para todas las clases de suelo.
- Cuando el esquema descrito más arriba no es suficiente se deberán agregar electrodos adicionales. El electrodo adicional será ubicado cada 10m de acuerdo a la siguiente combinación:
 - Esquema de base + 2 electrodos (x2)
 - Esquema de base + 4 electrodos (x2)
 - Esquema de base + 6 electrodos (x2)

Cuando lo indicado precedentemente no es suficiente para bajar la resistencia de la estructura próxima a los 20 ohm (en la roca por ejemplo) se recomienda dejar dichos valores altos de resistencia.

10.3.5 Criterios Para La Distribución De Las Estructuras En La Línea L-207

La relación entre el vano peso y el vano viento debe ser tal que las estructuras con cadenas de suspensión (MA, MB Y MT), las distancia a la masa no sea mayor que:

- 2 110 mm bajo condiciones de ausencia de viento y 20 °C.
- 1 270 mm bajo un viento de 50 Km./h. Transversal de ida y vuelta y 10 °C.
- 510 mm bajo un viento de 90 Km./h. Transversal de ida y vuelta y 10 °C.

Para el conductor de 500 mm² tipo ACAR se han elaborado los siguientes criterios ver el cuadro siguiente:

| CRITERIOS PARA LA DISTRIBUCIÓN DE ESTRUCTURAS | | | |
|--|----------------------------|------------------------|----------------------|
| Nombre (Tipo) | Angulo de deflexión | Vano viento (m) | Vano peso (m) |
| MA | 0° – 1° | 330 | 380 |
| MB | 1° – 10° | 350 | 400 |
| MC | 10° – 20° | 350 | 400 |
| MD | 20° – 30° | 350 | 400 |
| MG | 0° – 1° | 350 | 1000 |
| MH | 0° – 1° | 550 | 1500 |
| MJ | 1° – 20° | 400 | 1500 |
| MK | 20° – 90° | 550 | 1500 |
| MT | 0° – 1° | 330 | 380 |
| MU | 0° – 1° | 500 | 600 |
| S | 0° – 1° | 350 | 600 |
| A | 0° – 45° | 425 | 700 |

Fuente: ETECEN, Estudio y Evaluación de las Líneas de Transmisión Costera, 1999.

La utilización de contrapesos de 40Kgr. Para estabilizar las cadenas contra los movimientos transversales pueden ser utilizadas hasta un máximo de 120 Kgr.

Para las estructuras en ángulo tipo MC y MD la relación entre vano viento y vano peso será tal que al calcular el balanceo vertical del conductor cuando el viento sopla en el sentido del ángulo de la línea, este será como máximo 80° con respecto a la vertical, así se podrá evitar que una fuerza de compresión solicite la cadena vertical; del mismo modo la relación entre el vano viento y el vano peso será tal que al calcular el balanceo horizontal del conductor cuando el viento sopla en contra el sentido del ángulo de la línea, sea como máximo 10° con la vertical, esto evitara solicitar en compresión la cadena de aisladores horizontal.

En aquellas estructuras que estén situadas allí donde la línea haga un ángulo, la componente transversal de la línea debe ser considerada en los cálculos del movimiento transversal de la cadena.

11.0 REHABILITACIÓN DE LA LÍNEA DE TRANSMISIÓN COSTERA L-207

11.1 Introducción

En esta parte se va a tratar lo referente a la aplicación de los criterios teóricos, por este motivo el tratamiento específico va ir directo hacia la obra en ejecución de la línea de transmisión L-207, así mismo se afronta el proceso de rehabilitación con nuevos pórticos de madera de acuerdo a la realidad y naturaleza de la región, para luego poder realizar el desmontaje del tramo de la línea construida anteriormente con torres de acero, dicho proceso se tiene que realizar en caliente, debido a que es una línea troncal, en este capítulo se va a establecer desde los principios ambientales hasta el proceso tecnológico de instalación.

11.2 Condiciones Ambientales de la línea de transmisión costera L-207

Las principales condiciones ambientales que se toman en cuenta para el diseño de las líneas de transmisión son las siguientes:

- Condiciones atmosféricas:
 - Temperatura ambiente de la estación de 15°C a 20°C prom.
 - Velocidad del viento 15 a 35 Km/h
 - Condiciones de nieve o hielo, no existe
 - Agentes atmosféricos contaminantes
 - No hay descargas eléctricas atmosféricas

- Condiciones topográficas y geomorfológicas:
 - Topografía (perfil del suelo).
 - Altura sobre el nivel del mar de 10m a 100 m.s.n.m.

- Uso del suelo:
 - Áreas rurales y urbanas.
 - Áreas desérticas o con vegetación.
 - Vías de acceso.

11.2.1 Características atmosféricas en la línea L-207

Toda el área conocida generalmente como la región de la costa por donde el sistema de transmisión costero de 220 kV, que atraviesa, se caracteriza por presentar condiciones climáticas cálidas y húmedas. La región se define geográficamente como tropical y presenta fundamentalmente dos estaciones: la estación estival desde Diciembre hasta Mayo con temperaturas que oscilan entre los 15 °C y 35 °C y la estación del invierno desde Junio hasta Noviembre con temperaturas entre los 5 °C y 15 °C.

Las áreas desérticas del sur de Lima, tienden a presentar diferencias de temperatura extrema entre el día y la noche y en general la temperatura en el verano supera los 30 °C. Los vientos predominantes proceden usualmente del Océano Pacifico alcanzando velocidades que no exceden los 90 km/h. Los riesgos de descargas atmosféricas son mínimos o nulos. Los agentes contaminantes bajo la forma de vapor salino o polvo predominan en las regiones costeras y tienen un efecto muy importante en los sistemas de aisladores y en los componentes ferrosos (ferretería eléctrica).

11.2.2 Condiciones topográficas y geomorfológicos de la línea L-207

Gran parte del sistema costero existente se ubica generalmente paralelo a la costa del Océano Pacifico, en las áreas de mayor accesibilidad entre el mar y el pie de la Cordillera Peruana.

En general las líneas están situadas a una distancia de 15 Km., respecto a la orilla del mar. La altura de las rutas de líneas muy pocas veces supera los 500 m.s.m., y generalmente está por debajo de los 200 m.s.m.

11.2.3 Utilización del suelo

La mayoría de las áreas que el sistema costero existente atraviesa son zonas desérticas no cultivadas o semi-desérticas. Menos del 5% de las rutas de línea atraviesan áreas urbanas o semi-urbanas mientras que un 15 a 20% atraviesan áreas de cultivo. Algunas porciones de terreno en la región están siendo irrigadas en previsión de futuras actividades agrícolas.

Como consecuencia de este uso del suelo y una topografía relativamente favorable, el acceso a las rutas de las líneas existentes no presenta mayores dificultades, pues están van paralelas a la carretera principal.

11.2.4 Condiciones geotécnicas de la línea L-207

Para cada uno de los segmentos de las líneas estudiadas en este proyecto se realizaron estudios geotécnicos. Dichos estudios abarcó la realización de calicatas, SPT (Standard Penetration Test) o Prueba de Penetración normalizada, y análisis en laboratorio. Los resultados y sus detalles se presentan en informes separados. Basándose en los resultados de las pruebas de campo se identificaron cuatro clases de suelos y se clasificaron atendiendo a los propósitos del diseño de cimentación, tal como se indica a continuación en la clasificación y capacidad portante de los suelos.

11.2.5 Clasificación y capacidad portante de los suelos

Se adjunta un cuadro en el que observamos cuatro clases de suelo. Estos se clasificaron de acuerdo a su descripción, la capacidad portante y a la prueba convencional de SPT (Standard Penetration Test), o prueba de penetración normalizada, que a continuación se presenta:

| CLASIFICACIÓN Y CAPACIDAD PORTANTE DE SUELOS EN LA LÍNEA L-207 | | | |
|--|--|---------|--|
| Clase de suelo | Capacidad portante (Kg/cm ²) | SPT (N) | Descripción |
| A | 0.15 – 0.50 | 1 – 3 | Arcilla muy compresible, lodo, arena fina muy suelta |
| B | 0.50 – 1.0 | 4 – 6 | Arcilla compresible, arena fina suelta |
| C | 1.0 – 3.0 | 7 – 20 | Arcilla compacta, arena compacta |
| D | 3.0 – 10 | >21 | Arcillas muy compactas, arena y grava muy compacta |
| R | >10 | --- | Roca |

Fuente: ETECEN, Estudio y Evaluación de las Líneas de Transmisión Costera, 1999.

SPT = estándar penetration test (prueba normalizada de penetración)

11.3 Trazo de la línea de transmisión costera L-207

El criterio básico adoptado para el trazado de los segmentos de las líneas a rehabilitar, fue el aprovechamiento en su mayor parte de las fajas de servidumbre ya existentes para el electroducto.

En la medida de lo posible se ha mejorado el trazado, disminuyendo el número de ángulos, sorteando las áreas cultivables o ubicando la línea alejada de la orilla del mar en donde la rehabilitación procurará una reorientación de las líneas lo más alejada de este. Otro factor importante en la ubicación de las nuevas líneas se relaciona con el proceso mismo de construcción. El nuevo tramo de la línea deberá situarse a una distancia tal respecto a la existente que permita su construcción con el circuito adyacente energizado, o sea paralelo a este.

Teniendo en cuenta los principios generales anteriormente mencionados, se aplicará el siguiente criterio en el tramo de la zona crítica (30.085 K.m.) de la Línea en estudio (L-207)

La nueva línea con pórticos de madera se instalará a lo largo del eje de la línea existente. Los conductores de una parte de este sector han sido trasladados sobre el circuito libre de la línea 208. En consecuencia, antes de iniciar los trabajos de rehabilitación en este sector, se deberá completar el traslado del circuito 207 sobre el circuito libre de la línea 208, de manera de dejar libre de conductores energizados en el sector comprendido entre las torres 105 a 177.

11.4 Conductores para la línea de transmisión costera L-207

11.4.1 Introducción

Para realizar el proceso de rehabilitación de una línea de transmisión costera, en el caso necesario para reemplazar los tramos del conductor debido a su destrucción por antigüedad o por hallarse en una Zona crítica, se hace necesario un nuevo conductor, que debe ser del mismo tipo y tamaño que el conductor existente, salvo un criterio de redimensionamiento para líneas de mayor carga, finalmente el conductor deberá ser de cuerpo liso y aleación de Aluminio reforzadas con hebras trapezoidales exteriores y trapezoidales-redonda en el interior de este, como elementos accesorios al conductor se considera preformados y manguitos de compresión (del cuello muerto de extremo y de empalme), por otro lado las normas de control de calidad será ISO 9000 y adicionalmente las normas técnicas ASTM.

Por tal motivo se seleccionó el tamaño y el tipo del conductor definitivo basándose en lo siguiente:

- Los resultados de la optimización del conductor
- Las características requeridas en un conductor a fin de obtener una muy buena resistencia a la corrosión y a la fatiga, geometría del conductor en su sección (Trapezoide cerrada).
- Las características requeridas en un conductor que permitiesen simplificar su limpieza (en caso que fuese necesaria) para reducir las pérdidas por corona, alisado del material.
- Las características mecánicas de esfuerzo, que el conductor debe presentar de manera que permitiese su instalación en la sección de línea con pórticos de madera.

Por tal motivo el conductor estudiado y recomendado fue el ACAR el que se presenta entre los rangos de secciones de 400 mm^2 a 800 mm^2 , (en nuestro caso será el de 500 mm^2), estos conductores soportan una carga entre 50Mw, 70Mw, 100Mw y 150Mw. El costo básico anual por perdidas fue de \$ 0.038/kW.h, para todos los casos. Como efecto comparativo se observo que el costo básico anual por perdida de \$ 0.019/kW.h, para el caso de 70MW. También se tiene que tener presente que la línea optima de transmisión para reducir al mínimo los costos anuales de capital y de perdidas, viene a ser la combinación de:

- El vano medio
- Altura de las estructuras
- Sección del conductor
- Tipo del conductor

En lo que respecta al cable de guarda este se emplea para proteger las líneas de transmisión de las descargas atmosféricas. En el caso de las líneas de transmisión de la costa peruana, prácticamente no se producen dichas descargas. Todas las líneas en 220 kV que se encuentran a lo largo de la costa carecen de cable de guarda a excepción de la zonas próximas a las sub-estaciones (con una extensión de aproximadamente 1 Km). La experiencia operacional de las líneas costeras sin cable de guarda ha resultado satisfactoria, en consecuencia se podrá prescindir de los mismos en las zonas críticas de las distintas líneas.

11.4.2 Conductor ACAR

El conductor ACAR tiene un núcleo central de aluminio de alta resistencia rodeado por capas de conductores de Aluminio, también se observa que en las secciones de 400 mm² hasta 800 mm² según el cuadro adjunto mostrado nos va a indicar los parámetros, teniendo en consideración, en cuanto a la carga eléctrica calculada para (70 – 150 MW), se encontró que el conductor óptimo es de tipo ACAR con un área nominal que alcanza los 600 mm² donde un 35% del área total está compuesta por aleación de marca registrada. Sin embargo, para mantener un diámetro similar al existente y una compatibilidad con los conductores anteriores, donde se ha adoptado un conductor de resistencia media ACAR cuya sección nominal es de 500 mm², luego este, podrá ser instalado en las línea, sin que este sobrepase los límites.

Los conductores deberán ser de Aluminio y de aleación de aluminio mezclado con las siguientes características para nuestro caso:

| ÁREA OPTIMA VS. CARGA DEL CONDUCTOR ACAR | |
|--|--|
| Carga En La Línea MW | Área Optima Del Conductor ACAR mm ² |
| 50 | 400 |
| 70 | 600 |
| 100 | 700 |
| 150 | 800 |

Fuente: Ver catalogo del fabricante ACAR

| CUADRO COMPARATIVO DE LOS CONDUCTORES *ACAR | | | | | | |
|---|-------------------------|----------------|--------------|---------------|-----------------------|--------------------|
| Área nominal en mm ² | Área en mm ² | Diámetro en mm | Masa en kg/m | ACAR Cableado | Resistencia en ohm/km | Resistencia en kgf |
| 400 | 404.3 | 26.1 | 1.115 | 18/19 | 0.0766 | 9171 |
| | | | | 24/13 | 0.0748 | 8265 |
| | | | | 30/7 | 0.0731 | 7531 |
| 500 | 507.7 | 29.3 | 1.400 | 18/19 | 0.0613 | 11398 |
| | | | | 24/13 | 0.0598 | 10224 |
| | | | | 30/7 | 0.0584 | 9262 |
| 600 | 606.9 | 32.0 | 1.673 | 18/19 | 0.0511 | 13662 |
| | | | | 24/13 | 0.0498 | 12224 |
| | | | | 30/7 | 0.0487 | 10071 |
| 700 | 710.1 | 34.7 | 1.958 | 42/19 | 0.0424 | 15563 |
| | | | | 54/7 | 0.0385 | 12020 |
| 800 | 809.3 | 37.0 | 2.231 | 42/19 | 0.0371 | 17837 |
| | | | | 54/7 | 0.0361 | 13704 |

Fuente: Ver catalogo del fabricante

11.4.3 Tipo de conductor ACAR

Los conductores ACAR, de cuerpo liso (compactos) ofrecen mayores ventajas que los conductores convencionales cableados de sección cilíndrica, pues su alisado evita las pérdidas por efecto corona, asimismo las ventajas comprenden la disminución aproximadamente del 10% en el diámetro para una misma área total, debido a su geometría que ocupa los espacios, cerrando el paso a la penetración de polvo y presenta un mejor comportamiento a la vibración eólica, dando una superficie lisa que no favorece la acumulación de los agentes contaminantes y que facilita su limpieza. Pero la ventaja más importante que ofrecen los conductores ACAR compactos de hilos trapezoidales es su gran resistencia a la corrosión, así como a la penetración de las partículas de polvo fino, debido a que su juntura intersticial es cerrada y presenta un aspecto de un cilindro compacto (ver Anexo N° 9 corte del cable), la cual es debido a que los hilos exteriores son más grandes por la compacidad propia del trenzado. El conjunto de estos factores determinó que se optara por el conductor ACAR compacto para las zonas críticas.

| CARACTERISTICAS DEL TIPO DE CONDUCTOR ACAR | |
|---|--|
| Tipo | Compacto |
| Material | ACAR (Aluminio – Aleación de aluminio) |
| Área total o Sección nominal | 500 mm ² |
| Área o Sección real | 501.7 mm ² |
| Área del Aluminio de Grado EC, nominal | 325 mm ² (65%) |
| Área del Aluminio aleado, mezclado nominal | 175 mm ² (35%) |
| Cuerpo del conductor nominal | 1.378 Kg/m |
| Limite de elasticidad nominal (RTS) o carga de rotura | 10 080 Kg |
| Diámetro exterior | 26.5 mm (máximo) |
| Peso unitario | 1.378 kg/m |
| Resistencia eléctrica | 0.078 ohm/km a 20°C en cc |
| Capacidad de corriente (90°) | 1 140 Amp. |
| Capacidad de corriente (55°C) | 800 Amp. |
| Hebras de cables Externos | Forma trapezoidal con grado EC de Aluminio |
| Hebras de cables Internos | De forma circular o trapezoidal con Aluminio aleado, mezclado o de grado EC según lo que se precisa para mantener el grado EC/la relación total de aleación, mezcla de 65/35 |

Fuente: ETECEN, Estudio y Evaluación de las Líneas de Transmisión Costera, 1999.

Adicionalmente tenemos que remarcar sobre el manejo logístico para poder hacer su distribución, donde los conductores deberán ser continuos en cada bobina y todas las bobinas serán del mismo tamaño. Se considera la longitud del conductor por bobina, el tamaño de las bobinas y la longitud de tolerancia por bobina. El conductor no

deberá ser engrasado. Respecto a las juntas de empalmes, o manguitos de comprensión (de extremo o empalme), deberán ser capaces de resistir, sin riesgo de deslizamiento o de falla en una tensión no menor al 95% del límite de elasticidad del conductor. Los manguitos de los cuellos muertos serán montados de modo que impida un deslizamiento del conductor cuando se le aplique una carga no inferior al 50% de la carga límite de elasticidad nominal (R.T.S.) del conductor.

11.4.4 Vano medio del conductor ACAR

Debemos de considerar, que cuando la longitud de los postes supera los 22.8m (75 pies), el vano medio óptimo es aquel que resulta de la utilización de postes que no superen los 22.8m de largo. En consecuencia, dependiendo de la topografía, el vano medio promedio varía entre los 275 y 300 m aunque en determinadas áreas podría tener mayor o menor longitud.

| RELACION ENTRE LOS VANOS Y EL LARGO DE LOS POSTES | | | | | |
|---|--------------------|-----------|-----------------|------|----|
| Área nominal del conductor en mm | Conductor Cableado | Vano en m | Largo del poste | | |
| | | | m | pies | |
| 400 | 18/19 | 275 | 21.3 | 70 | |
| | | 300 * | 22.9 | 75 | |
| | 24/13 | 275 | 21.3 | 70 | |
| | | 300* | 22.9 | 75 | |
| | 30/7 | 275 | 22.9 | 75 | |
| | | 300 | 24.4 | 80 | |
| 500 | 18/19 | 275 | 21.3 | 70 | |
| | | 300* | 22.9 | 75 | |
| | 24/13 | 275 | 21.3 | 70 | |
| | | 300* | 22.9 | 75 | |
| | 30/7 | 275* | 22.9 | 75 | |
| | | 300 | 24.4 | 80 | |
| 600 | 18/19 | 275 | 21.3 | 70 | |
| | | 300* | 22.9 | 75 | |
| | 24/13 | 275 | 21.3 | 70 | |
| | | 300* | 22.9 | 75 | |
| | 30/7 | 275* | 22.9 | 75 | |
| | | 300 | 24.4 | 80 | |
| 700 | 42/19 | 275 | 21.3 | 70 | |
| | | 300* | 22.9 | 75 | |
| | 54/7 | 275* | 22.9 | 75 | |
| | | 300 | 24.4 | 80 | |
| | 800 | 42/19 | 275 | 21.3 | 70 |
| | | | 300* | 22.9 | 75 |
| 54/7 | | 275* | 22.9 | 75 | |
| | | 300 | 24.4 | 80 | |

* vano optimo

Fuente: ETECEN, Estudio y Evaluación de las Líneas de Transmisión Costera, 1999.

Ahora en lo que se refiere a la optimización del vano se encontró que para las secciones de conductores entre 400 mm² a 800 mm² y sus cargas entre 50 MW y 150MW en definitiva se quedaban entre los 275m. y 300m.

Según el vano ideal las características de los conductores deberán ser las apropiadas para que las flechas y tensiones resultantes:

| FLECHAS Y LIMITES DE TENSION SEGÚN EL VANO PARA EL CONDUCTOR ACAR | | | | | | |
|---|--------------------------------------|------------------|------------------|---------------------|---------------------|-----------------------|
| Vano (m) | Condición de carga Kg/m ² | Temperatura (°C) | Flecha Final (m) | Tensión Final (Kg.) | Flecha Inicial (m.) | Tensión Inicial (kg.) |
| 250 | Viento de 39.1 | 10 | 5.85 | 2312 | - | - |
| | Sin viento | 10 | 4.47 | 1938 | 4.61 | 2341 |
| | Sin viento | 20 | 5.95 | 1815 | - | - |
| | Sin viento | 55 | 7.20 | 1503 | - | - |
| 300 | Viento de 39.1 | 10 | 8.47 | 2301 | - | - |
| | Sin viento | 10 | 8.18 | 1903 | 7.15 | 2176 |
| | Sin viento | 20 | 8.58 | 1815 | - | - |
| | Sin viento | 55 | 9.91 | 1575 | - | - |
| 350 | Viento de 39.1 | 10 | 11.58 | 2293 | - | - |
| | Sin viento | 10 | 11.29 | 1881 | 10.22 | 2075 |
| | Sin viento | 20 | 11.70 | 1815 | - | - |
| | Sin viento | 55 | 13.08 | 1626 | - | - |
| 400 | Viento de 39.1 | 10 | 15.19 | 2288 | - | - |
| | Sin viento | 10 | 14.89 | 1865 | 13.80 | 2010 |
| | Sin viento | 20 | 15.31 | 1815 | - | - |
| | Sin viento | 55 | 16.73 | 1663 | - | - |

Fuente: ETECEN, Estudio y Evaluación de las Líneas de Transmisión Costera, 1999.

Como nota adicional en el cuadro, se ha establecido 3 niveles de temperatura, para los casos:

- 10°C, presión del viento a 39.1Kg/m², la tensión final no deberá exceder del 40% de la resistencia de fluencia del conductor.
- 20°C, presión del viento a 0.0Kg/m², la tensión final no deberá exceder del 18% de la resistencia de fluencia del conductor.
- 10°C, presión del viento a 0.0Kg/m², la tensión inicial no deberá superar del 25% de la resistencia a la atracción del conductor.

11.4.5 Límites de los esfuerzos del conductor ACAR

Los límites de los esfuerzos se imponen cuando existen condiciones de diseño de carga máxima para evitar fallas ocasionadas por la conjunción de la tracción pura y esfuerzos secundarios (es decir, esfuerzos radiales y de flexión en la grampa).

Para minimizar la fatiga debido a la vibración eólica se imponen límites de tensión bajo el peso del conductor en su condición inicial con una temperatura invernal de 10 °C y final a una temperatura promedio durante el año.

Los límites de los esfuerzos son los siguientes:

| LÍMITE DE LOS ESFUERZOS DEL CONDUCTOR ACAR | | | |
|--|------------------|-----------|---------------------|
| Temperatura (°C) | Carga de diseño | Condición | Límite del esfuerzo |
| 10 | Máximo viento | Final | 40% RTS |
| 20 | Solo, sin viento | Final | 18% RTS |
| 10 | Solo, sin viento | Inicial | 25% RTS |
| 55 | Solo, sin viento | Final | — |

Fuente: Ver catalogo del fabricante

La condición de flecha mínima en el conductor (condición de arrancamiento) es verificada sin viento y a 10°C

11.4.6 Accesorios del conductor ACAR

Los accesorios para el conductor ACAR están constituidos por el conjunto de elementos consistentes en:

- Grapas de suspensión
- Varillas de armar
- Grapas de anclaje
- Manguitos de empalme
- Manguitos de reparación
- Anillo equipotencial
- Amortiguadores
- Grapas bifilares o paralelas

11.4.7 Protección contra la vibración eólica (amortiguadores tipo stockbridge)

Debido a las continuas ventiscas (Paracas) de poca fuerza procedente de la costa que arremeten contra las líneas y a las cuales están expuestas las líneas de transmisión del norte y del sur, y tomando en cuenta que la topografía es en su mayor parte llana y abierta, los amortiguadores y los preformados deberán instalarse tal como se describe a continuación:

- Preformados en todos los aisladores en suspensión, incluyendo el cuello muerto.
- Dos amortiguadores (Tipo stockbridge) de vibración por vano serán instalados uno a cada extremo del vano, para todos los vanos de 350 m y menos.
- Cuatro amortiguadores de vibración por vano, serán instalados dos a cada extremo del vano, para todos los vanos mayores de 350 m.

11.5 Materiales y equipos de La Rehabilitación

11.5.1 Introducción

Como es de interés definitivo utilizar postería de madera y conformando esta una familia de Pórticos de Madera, hacemos un análisis muy breve referente a los postes de madera y su tipo de preservación, así mismo una comparación entre el poste de madera largo y otros tipos de estructuras de soporte, para poder tener un criterio seguro y amplio sobre el material que se va a emplear en la rehabilitación.

11.5.2 Postes De Madera Largo

En lo referente a los postes de madera largo debemos hacer un breve análisis comparativo para poder lograr encontrar el material más estable a las inclemencias meteorológicas, así como el esperado de vida útil de la madera del poste.

Por tal motivo se ha considerado utilizar postes de madera de clase 2 Douglas Fir Coast o Southern Yellow Pine tratados con Pentaclorofenol

Se utilizarán pórticos de madera en las líneas L- 207 con el objeto de minimizar el uso de componentes metálicos. Tanto los pernos como la ferretería de conexión serán de

acero inoxidable. Para las Pórticos de ángulo y fin de línea no se utilizarán cables de retenida sino puntales de retenida en madera.

Los pórticos presentarán una configuración de dos y tres postes de madera tipo Douglas Fir ó Southern Yellow Pine clase 2 ASA, en forma de «H» utilizando doble cruceta y doble riostra ubicadas al exterior de los postes.

En tal sentido se hace una comparación como la siguiente:

| COMPARACIÓN TECNICA DEL TIPO DE MATERIAL EN LOS POSTES | | | |
|---|--|---|---|
| TIPO DE POSTE | FIERRO TUBULAR SOLDADO | CONCRETO ARMADO | MADERA TRATADA, PINO AMERICANO |
| Vida Útil | 25 Años | 20 Años | 30 > Años |
| Resistencia A Los Agentes Externos | Regular, <small>sufre</small> corrosión | Buena | Regular, es atacada |
| Transporte | Relativamente barata <small>con</small> deterioro | Costoso y difícil para distancias largas | Relativamente barato sin problemas |
| Montaje | Sencillo <small>requiere</small> cimentación | Difícil por su peso <small>requiere</small> cimentación | Sencillo no requiere cimentación |
| Gasto De Mantenimiento | Considerables en zonas <small>costeras</small> bajas | Nulo | Reducido |

Fuente: ETECEN, Estudio y Evaluación de las Líneas de Transmisión Costera, 1999.

* Según el cuadro anterior podemos observar las ventajas entre la estructura metálica y el pórtico de madera.

Su selección se ha decidido en función del fácil acceso a la línea, cuyo recorrido adyacente a la carretera facilitará el transporte y manipuleo en el montaje de las mismas.

Las características principales de los postes a utilizar son las siguientes:

| CARACTERÍSTICAS DE LOS POSTES DE MADERA | | | | | | | | |
|---|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| POSTES DE MADERA | DF/SYP |
| CLASE | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| LONGITUD (M) | 15,24 | 16,76 | 18,29 | 19,81 | 21,34 | 22,86 | 24,38 | 25,91 |
| (PIES) | 50 | 55 | 60 | 65 | 70 | 75 | 80 | 85 |
| CIRCUNF. EN PUNTA (CM) | 63,5 | 63,5 | 63,5 | 63,5 | 63,5 | 63,5 | 63,5 | 63,5 |
| (PULG) | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 |
| CIRCUNF. LINEA TIERRA(CM) | 106,68 | 110,49 | 114,3 | 118,11 | 121,92 | 124,46 | 128,27 | 130,81 |
| (PULG) | 42 | 43,5 | 45 | 46,5 | 48 | 49 | 50,5 | 51,5 |
| ESFUERZO (PSI) | 8000 | 8000 | 8000 | 8000 | 8000 | 8000 | 8000 | 8000 |

Fuente: ETECEN, Estudio y Evaluación de las Líneas de Transmisión Costera, 1999.
 *DF = Douglas Fir Coast/ abeto

*SYP = Southern Yellow Pine/ Pino

11.5.2.1 Preservación y tratamiento del poste largo de madera

Si bien es cierto que existen varios métodos de preservación, en nuestro caso se ha considerado uno de los métodos orgánicos como es el de **Pentaclorofenol**.

Este método consiste en usar una sustancia de Pentaclorofenol que contiene el 95% de cloruro fenólico que es un compuesto químico cristalino formado por reacción del Cloro sobre el Fenol (C_6C_5OH), es suficientemente soluble para los fines de preservación de madera, en la mayoría de los aceites de petróleo de ebullición elevada, también es soluble en kerosén industrial; para trabajar con él hay que tomar ciertas precauciones y evitar su contacto directo con el producto o con sus soluciones. Tiene estabilidad Química. Normalmente se usa a la concentración del 5% en peso y se recomienda para postes en retenciones entre 5 y 8 kilos de producto sólido por metro cúbico de madera.

Podemos agregar que en el método de impregnación para postes largos se considera la especie forestal, tipo de pieza, dimensiones y razones económicas. Cabe indicar adicionalmente, que el preservante de madera deberá reunir ciertas condiciones mínimas como:

- 1.- **Toxicidad** hacia el agente destructor
- 2.- **Penetrabilidad**, según el tipo, intensidad del vacío, grado de presión aplicado, tiempo de tratamiento, contenido de humedad, presencia de albura y duramen, finalmente las presencias de gomas y resinas.
- 3.- **Permanencia**, que se halla en la madera tratada en forma estable por encima de los 20 a 30 años o mucho más.
- 4.- **Seguridad del manejo** (Creosota, Pentaclorofenol y sales Cupro-arsenicales), no son tan altamente peligrosas para el hombre.
- 5.- No deben tener **efectos corrosivos**, hacia los elementos accesorios al poste, como es la ferretería eléctrica.
- 6.- **Inflamabilidad**, durante el proceso de tratamiento, manipuleo y operación no deberán ser proclives a la combustión.
- 7.- **Económico**, el preservante deberá ser barato, así mismo su proceso, respecto a cantidad de preservante por metro cúbico.
- 8.- **Uso corriente**, estabilidad perenne sin causar perjuicios para cualquier uso.

Toda pieza de madera que va a ser impregnada necesita una preparación Química y Física previa:

Preparación física del poste

El secado.- que consiste en eliminar el agua del leño hasta reducir su porcentaje por debajo del punto de saturación de las fibras, esto es inferior al 30% (secado al aire o medios artificiales).

La preparación mecánica.- Que consiste en el descortezamiento, aserrado a las medidas finales, perforado, cajado, incisiones. Los métodos de preservación se dividen en dos grupos: Sin Presión y Compresión.

Este método se halla normalizado según A.W.P. A3-91, Método normalizado para determinar la penetración de preservantes y retardadores de fuego, AWP P9-91, normalización para solventes y formulaciones para sistemas de preservación orgánica (American Wood Preservers Association)

Incisiones en el Poste.- Respecto a las incisiones en el poste previo tratamiento de preservación, estas tendrán una profundidad mínima de 65 mm (2.5 pulg.), según la norma R.E.A. 1728F-700.

Preparación química para el poste

Retención mínima y penetración del preservante.- Según las normas indicada R.E.A. 1728F-700 tenemos que:

Southern Yellow Pine (Pino amarillo americano)

Retención: 7.21Kg/m³ (0.45 lbs/pie³)
Penetración: 90 mm (3.5pulg.) o 90% de la savia.

Douglas Fir Coast (Abeto americano)

Retención: 9.61Kg/m³ (0.60 lbs/pie³)
Penetración: 19 mm (0.75pulg.) o 85% de la savia.

Según la certificación de calidad del fabricante. En las incisiones, la penetración será no menor de 65 mm.

En nuestro caso para la línea de transmisión L-207, se ha escogido el pino amarillo americano y el abeto americano pues este reúne las condiciones necesarias para tal fin. Ver Anexo N° 10 Características del poste largo de madera.

11.5.3 Familia de estructuras con poste de madera

11.5.3.1 Introducción

En esta parte del estudio se va a considerar directamente ya el uso de estructuras compuestas de un conjunto de postes de madera como son los pórticos de madera, en la que se ha considerado una familia con 10 tipos diferentes de pórticos de madera que se analizarán después, con el objeto de minimizar el uso de componentes metálicos. Tanto los pernos como la ferretería de conexión serán de acero inoxidable según las normas técnicas. Considerando para los Pórticos de ángulo y fin de línea, no se utilizarán cables de retenida sino puntales de retenida en madera.

El empleo de los puntales de retenida es una solución que demanda un gasto apenas mayor en términos de inversión directa de capital. A pesar de ello en un largo plazo todos los problemas de mantenimiento relacionados con los cables de retenida, la ferretería y los anclajes habrán sido eliminados. La experiencia con las líneas de postes de madera existentes de 220 y 60 kV a lo largo de la costa ha demostrado que

buena parte del costo se traslada al mantenimiento de estas líneas, y está vinculado únicamente a la ferretería, los anclajes y los puntales.

En nuestro caso se va a utilizar postes de madera de clase 2 Douglas Fir Coast (abeto Americano) o Southern Yellow Pine (Pino Amarillo Americano), tratados con Pentaclorofenol como preservante. También se ha considerado que el control de calidad estará conforme a los requerimientos de la REA (Rural Electrification Administration) 1728H-700, Artículo 4 y REA 1728H-702.

Además de ello deberá considerarse la siguiente información (Grabada al fuego) de manera visible: Código del proveedor, seguro de garantía o prueba del seguro, ubicación de la fábrica, año y mes de tratamiento, código de identificación de la especie, preservante, retención preservativa, finalmente el número exacto de la clase de circunferencia y largo del poste. Estas marcas irán a una distancia de cuatro metros de la parte interior del poste. Se debe considerar que en el remate final del poste está cortado con un ángulo de treinta grados de un solo corte o bien de dos cortes simétricos.

No se podrán admitir defectos como podredumbre, ralladuras notorias, agujeros, hoyos en los extremos considerados ya en la norma.

Entre los efectos limitados encontramos: Inclusiones de cortezas, marca por compresión, ralladuras menores, daños causados por insectos, nudos, cicatrices según norma REA 1728F-700 Anexo A Artículo 6.

Estas estructuras deberán ser de preferencia utilizadas solamente en posiciones tangentes de alineamiento en los que no se necesita retenidas. También se deberá considerar extraordinariamente si resulta práctico mantener en los puntos o ángulos, estructuras autoportantes de acero galvanizado.

En el caso de las estructuras de madera en forma de H en un circuito presenta la ventaja de mantener el conductor y la cadena de aislamiento más cerca del suelo y en consecuencia está menos expuesto a la corrosión. La desventaja entonces va a ser que atraviesen áreas urbanas, estas deberán ser áreas muy libres y alejadas, quedando al criterio del diseñador en este caso. Con esto se explica que la utilización de cimentaciones de concreto y los problemas de corrosión inherentes al metal son eliminados en conjunto.

Adicionalmente hay otra ventaja muy importante que puede derivarse de la configuración H que viene a ser la limpieza de los conductores con el fin de disminuir las pérdidas por efecto corona, ya que el acceso a las 3 fases tanto para la limpieza mecánica como manual será mucho más fácil.

Respecto a las tolerancias dimensionales se puede resumir que:

Largo del poste

Postes de 13.72 m (45') y menos: -75 mm (3") + 150 mm(6")

Postes de 15.24m (50') y más: -150 mm(6") + 300 mm(12")

Circunferencia hasta 1.83m (6') de la base del poste

Para todos los postes, no mayor que: +180 mm (7") o 1.2 x mínimo especificado.

11.5.3.2 Pórticos de alineamiento

Los pórticos de alineamiento presentarán una configuración de dos postes, en forma de «H» utilizando doble cruceta y doble riostra ubicada al exterior de los postes.

La utilización de dos riostras exteriores elimina la ferretería de conexión necesaria para instalar las riostras al interior de los postes. Las conexiones se realizarán empleando pernos y placas (si son necesarias) de acero inoxidable.

11.5.3.3 Pórticos de ángulos (suspensión)

Las Pórticos de ángulo en suspensión tendrán 3 postes arriostrados con riostras adicionales de refuerzo y puntales de retenida para el caso de ángulos importantes. Para ángulos de 1 a 10°, la grampa de suspensión vinculada a una cadena simple de aisladores estará suspendida de la cruceta. En cuanto a los ángulos de 10 a 30°, las grampas de suspensión estarán vinculadas vertical y horizontalmente por cadenas de aisladores que serán necesarias para restringir el movimiento del conductor en la estructura y de esta manera mantener los requerimientos de resistencia y espaciamentos eléctricos.

11.5.3.4 Pórticos de fin de línea (anclaje)

Estas Pórticos estarán compuestas de tres postes con riostras que resistan las cargas transversales y puntales de retenida que resistan las cargas de tracción del conductor. Para todas las Pórticos de ángulo, el arriostramiento deberá ser capaz de resistir las cargas transversales y los puntales de retenida resistir las tracciones debidas al conductor.

11.5.3.5 Pórticos de gran vano y arrancamiento

Estos pórticos tendrán 2 postes en forma de «H», contarán con aisladores en anclaje y crucetas de mayor longitud. Si bien esta estructura cuenta con aisladores en anclaje no ha sido concebida para ser empleada como estructura de fin de línea ni tampoco como estructura de anclaje. La cruceta más grande soportará un mayor vano-peso, la cadena de aisladores permitirá contar con una estructura de costo relativamente modesto para las Pórticos de arrancamiento y la altura adicional existente en vista de la eliminación de las cadenas de aisladores de suspensión, permitirá el uso de vanos más grandes que lo usual.

11.5.3.6 Pórticos De transposición

Estas Pórticos contarán con dos postes en forma de «H» arriostrados y dos juegos de crucetas, uno arriba del otro de manera que faciliten la transposición.

11.5.3.7 Familia y tipos de pórticos

En la familia y tipos de pórticos se van a utilizar crucetas dobles y simples en las estructuras, para soportar adecuadamente las cargas verticales y longitudinales provocadas por el peso y tiro horizontal de los conductores. Las crucetas son el tipo de madera laminada de sección recta de 5 1/8"x 13½", 5 1/8 x 15" y 13½"x 9" respectivamente.

Las riostras "X" a utilizarse son de las siguientes dimensiones 4½"x 6¾" y 4½"x 8¾".

De acuerdo al trazo de la ruta se han previsto los siguientes tipos de pórticos de madera:

| TIPOS DE PÓRTICOS PARA LA LÍNEA L- 207 | | | |
|--|--------------------------------------|----------------------|---------------------|
| Nombre (Tipo) | Descripción Utilización | Suspensión o Anclaje | Angulo de deflexión |
| MA | 2 Postes – Alineamiento | Suspensión | 0° – 1° |
| MB | 3 Postes –Angulo pequeño | Suspensión | 1° – 10° |
| MC | 3 Postes – Angulo mediano | Suspensión | 10° – 20° |
| MD | 3 Postes – Angulo grande | Suspensión | 20° – 30° |
| MG | 3 Postes – Fin de línea | Anclaje | Línea 0°– 1°, |
| | | | Flojo 0° – 45° |
| MH | 3 Postes – Anclaje | Anclaje | 0° – 1° |
| MJ | 3 Postes – Anclaje | Anclaje | 1° – 20° |
| MK | 3 Postes – Anclaje | Anclaje | 20° – 90° |
| MT | 2 Postes – Transposición | Suspensión | 0° – 1° |
| MU | 2 Postes - Gran vano y arrancamiento | Anclaje | 0° – 1° |

Fuente: ETECEN, Estudio y Evaluación de las Líneas de Transmisión Costera, 1999.

Los tipos de pórticos a ser utilizados se muestran en los planos de detalle correspondientes ver Anexos sobre estructuras típicas de madera (10 Planos de los Pórticos de Madera).

Accesorios de la estructura de los pórticos de madera

- Espaciador metálico de las crucetas
- Perno doble armado con 2 arandelas planas, 2 tuercas y 2 contratuercas
- Accesorios de sujeción de las riostras "X"
- Separador de riostras de madera
- Pernos con tuerca y contratuerca
- Placas de peligro, de numeración y secuencia de fases

Accesorios de los puntales de los pórticos de madera

- Poste e madera tratada tipo Douglas Fir o Southern Yellow Pine
- Separador - Placa de fijación de puntal de 76 x 19 x 279 mm
- Placa de fijación de puntal a 45° de 246 x 12,7 x 895 mm
- Placa de fijación de puntal a 35° de 218 x 12,7 x 917 mm
- Perno de 1" de diámetro de acero tipo ASTM A36, A307

11.5.3.8 Cimentaciones para pórticos con poste de madera largo en la línea L-207

Las cimentaciones para pórticos con postes de madera pueden ser:

- Cimentaciones de postes de madera

En la cimentación los postes serán empotrados un 10% de su largo más 0.60 m. Los puntales de retenida serán enterrados una longitud no menor que el 10% de su longitud o 1.5 m.

Para pórticos en «H» y en suelos de poca resistencia, además de las zapatas de concreto para resistir las cargas verticales los esfuerzos laterales serán absorbidos empotrando el poste a un pilar de concreto. Debido al peso de la estructura, la carga neta de arrancamiento es mínima, por lo tanto no es necesario absorber dicha carga. En cuanto a los pórticos de ángulo y fin de línea tendrán refuerzos con zapatas de concreto y placas de carga de madera empernadas a los postes se utilizarán en la medida que sean necesarias, dependiendo de la clase de suelo y de las cargas impuestas a cada poste y puntal.

- Cimentaciones para pórticos de arrancamiento

Teniendo en cuenta que el diseño de los pórticos con postes de madera no cuenta con cables de retenida, los postes exteriores de los pórticos de ángulo están sometidos a esfuerzos de arrancamiento. Para esta situación especial se han diseñado cimentaciones especiales compuestas de trozos de madera empernados en la parte inferior del poste y perpendicularmente a los mismos, de manera tal que sean capaces de movilizar una cierta masa de suelo y ofrecer de esta manera una suficiente resistencia al arrancamiento.

- Zapatas de los postes

A lo largo de la ruta de las líneas existen suelos con insuficiente capacidad portante, en su mayoría son arenas sueltas, deleznable y arcillas blandas. Estos tipos de suelos requieren zapatas de concreto para distribuir las cargas. Dichas zapatas son también requeridas para los puntales de retenida de los pórticos de ángulo y de fin de línea.

- Cimentaciones de puntales

Los puntales serán empotrados una longitud no menor que el 10% de su largo o 1.5 m. Al igual que los postes de alineamiento y en suelos de poca resistencia, la utilización de zapatas de concreto para resistir las cargas verticales es lo más recomendado.

- Cimentaciones especiales para zonas inundables

La línea L-207 y la L-215/C atraviesan zonas inundables. En algunos sectores de estas zonas se observan daños severos debidos a la erosión causada por el escurrimiento del agua. Para dichas áreas fue diseñada una cimentación especial de protección que será utilizada en los lugares indicados en las especificaciones para la construcción.

Se han definido cuatro tipos de protección estándar. La primera se refiere a una protección ligera de empedrado sobre la superficie alrededor del pórtico llamada Tipo P-1. La segunda, Tipo P-2, formada de un muro de concreto armado de 0.5 m a 1 m de altura y la Tipo P-3 formada de un muro de concreto armado de 1 m a 2 m. Las Tipo P-2 y P-3 deberán ser rellenadas con una capa de piedra o empedrado y se reforzará la cimentación correspondiente con un collar de concreto, además de profundizar en 0.60 m la cimentación. Finalmente la estructura de protección Tipo P-4 está formada por un muro de sostenimiento de 1.50 m de altura y será ubicada en terrenos con pendientes.

11.5.3.9 Crucetas, riostras y separadores de riostras

Las crucetas y riostras vienen a ser los elementos accesorios e integrados en la parte superior del poste largo de madera, que va a soportar físicamente a la línea de transmisión, incluye la ferretería eléctrica, esta será tratada con **Pentaclorofenol** suponiendo la inspección previa de control de calidad, Según R.E.A. 1728H-702

Para las riostras y crucetas se utilizarán el material de la especie Douglas Fir Coast para separador de riostras se utilizara el material Douglas Fir Coast , Western Larch, Sauther Yellow Pine, madera rígidamente controlada, sin rajaduras, zonas en descomposición o agujeros causados por insectos, superiores a 2.4 mm , y nudos con un diámetro máximo 38 mm. No más de uno por pieza y que no estén sueltos. Ahora

respecto a la humedad en la madera esta podrá ser del 12% de humedad o inferior a esta.

- Las dimensiones para las crucetas serán:
 - Ancho neto 130 mm.
 - Espesor neto 38 mm.

- Las dimensiones para las riostras serán:
 - Ancho neto 222 mm.
 - Espesor neto 38 mm.

La identificación con letras y figuras de una altura no menor de 25 mm. Con marcas permanentes (marcas al fuego) con una profundidad de 1.6 mm. lo que indicaría:

- Nombre Del Fabricante o Designación De La Laminación
- Número De La Planilla De Materiales
- Iniciales De La Especie
- Año De Fabricación
- Tipo De Tratamiento

Estas marcas serán ubicadas en las caras más anchas de la madera, y a partir de una distancia aproximada de 1.2m. del extremo.

En relación con los agujeros todos estos serán taladrados después del tratamiento, cuidando que no sea dañada la cara opuesta, así mismo serán taladradas perpendicularmente a la superficie de la madera y con una excentricidad no mayor de 3.2 mm respecto al eje, donde todos los agujeros deberán tener un diámetro de 20.6 mm a lo más.

Para las formas de las riostras y crucetas serán redondeadas con un radio no menor de 3.2 mm y no mayor de 9.5 mm.

Respectos a los nudos, estos se aceptarán los que tengan los sonidos firmes compactos y con una buena separación, los nudos en punta flojos o faltantes (huecos) no serán aceptados en las crucetas.

Los nudos en punta flojos o faltantes (huecos) serán aceptados en las riostras.

11.6 Cargas de diseño de las estructuras y del conductor

Con respecto a las cargas en las líneas, se está considerando las siguientes:

- Cargas de viento y presiones, referidos a la estructura de madera.
- Cargas de rotura del conductor.
- Casos de carga, referidos a los pórticos y su combinación con conductores.

11.6.1 Cargas de viento y presiones

Las estructuras están diseñadas para ser ubicadas en áreas de extrema corrosión atmosférica y estarán sometidas a los vientos costeros y localizadas en zonas de baja altitud. Las estructuras podrían ser usadas en áreas montañosas con mayores altitudes, donde se presentan cargas de hielo y hielo / viento (granizo), pero para ser efectivo esto, el diseño del vano peso, vano viento y las tensiones de los conductores deberían ser ajustadas en consecuencia.

Las líneas de transmisión que son afectadas por los vientos, se extienden a lo largo de las regiones costeras de Perú, donde la velocidad de diseño máxima del viento está en un rango que va desde 70 a 90 km/h. De esta forma, las estructuras deberán ser diseñadas para resistir un viento constante de 90 km/h, que sopla de igual manera en todos los componentes de la línea de transmisión.

Las presiones resultantes son 39.1 kg/m^2 aplicadas a las secciones redondas, tales como conductores, aisladores y postes y 64.6 kg/m^2 aplicadas a las secciones planas, tales como crucetas y riostras.

11.6.2 Cargas de rotura del conductor

Generalmente, las estructuras con postes de madera no están diseñadas para cargas de rotura del conductor. Esto se debe principalmente al hecho que sería muy costoso el diseño para tales cargas. La principal razón para diseñar líneas para cargas de rotura del conductor es asegurar que la fuerza longitudinal sea suficiente y evitar las roturas por efecto cascada (generalmente definidas como fallas que involucran más de 4 - 5 estructuras).

En el caso de líneas con postes de madera, la experiencia operacional ha demostrado, a través del tiempo, que si un conductor de fase se rompe, la flexibilidad

de los postes de madera relajará la carga longitudinal, lo suficiente como para evitar fallas del tipo cascada.

Solo para los casos de postes tubulares de acero para la línea L-213 serán diseñados para una carga de rotura del conductor de 50% de la tensión diaria (EDS). Considerando la flexibilidad de los postes de acero y crucetas, la carga estática residual se considera suficiente como para contener el efecto de cascada.

11.6.3 Casos de carga

Los Pórticos de suspensión, de alineamiento y de ángulos son diseñados para soportar el peso vertical de los conductores y aisladores, combinado con la carga de diseño de viento transversal y las componentes transversales de los esfuerzos del conductor. Debido a que los pórticos de suspensión de postes de madera son flexibles, y en conformidad con la práctica de diseño estándar, los pórticos de suspensión de madera no están diseñados para resistir cargas por rotura del conductor.

Las estructuras de suspensión de acero, serán diseñadas para resistir una carga por rotura de conductor, que se presente en cualquier fase por circuito.

Las estructuras de fin de línea serán diseñadas para soportar todo el esfuerzo de un conductor en un lado de las estructuras, combinada con una tensión floja, o cero en el otro lado de la estructura, en combinación con las cargas de diseño de viento haciendo efecto en una dirección transversal. Como los pórticos de madera están diseñados para ser instaladas perpendicularmente a la línea de transmisión, con cualquier ángulo aplicado en el lado del vano flojo de la estructura, las componentes transversales de los esfuerzos del conductor son mínimas.

Las estructuras de fin de línea de madera y acero serán diseñadas para llevar el conductor hacia la estructura y también como una estructura terminal en cualquier dirección, todo esto, combinado con la carga de diseño del viento haciendo efecto en una dirección transversal, más las componentes transversales de los esfuerzos del conductor, finalmente los pórticos de alineamiento de gran vano, y de arrancamiento serán especialmente diseñadas para aquellas ubicaciones donde su uso puede evitar pórticos adicionales o pórticos con tres postes que son significativamente más costosas. A pesar que se utilizan cadenas en anclaje, ésta no es una estructura terminal y la flecha de los conductores será calculada como si esta estructura fuese una estructura en suspensión, de manera que las condiciones de esfuerzos desequilibrados no se presenten.

11.7 Factores de seguridad

Habiendo hecho un breve análisis de cargas en los diferentes componentes esto nos conduce a establecer los factores de seguridad de estos en la línea por este motivo lo analizamos en el cuadro a continuación

11.7.1 Factores de seguridad de los componentes de la línea de transmisión

Los siguientes factores de seguridad se aplicarán en conjunto con las cargas de diseño de viento máximas:

| FACTOR DE SEGURIDAD DE LOS COMPONENTES DE LOS POSTES | |
|--|--------|
| Componente | Factor |
| Poste de madera, crucetas, riostras | 2.0 |
| Flexión del poste de madera | 4.0 |
| Postes de acero | 1.25 |
| Conductor | 2.5 |
| Aislador | |
| - anclaje | 2.0 |
| - suspensión de alineamiento (0°-1°) | 5.0 |
| Ferretería | 2.0 |

Fuente: ETECEN, Estudio y Evaluación de las Líneas de Transmisión Costera, 1999.

11.7.2 Factores de seguridad según nivel de esfuerzo de la estructura de madera

Los factores de seguridad serán relacionados a los siguientes niveles de esfuerzo:

| FACTOR DE SEGURIDAD SEGÚN NIVEL DE ESFUERZO | |
|---|---------------------------------|
| Componente | Esfuerzo Mpa (psi) |
| Postes de madera Douglas Fir o Southern Yellow Pine | 55.2 (8 000) |
| Crucetas y riostras Solid Timber Douglas Fir | 37.9 (5 500) |
| Crucetas y riostras Laminated Douglas Fir | 55.2 (8 000) |
| Postes de acero | Tensión nominal dada |
| Conductor | Resistencia nominal de tracción |
| Aisladores | Resistencia M & E nominal |
| Ferretería | Resistencia nominal de rotura |

Fuente: ETECEN, Estudio y Evaluación de las Líneas de Transmisión Costera, 1999.

psi = pound square inch

Mpa = Mega pascal

Agregando al cuadro superior, la deflexión en voladizo de las crucetas de madera deberá limitarse al 1% del largo del mismo, bajo condiciones diarias. Este criterio limitará a niveles aceptables la flexión a largo plazo de las crucetas.

11.7.3 Factores de seguridad de los tipos de cimentaciones

Los valores de capacidad portante del suelo están basados en lo más crítico, entre la ruptura del suelo, o un asentamiento de 25 mm o inferior, y típicamente incluye factores de seguridad de 3 ó 4. Para las líneas de transmisión estos valores están relacionados a las cargas diarias de larga duración, soportadas por las cimentaciones. Los valores admisibles de capacidad portante en el suelo según las cargas de diseño máximas de corto período es una función del tipo de suelo y como éste reacciona bajo carga, variará con el tipo de suelo en que se encuentre.

Los siguientes factores de seguridad serán aplicados en el diseño de las cimentaciones:

| FACTOR DE SEGURIDAD EN LAS CIMENTACIONES | |
|---|---------------------------|
| Condición de carga | Coefficiente de seguridad |
| Condición diaria (sin viento) a 20° C | 3.0 |
| Condición de diseño máximo (viento de 90km/h) a 10°C: | |
| Suelo, Clase A | 1.75 |
| Suelo, Clase B | 1.5 |
| Suelo, Clase C | 1.25 |
| Suelo, Clase D | 1.25 |
| Roca | 1.25 |

Fuente: ETECEN, Estudio y Evaluación de las Líneas de Transmisión Costera, 1999.

En muchos casos, la condición diaria, prevalecerá para las estructuras ubicadas en ángulos y terminales y la condición de diseño máximo prevalecerá para las estructuras de alineamiento.

11.8 Aisladores de la línea de transmisión

11.8.1 Introducción

En las líneas existentes están todas equipadas, ya sea con aisladores de vidrio o de porcelana del tipo antifog en cantidades que varían desde 17 hasta 21 unidades por cadenas (220 kV.). Algunas cadenas de aisladores del tipo polimérico ya han sido instaladas recientemente para ganar experiencia operacional con este tipo de aislador.

Los niveles actuales de aislamiento son considerados aún inadecuados, desde el punto de vista operacional, debido que es necesario limpiarlos a intervalos de hasta cuatro veces por año.

Por esta razón en las «zonas críticas», coinciden también con las áreas de alta contaminación, por lo que se propone, para los nuevos tramos de línea, mejorar y reforzar los niveles de aislamiento existentes, en la rehabilitación de la línea.

Cabe señalar, que en el diseño final de las cadenas de aisladores, se necesitó también mantener la compatibilidad con los tramos de línea existente en las torres de acero. Esto permitirá en el futuro usar las mismas cadenas de aisladores en las torres de acero, en los pórticos de madera y en los postes tubulares de acero.

Se ha considerado:

- Aisladores de vidrio templado o de porcelana con adaptador ojo-bola y anillo de Zinc.
- Aisladores poliméricos (caucho de silicona), con adaptador ojo-bola y acoples.

11.8.2 Aisladores de porcelana o vidrio

Los aisladores de vidrio o de porcelana serán instalados en las líneas L-207.

El número de aisladores por cadena de aisladores de suspensión serán seleccionados, basándose en una longitud de la línea de fuga del aislador de no menos de 50 mm/kV fase a fase o de una línea de fuga total de 11 000 mm.

Cada unidad será especificada para tener una línea de fuga de no menos de 555 mm y una altura de 146 mm. Resultará una cadena de aisladores de suspensión de 21 unidades con una línea de fuga total de 11 655 mm y un aislador de 3 066 mm de largo, el cual se extiende 3 300 mm de largo en total cuando se incluya la ferretería asociada.

El bastón del aislador será suministrado con anillos de zinc. La resistencia mecánica-eléctrica mínima no debe ser menor a 67 kN (15,000 lbs) para cadenas en suspensión y 111 kN (25,000 lbs) para cadenas en anclaje. Dado los requerimientos en cuanto a la línea de fuga, resultarán aisladores con una resistencia mínima de 120 kN. Para cadenas en anclaje, la cantidad de aisladores será de dos más que para la cadena en suspensión (23 aisladores).

Los aisladores serán de cabezal, vástago con anillo de Zinc las clavijas deberán ser de acero inoxidable y no se aceptaran los "W-clips" y las características son:

| CARACTERÍSTICAS DE LOS AISLADORES DE PORCELANA O VIDRIO | |
|---|---|
| DESCRIPCIÓN | CARACTERÍSTICA |
| Material aislante | Vidrio templado (Toughened glass) o porcelana (Wet Process porcelain) |
| Carga Mecánica | 120 kN |
| Paso | 146 mm |
| Diámetro | 320 mm aproximadamente |
| Línea de Fuga | 555 mm mínimo |
| Forma de la campana | Tipo fog con 2 o más costillas profundas, más profundas que de los aisladores convencionales. |
| Dimensiones de accesorios de metal | Bola y adaptador ojo – bola 16 ^a (IEC 120) |
| Voltaje del arco de descarga atmosférica crítica (Critical lightning impulse flashover voltage) | - Positivo = 125kV (ANSI) - Negativo = 130kV (ANSI) |
| Voltaje del arco eléctrico de la frecuencia de potencia (Power frequency flashover voltage) | - Seca = 80kV rms (ANSI) - Húmeda = 45 kV rms (ANSI) |
| Potencia de la frecuencia del voltaje de perforación (Power frequency puncture voltage) | 110 kV |
| Voltaje de radio interferencia máximo (Ratio interference voltage maximum RIV test voltage) | - 1Mhz = 50µV ms (mean square) - 60Hz = 10µV ms (mean square) |

Fuente: ETECEN, Estudio y Evaluación de las Líneas de Transmisión Costera, 1999.

*Mean square = media cuadrática

11.8.3 Aisladores poliméricos

La línea de fuga mínima especificada será de 11 000 mm y el largo máximo de la unidad será especificado para no exceder los 3 075 mm, con lo cual resultará de un largo total de la cadena, incluyendo la ferretería de 3 300 mm.

En el caso de considerar los aisladores poliméricos, se tendrá en cuenta lo siguiente:

| CARACTERÍSTICAS DE LOS AISLADORES POLIMERICOS | |
|---|---|
| DESCRIPCIÓN | CARACTERÍSTICA |
| Material aislante | Caucho Silicónico Polimérico |
| Carga Mecánica | No menos de 120 kN |
| Altura | No será mayor a 3200 mm |
| Línea de Fuga | No menos de 11300 mm |
| Dimensiones de accesorios de metal | No menores que 16A (IEC 120) |
| Voltaje del arco de descarga atmosférica crítica (Critical lightning impulse flashover voltage) | - Positivo = 1700kV - Negativo = 1730 kV |
| Voltaje del arco eléctrico de la frecuencia de potencia (Power frequency flashover voltage) | - Seca = 990kV rms (ANSI) - Húmeda = 910 kV rms (ANSI) |
| Raquetas | Una raqueta en el extremo energizado del aislador |

Fuente: ETECEN, Estudio y Evaluación de las Líneas de Transmisión Costera, 1999.

El material aislante será goma o polimérico silicónico. Este presenta la propiedad hidrófuga (no acepta el agua), propicio para ambientes salinos donde el material aislante deberá cubrir completamente las varillas de fibra de vidrio de modo que no estén expuestas a los rayos ultravioletas UV, a la humedad ni a ningún otro material o agente contaminante que pueda afectar sus propiedades, esto viene a ser una de sus desventajas con respecto al porcelana o vidrio.

Problemas de los aisladores debido a la contaminación

El conjunto de enunciados que a continuación se presentan viene a ser el resultado debido a la contaminación ya explicada en el aislador.

Chisporroteo (Sparkhover)

Descargas disruptivas no sostenida en dieléctricos (líquidos o gaseosos)

Contorneo De arriba hacia abajo (Flashover) o Contorneo de abajo hacia arriba (Backflashover) ambos conocido como flameo

Descarga disruptiva por arco sobre la superficie de un dieléctrico en medio gaseoso o líquido, puede ser en un aislador.

Perforación

Es cuando se produce una descarga disruptiva directa a través de un dieléctrico sólido que se encuentra a su vez en un medio líquido o gaseoso ocasionando una

perforación real con la pérdida permanente de su rigidez dieléctrica. En los dieléctricos las pérdidas de rigidez es temporal y se les denomina autocicatrizante.

Descarga disruptiva

Es cuando falla el aislamiento sometido a un esfuerzo eléctrico en el cual una descarga puentea completamente el aislamiento. Bajo prueba reduciendo instantáneamente la tensión entre electrodos a cero o un valor muy próximo a cero.

Descarga parciales

Es cuando las descargas no puentean completamente el aislamiento entre electrodos lo cual solo influye en la vida útil del dieléctrico por lo que esta íntimamente ligado a los procesos de ionización y avalancha de electrones.

11.8.4 Los amortiguadores de vibración para la línea L-207

Introducción

Los amortiguadores de vibración empleados en la línea son del tipo stockbridge y viene a ser dispositivos conformados por dos contrapesos unidos por un cable y una grampa empemada para ser fijadas al conductor, en la actualidad el amortiguador esta certificado con el control de calidad ISO 9000 o su equivalente, este coincide con el criterio de cálida del ISO 2859-parte1 y de ISO 3951.

Requerimiento de diseño de los amortiguadores

Los amortiguadores deberán cumplir lo siguientes requerimientos:

- Que puedan satisfacer o superar los requisitos establecidos en los criterios de aprobación.
- Que resistan las cargas mecánicas impuestas durante el proceso de instalación, mantenimiento y servicio.
- Que evite que se produzca averías en los conductores en determinadas condiciones de servicio.
- Que estos puedan ser sacados e instalados nuevamente sin que ello no ocasione daño al conductor.
- Que no sean sometidos a niveles inaceptables de efecto corona y de interferencia de radio, en ninguna condición de servicio.

- Que sean adecuados para la seguridad ofrecida en su instalación, pues el diseño de la grampa deberá mantener junto a todos los elementos cuando se lo deba instalar en el conductor.
- Que se tenga la seguridad que los componentes individuales no se aflojen mientras este funcionando.
- Que su función no se altere dentro del rango de temperatura.
- Que se eviten ruidos audibles.

Condiciones del diseño de los amortiguadores

Los amortiguadores se diseñaran de acuerdo al conductor a emplear, teniendo que este es un conductor de aleación de aluminio con hebras trapezoidales ACAR soportado por grampa de suspensión tipo corona free y preformados, de donde:

| | |
|-------------------------------------|-----------------------|
| Diámetro del conductor | : Máximo de 26.5 mm |
| Masa del conductor | : 1.378 kg/m |
| Area del conductor | : 500 mm ² |
| Limite de elasticidad nominal (RTS) | : 10080 Kg |

Se tendrá que indicar a los proveedores los parámetros de la línea para adecuar el diseño específico del amortiguador, indicando que es una línea de transmisión de 220 kV. Ubicada en la costa con alta niebla salina y humedad que corre de Norte a Sur, donde el terreno es por lo general plano y descubierta, intercalado con breves pasajes de suelo montañoso, existiendo escasa o nula vegetación. Las temperaturas varían entre 0 °C y 45 °C, y vientos cruzados que se originan diariamente con registros de velocidad alcanzando los 1.0 a 10 m/s y superiores, mientras que el rango de vanos varían entre los 200 y 500 m., y los vanos medios son de 250 a 350 m.

Por estos motivos se ha tableado las tensiones en porcentaje del limite de elasticidad nominal (RST) para los distintos vanos típicos.

| TENSIONES DEL CONDUCTOR ACAR PARA LA LÍNEA L-207 | | | | | | |
|--|---|-------|-------|-----------|-------|-------|
| Vano (m) | Tensiones del conductor sin carga en % de RTS | | | | | |
| | Finales | | | Iniciales | | |
| | 0 °C | 20 °C | 55 °C | 0 °C | 20 °C | 55 °C |
| 250 | 20.7 | 18.0 | 14.9 | 25.3 | 21.5 | 16.9 |
| 300 | 19.8 | 18.0 | 15.6 | 22.9 | 20.4 | 17.3 |
| 350 | 19.4 | 18.0 | 16.1 | 21.5 | 19.8 | 17.4 |

Fuente: ETECEN, Estudio y Evaluación de las Líneas de Transmisión Costera, 1999.

*Nota: RTS = Límite de elasticidad nominal

Protección contra la corrosión del amortiguador tipo Stockbridge

Cuando los amortiguadores estén en un ambiente sumamente cálido, con presencia de niebla salina y acumulación a nivel de punto de rocío matinal diario donde el lavado natural de los contaminantes es prácticamente nulo debido a la escasez o inexistencia de precipitaciones pluviales, este antecedente va a ha predeterminar el tipo de material requerido para el amortiguador.

Del cable entre contrapesos del amortiguador

Debe considerarse de modo especial que el cable entre los contrapesos deberá ser de acero inoxidable cuyo rendimiento sea comparable al cable de acero galvanizado tradicional, y no se deberá colocar cables entre contrapesos de acero galvanizado. Debido a lo indicado en los parámetros atmosféricos.

De las grampas de unión de los amortiguadores

Respecto a las grampas estas serán preferentemente de aluminio o de aleación de aluminio, por ninguna razón podrán ser galvanicamente incompatible con el conductor y con los demás componentes de este. No se admitirán grampas de acero galvanizado, por el mismo motivo que se expresa en el anterior párrafo.

De los pernos, tuercas y arandelas del amortiguador

De la misma manera sucederá con los pernos, tuercas y arandelas, que serán de acero inoxidable o bronce.

Control de inspección de los amortiguadores de la línea

Esta inspección nos va a asegurar la vida útil así como la eficiencia del amortiguador al proteger la línea de la vibración parásita. Por este motivo deberá respetarse lo especificado por el fabricante y por los planos de ejecución. Esta inspección consistirá en ver la conformidad del proceso de fabricación, forma, revestimiento y acabado de la superficie del amortiguador. Se pondrá especial atención en las terminaciones de la superficie que están en contacto con el conductor. Debido a que no exista la incompatibilidad galvanica.

Verificación de las medidas del amortiguador en la línea

Todas estas exigencias se deberán verificar observando las dimensiones, los materiales y las masas de los amortiguadores para asegurarse que se respeten las tolerancias y especificaciones indicadas en los planos.

Ensayo de deslizamiento de la grampa del amortiguador

Se recomienda hacer el ensayo de deslizamiento de grampa para evitar que en el futuro suceda por la propia vibración del amortiguador, Esta consiste usando un conductor sin signo alguno de avería o deterioro y su longitud mínima será de 2 m. este será sometido a una tensión hasta un 18% de su límite de elasticidad nominal, evitando el birdcaging (expansión o pandeo de las hebras), del conductor. Luego las grampas serán instaladas en diferentes partes del conductor durante el ensayo, esto va de acuerdo a las instrucciones del proveedor, después mediante un dispositivo se aplicara una carga a la grampa coaxial (mismo eje) del conductor. Posteriormente se aumentara la carga gradualmente hasta alcanzar la carga mínima de deslizamiento establecida al 20% del límite de elasticidad nominal del conductor (RTS, 10080 kg.). Esta carga deberá permanecer invariable durante 60 seg. Seguidamente se aumentara la carga paulatinamente sin sobrepasar los 100 N/s, hasta que se produzca el deslizamiento de la grampa. Dicha carga deberá ser registrada. Cuando se registre un deslizamiento de la grampa de 1 mm se asumirá que la grampa ha deslizado.

No deberá producir ningún deslizamiento para cargas hasta la mínima establecida. Si el deslizamiento ocurriese para cargas inferiores a la mínima, el 20% del límite de elasticidad nominal, las grampas deberán ser rediseñadas y se tendrán que efectuar un mínimo de 3 ensayos adicionales de deslizamiento.

Fijación de los contrapesos y grampas al cable de unión de los amortiguadores

En un amortiguador ya montado se le deberá aplicar una carga de tracción entre los contrapesos coaxiales, luego se aumentara gradualmente la carga hasta que esta alcance el valor mínimo de deslizamiento definido como el mayor de los valores entre el garantizado por el fabricante o 10 KN esta carga se conservara durante 60 seg. La distancia entre ambos contrapesos no deberá ser mayor que 2 mm y el desplazamiento será no mayor de 1 mm entre el cable de unión y la grampa.

Ahora en lo que se refiere a los pesos de la carga, la carga será incrementada lentamente como máximo 100 N/s, hasta que uno de los pesos se desprenda del cable de unión. La carga máxima que es obtenida durante este proceso deberá ser

registrada para fines de información cuando el cable de unión deslice respecto a los contrapesos.

En cuanto a las grampas la carga deberá ser aumentada lentamente, como máximo 100 N/s, hasta que se produzca un deslizamiento de 1 mm. La carga máxima que se obtiene durante este proceso deberá ser registrada para fines de información cuando el cable de unión deslice respecto a los contrapesos.

Ensayo de las características de los amortiguadores

El amortiguador deberá ser fijado mediante su grampa al vibrador controlado por un equipo oscilador, cuya señal de rendimiento varían en frecuencia y amplitud. Se abarcará una amplitud de frecuencia entre $0.18/d$ y 1.4 en el cual el "d" viene a ser el diámetro del conductor expresado en m. Podrá usarse cualquier barrido automático que no exceda los 0.2 decade/min. En caso de los barridos logarítmicos y los 0.5Hz/seg., en caso de los barridos lineales. Alternativamente podrá abarcarse el margen de frecuencia paso a paso (con intervalos de máximo paso 0.5Hz inferior a los 10 Hz., 1Hz entre 10 y 100Hz y 2 Hz. mayor que 100 Hz.), con resultados estables que serán verificados en cada frecuencia. Deberá mantenerse constante de la grampa a 0.1 m./seg. (single peak o pico simple), los resultados de la prueba deberán generar gráficos de:

- Módulo de la impedancia del amortiguador (relación entre el módulo de fuerza y el módulo de velocidad en la grampa del amortiguador) Z_v .
- Angulo de fase entre la fuerza y la señal de velocidad en la grampa del amortiguador ϕ_v .
- Potencia del amortiguador P_v . Vs. Frecuencia.

Se registrarán las frecuencias F_i (en Hz.) y los valores de potencia P_i (en milivatios) correspondiente a la resonancias del amortiguador del ultimo grafico. Como simplificación se utiliza:

f_i = frecuencia resonante i-esima

P_i = potencia disipada por el amortiguador en f_i

Durante los ensayos se determinaran los siguientes valores tomando en cuenta los resultados de los amortiguadores ensayados:

$f_{i \text{ mín.}}$ = el menor valor f_i obtenido en el ensayo

$f_{i \text{ máx.}}$ = el mayor valor f_i obtenido en el ensayo

$P_{i \text{ mín.}}$ = el menor valor P_i obtenido en el ensayo

En todas las frecuencias resonantes del amortiguador

En los ensayos las frecuencias resonantes f_i y los valores correspondiente P_i serán determinados y comparados con los valores $f_{i \text{ mín.}}$, $f_{i \text{ máx.}}$ y $P_{i \text{ mín.}}$ obtenidos en los ensayos de las características de los amortiguadores (ver lo anterior).

Los amortiguadores serán aceptados si en cada uno se aplica los siguientes rangos:

$$(0.9 f_{i \text{ mín.}}) < f_i < (1.1 f_{i \text{ máx.}})$$

$$P_i > (0.8 P_{i \text{ mín.}})$$

En todas las frecuencias resonantes el procedimiento detallado para instrumentación y control de los ensayos deberá ser desarrollado conforme a lo indicado en la IEEE, cláusula 4 observando los siguientes límites:

- Una tolerancia de $\pm 2\%$ en el control de la fuerza de velocidad y el coseno de fase del ángulo.
- La calibración de los aparatos de las pruebas deberá realizarse con una masa fija conocida.
- Las señales de velocidad y la fuerza deberá ser filtrada para excluir las armónicas.
- Habrá una medición perfectamente sincronizada de la fuerza y de la velocidad.

Evaluación de la efectividad de los amortiguadores

Podrá determinarse la efectividad de los amortiguadores mediante cualquiera de los siguientes procedimientos:

- Ensayo de laboratorio.
- Ensayo de campo.
- Método analítico.

A) Ensayo de laboratorio del amortiguador

La prueba deberá ser efectuada en un conductor tensionado con un 18% de límite de elasticidad nominal. La mínima distancia libre del tramo será de 30m.

Se instalara una grampa que servirá de soporte rígido (no tensionada), del conductor en ambos extremos del vano. El amortiguador y el vibrador deberán ser ubicados entre ambas grampas. El vibrador debela ser instalado de manera que su punto de

conexión con el conductor este ubicado en el primer loop o lazo cuando se apliquen todas las frecuencias. No se instalarán preformados en el conductor. El o los amortiguadores deberán ser instalados atendiendo las recomendaciones del fabricante. El conductor sometido a esfuerzos de flexión deberá ser monitoreado, próximo a la grampa, en el extremo del vano con el o los amortiguadores y en ambos lados de la grampa de cada amortiguador. Se fijarán 2 aparatos de medida al conductor en cada una de las 3 posiciones o 5 si se tratase de 2 amortiguadores. Dichos aparatos se ubicarán en cada uno de los 2 conductores superiores y tan cerca como sea posible del último punto de contacto de la grampa con los conductores, aunque conservándose una distancia menor de 5 mm.

El ensayo del vano deberá ser vibrado para lograrse un movimiento constante del conductor en las frecuencias cuyas resonancias se produce en un margen de $0.18-d$ a $1.4-d$ en el que d es el diámetro del conductor expresado en metros. Menos de 20 resonancia del tramo serán sometidas a prueba, espaciándose las mismas razonablemente y considerando el margen de frecuencia ya señalado.

Esto se encuentra en el documento de la IEEE 664 donde se proporciona las medidas de la disipación de potencia y el procedimiento establecido en el presente documento a los cuales habrá que ceñirse dentro de los siguientes límites:

- $\pm 5\%$ de tolerancia en el control de la tensión del conductor.
- $\pm 2\%$ de tolerancia en el control de la amplitud de la vibración.
- $\pm 0.1\%$ de la tolerancia en el control de la frecuencia de la vibración.
- Las terminaciones del vano deberán ser de una masa y diseño que produzcan una pérdida de potencia insignificante.

Se ajustará la excitación en cada frecuencia modulada (f_j), hasta que la mayor de las lecturas de tensión corresponda a 150 micro-tensión (pico único). En cada una de estas frecuencias de las pruebas se tendrá que registrar lo siguiente:

- Frecuencia f_j .
- Tensiones de flexión del conductor.
- Potencia de entrada P_j del vibrador derivada del producto de la fuerza de excitación y la velocidad del conductor en el punto de aplicación de la fuerza o de posición nodal de la onda y de las amplitudes antinodo según la IEEE Std 664.
- La amplitud del conductor Y_j en uno de los loops (cuello muerto) próximo al amortiguador.
- La amplitud del conductor anti-nudo pico-pico Y_j en uno de los loops cerca al amortiguador.

Los valores obtenidos de disipación de potencia serán corregidos añadiéndose la cantidad, equivalencia del conductor auto-amortiguante correspondiente a la diferencia en distancia, entre el servicio y el tramo sometido a prueba. El conductor auto amortiguante a utilizarse en las correcciones deberá ser medido según lo mencionado IEEE Std 563.

Los amortiguadores serán aprobados si durante las pruebas de frecuencias la potencia entrada P_j en las mismas supera la entrada de la fuerza del viento asumida $P_{w,j}$ la cual será calculada mediante la ecuación:

$$P_{w,j} = Lx d^4 x f_j^3 x F_n(y_j/d)$$

Donde:

L(m): Máxima distancia del vano del conductor (expresado en metros) para el amortiguador ensayado.

d(m): Diámetro del conductor.

f_j (Hz): Frecuencia.

Y_j (m): Amplitud, distancia del conductor antinudo pico-pico.

$F_n(y_j/d)$: función de entrada de la fuerza del viento.

B) Ensayo de campo del amortiguador

El ensayo de campo será efectuado considerándose por lo menos 2 vanos de diferentes distancias. Se acordara un periodo de duración de la prueba, las medidas que deberá registrarse (amplitud de flexión o tensión en la grampa de suspensión, velocidad y dirección del viento, turbulencia.), la instrumentación y los transductores que se utilizarán y la manera como se deberá procesar y presentar la información experimental.

Los amortiguadores deberán ser aprobados si la medida de la amplitud de deflexión, según la IEEE 31 TP 65-156 no supera los 10 mils (0.254 mm), o si las hebras, conforme a lo establecido en el CIGRE SC22WG04, no sobrepasa los 150 de micro tensión.

C) Método analítico

Se determinara la evaluación de la efectividad del amortiguador con la ayuda de programas de computadora basados en modelos matemáticos.

Se proporcionara suficiente evidencia de que el método analítico que se esta utilizando ha sido comparado y ratificados con los resultados del laboratorio y resultados de ensayos en campo.

La verificación analítica se va a llevar a cabo considerándose las distancias de los vanos de 250, 300, y 350 m. basándose en la información consignada, en las condiciones del diseño ya indicadas y que se resume de la siguiente manera:

- Tipo de conductor: ACAR.
- Diámetro máximo: 26.5 mm con una masa nominal de 1 378 kg/m. y un límite de elasticidad nominal (RTS) de 10 080 Kg.
- La tensión del conductor a 20 °C es de un 18% de la RTS.
- El terreno es usualmente llano y despejado.
- La velocidad del viento varia entre 1.0 a 10 m/seg. Por día y usualmente sopla, en ángulos derechos respecto a la dirección de la línea.

Los amortiguadores serán aprobados si el registro de medida de la amplitud de flexión, según la IEEE 31 TP 65-165 no supera los 10 mils (0.25 mm) o si las hebras según la CIGRE SC22 WG04 no sobrepasan las 150 micro tensiones.

Ensayos de fatiga del amortiguador

La prueba de la fatiga a aplicarse deberá ser el método Sweeping o barrido, el cual figura a continuación:

La grampa deberá quedar ajustada hasta hacer contacto con el conductor con el torque especificado.

Cada amortiguador previamente sometido a la prueba de las características del amortiguador será fijado a través de su grampa. A un vibrador controlado por un equipo oscilador y cuyo rendimiento varia en frecuencia y amplitud. Se abarcara una amplitud de frecuencia entre $0.18/d$ y 1.4 en el cual el "d" viene a ser el diámetro del conductor expresado en m. Podrá usarse cualquier barrido automático que no exceda los 0.2 decade/min. En caso de los barridos logarítmicos y los 0.5Hz/seg., en caso de los barridos lineales. La velocidad de la grampa deberá mantenerse en un valor constante de 0.1 m/s single peak o pico simple.

El amortiguador deberá ser llevado hasta los 100 millones (10^8) de ciclos. Los ensayos mencionados de las características de los amortiguadores y los de fijación de los contrapesos y grampas al cable de unión, deberán repetirse una vez que se haya concluido con el ensayo de fatiga, considerándose la aprobación del amortiguador si:

- En cada amortiguador por separado la frecuencia de resonancia corresponde antes y después del ensayo, varían un $\pm 20\%$.
- Los valores de la potencia de la amortiguación antes y después del ensayo con frecuencia de resonancia por separado, varían un $\pm 20\%$.
- La inspección de los amortiguadores rebela que todos los cables de unión están intactos.
- Los amortiguadores satisfacen los requisitos de la fijación de los contrapesos y grampas al cable de unión.
- El torque residual de la grampa registra 50% del valor inicial, es decir, la mitad del torque de instalación. El torque residual de ajuste (RTT) será medido mediante una llave dinamométrica o torquimetro. El valor RTT podrá leerse en ella cuando el perno comience a moverse.

Ubicación de los amortiguadores

El número y específicamente la ubicación de los amortiguadores de vibración tal como figura en los esquemas tendrá que ser verificada y revisada cuantas veces sea necesaria, con el propósito de que concuerde con la recomendación del fabricante.

Cualquiera sea la recomendación del fabricante, el número de amortiguadores de vibración por tramo no deberá ser menor a lo siguiente:

- Para vanos de 350 m. y menos:
Dos (2) amortiguadores, uno (1) en cada extremo del vano
- Para vanos mayores de 350 m:
Cuatro (4) amortiguadores, dos (2) en cada extremo del vano

Deberá aumentarse el número de amortiguadores por tramo si el fabricante así lo recomendase y la distancia del tramo que precise más de 4 amortiguadores puede ser reducida si el fabricante así lo sugiriese para no incrementarla.

Las distancias del tramo para los cuales el fabricante sugiere 6 amortiguadores en cada una de ellas deberán ser identificadas, instalándose la cantidad recomendada donde sea necesario.

11.9 Grampas de suspensión

Introducción

Las grampas de suspensión son aquellos dispositivos de sujeción del conductor con adaptadores ojo-bola que sostengan los conductores de la línea de transmisión.

Las grampas de suspensión deberán estar sometidas al control de calidad que se regirá por las normas correspondientes de ISO o su equivalente.

Las grampas de suspensión deberán ser de Aluminio y tener el tamaño suficiente para contener al conductor y el preformado. Deberá suministrarse la grampa junto con el adaptador ojo-bola compatible con los aisladores y la ferretería de los mismos, además la grampa de suspensión deberá poder pivotar libremente en un plano vertical paralelo al eje del conductor.

Características de las grampas

La grampa de suspensión deberá presentar las siguientes características de engrampado:

- El largo de engrampado en sentido horizontal será, como mínimo 5.5 veces el diámetro del conductor.
- La mordaza de la grampa deberá ser curva con un radio de mínimo 90 mm en una distancia suficiente que permita al conductor desviaciones tangenciales hasta 20°, en dirección vertical hasta 10° en dirección horizontal.
- El cuerpo de la grampa será liso y libre de irregularidades y rugosidades.
- Los radios de las ranuras deberán ser tales que el conductor y los preformados puedan ser sometidos firmemente sin deformaciones evitándose separaciones de las hebras del conductor.

Diseño de la grampa de suspensión, "corona free"

El cuerpo de la grampa será totalmente oval y dispondrá de todas las tuercas pernos arandelas, clavijas y otras piezas similares dentro de los límites del cuerpo de la grampa.

Todas las superficies deberán ser lisas, sin presentar marcas ni imperfecciones así como todos los bordes deberán ser ligeramente redondeados con un radio mínimo de 3 mm.

El adaptador ojo-bola puede presentar un ancho de seguridad o una lengüeta, que le permita unirse al cuerpo principal de la grampa. El elemento de unión, con la grampa será un perno con un radio mínimo de 16 mm (5/8"), asegurándolo con una tuerca y una clavija, todos estos dispuestos dentro de los límites del cuerpo de la grampa.

Todos los alojamientos para los pernos, tuercas y piezas similares deberán tener en menor tamaño posible, considerando que todas las tuercas y los pernos van a ser ajustados con llaves de boca.

No se admitirán ni se proveerán grampas con tuercas pernos, clavijas y piezas similares que sobrepasen la superficie exterior de las grampas.

Resistencia mecánica de la grampa de suspensión

La grampa y el adaptador de la rotula unida a ella tendrá una resistencia vertical en no menos de 70 KN.

La presión del engrampado será tal que impida el movimiento del conductor y del preformado cuando se aplique una tracción de 25 KN. Pero ella no impedirá que se origine el deslizamiento a través de la grampa antes que se produzca la rotura del conductor cuando este sea traccionado de un lado solamente.

Materiales de la grampa de suspensión

El cuerpo de la grampa será de aleación de Aluminio de alta resistencia. El adaptador de la rotula de seguridad deberá ser acero galvanizado satisfaciendo los requerimientos de la CSA C83.

Los pernos, tuercas, arandelas y otras piezas similares de unión deberán ser de acero galvanizado cumpliendo con los requerimientos de la ASTM A394 o ASTM A307.

La clavija que asegura los ganchos de seguridad deberá ser de acero inoxidable.

Galvanizado o Zincado de la grampa de suspensión

Todas las partes ferrosas deberán ser galvanizadas (Hot Dip), y ensayadas de acuerdo a la ASTM A153. El revestimiento de Zinc no deberá ser menor que 800 gr/m.² en todas las superficies excepto las roscas, donde el revestimiento de Zinc será por lo menos de 550 gr/m.²

Ensayos en la grampa de suspensión

Se ejecutaran los ensayos que se mencionan a continuación, en reemplazo de los ensayos se aceptarán certificados de conformidad:

- Ensayo de la resistencia vertical de la grampa de suspensión.
- Prueba de deslizamiento de la grampa de suspensión.
- Ensayo de corona de la grampa de suspensión.
- Espesor del galvanizado de la grampa de suspensión.

Ensayo de la resistencia vertical de la grampa de suspensión

Este ensayo consiste en suspender una grampa de suspensión con una rotula instalada de una bola con una resistencia registrada de 111 KN. (25 000 lb.) o más.

Engrampar en una grampa de suspensión una barra de acero cuyo diámetro sea el mismo que el diámetro total del conductor más el preformado ± 1.5 mm asegurando que todas las tuercas y pernos sean ajustados con las torques recomendados por el fabricante.

Luego de fijar las grampas de tracción en ambos extremos de la barra de acero a 25 mm de las mordazas de la grampa. Mediante una placa que vincule las 2 grampas de tracción se garantizara la aplicación de la misma carga en ambas. Incorporar el conjunto en el dispositivo de carga y incrementar la carga hasta 40 KN. Manteniendo este valor durante 1 min. aumentando la carga por incrementos de 10 KN. Hasta alcanzar los 70 KN. Manteniéndose cada uno de estos valores incrementales durante 1 min. Cuando se obtenga 70 KN. manteniendo dicha carga durante 2 min.

Descargar el conjunto y desarmar la grampa ensayada revisándola para comprobar si muestra signos de fallas o deformaciones.

Si alguna parte de la grampa o de la rotula, hubiese presentado fallas esta se deberá diseñar nuevamente la grampa que se deberá ensayar nuevamente.

Luego instalar nuevamente la grampa y efectuar otra vez la prueba con carga durante 10 seg. aproximadamente e incrementarla de 10 KN. Hasta que se llegue a un valor de carga de 100 KN. o la rotura.

Todos los resultados serán registrados.

Prueba de deslizamiento de la grampa de suspensión

Instalar un trozo del conductor con el preformado con la grampa fijándola de tal manera que la función del engrampado del conductor no sea alterada.

Ajustar los pernos con el torque recomendado por el fabricante.

Marcar el conductor y el preformado unos 25 mm de la mordaza de la grampa del lado donde se ejercerá la tracción.

Aplicar la carga de tracción al conductor con incrementos de 5 KN. Hasta obtener 25 KN. y mantener el valor de cada carga durante 30 seg. aumentar la carga de tracción en más de 25 KN con incremento de 10 KN., manteniéndose estos valores durante 30 seg. hasta que se origine el deslizamiento. **El deslizamiento es definido cuando una carga de tracción dada al conductor se desliza a lo largo de la grampa.**

Registrar la variación de la marca con intervalo de 30 seg.

La grampa será aprobada si el desplazamiento total de la marca es menor de 2 mm con cargas de 25 KN. o menos si el conductor se ha deslizado a través de la grampa con cargas mayores a 25 KN. pero menores a 90 KN. (Aproximadamente 90% de la resistencia a la tracción del conductor).

Ensayo de corona de la grampa de suspensión

La grampa de suspensión y la rotula deberán ser sometidos a ensayos de acuerdo a lo indicado en IEC 270 Partial Discharge Measurements, que viene a ser la medición de descarga parcial por efecto de corona. Se realizarán las pruebas de efecto corona en completa oscuridad. El personal encargado de las mismas deberán estar acostumbrados a los ambientes en oscuridad para poder registrar sus observaciones visuales. Primero, se determinara un voltaje inicial. Deberá aumentarse continuamente el voltaje aplicado y el valor en el cual el efecto corona comienza a manifestarse. Transcurrido 1 min. De aplicación del voltaje, este deberá ser reducido continuamente hasta lograr un nivel en el cual cese las descargas visibles. Este voltaje deberá ser registrado como un voltaje extinguido y rectificado según las condiciones atmosféricas.

Espesor del galvanizado de la grampa de suspensión

Se verificara el espesor del galvanizado según el procedimiento en la ASTM A239, Standar Test Method For Steel Locating The Thinnest Spot In A Zinc (Galvanized) Coating On Iron Or Steel Articles By The Pierce Test (Copper Sulphate Dip).

Que viene a ser la prueba del método estandarizado para localización del grosor en una cubierta de Zinc (galvanizado) sobre hierro o articulo de acero por la prueba de penetración (sumergido en sulfato de cobre), este procedimiento va ha determinar el espesor del zincado de la superficie de la grampa.

11.10 Ferretería eléctrica de acero inoxidable

Introducción

La ferretería eléctrica de acero inoxidable, es el conjunto integrado por piezas de ferretería eléctrica para postes de madera y elementos para puesta a tierra, fabricado con acero inoxidable, incluye tuercas, pernos, arandelas, coronas, antideslizantes, estribos materiales para puesta a tierra y cualquier otro material especificado con acero inoxidable, cabe indicar adicionalmente que este tipo de ferretería podría representar en costos el doble o más del costo de la ferretería estándar, por lo que deberá ser suficientemente justificado su uso, teniendo como ventaja que su esperado de vida es indefinido.

El control de calidad de este material deberá regirse según las normas de calidad ISO correspondiente o su equivalente.

Piezas fundidas de acero inoxidable

El proceso de fundición que conduce a la obtención del material tendrá que ser aquel que recupere por el método de la cera perdida.

Si las piezas son fabricadas con molde de arena o mediante un proceso de moldeo permanente, deberá ser sometidas por separado aún examen de Rayos X para determinar la calidad de las mismas. Dicha calidad será confirmada a través de una certificación.

Eliminación de costras y limpiado del acero inoxidable

Todos los aceros inoxidables usados en (piezas forjadas, piezas fundidas, fabricadas, soldadas), en lo que a la eliminación de costras y limpiezas del mismo se refiere a que deberán regirse según ASTM A380 Recommended Practice For descaling And Cleaning Stainless Steel Surfaces. Deberá eliminarse de donde se encuentren las partículas residuales de carbón existentes en el acero, el óxido del acero y otras sustancias extrañas que pueden disminuir la resistencia normal del acero inoxidable a la corrosión o que puedan afectar seriamente la calidad, estabilidad o reactividad química de los materiales en contacto con el acero inoxidable.

Deberá eliminarse las grasas, aceites, lubricantes y elementos semejantes con sustancias alcalinas de acción limpiadora, emulsiones o sustancias limpiadoras, disolventes, vapores, desgrasadores o mediante otro método antes de efectuarse tratamientos con calor o ácido.

Podría emplearse el método de limpieza con arenado o con chorro expulsado por un barreno alternándolos con el decapado con ácido para eliminar por completo la costra que se encuentra adherida. La arena deberá tener un alto grado de sílice lavada y o alumina con bajo contenido de hierro. No se podrá usar el tipo de arena de enarenado con el que se limpian otras clases de acero.

Materiales de acero inoxidable

El conjunto de materiales consignados estará en la guía de materiales necesarios y están conformado por la lista que sigue a continuación:

| MATERIALES DE ACERO INOXIDABLE PARA LA LÍNEA L-207 | |
|--|---|
| Item N° | Descripción |
| 23 | Placa-soporte de aisladores. |
| 24 | Placa anti-movimiento. |
| 25 | Perno maquinado de 16 mm (5/8") con tuerca. |
| 26 | Perno maquinado de 19 mm (3/4") con tuerca. |
| 27 | Perno maquinado de 22 mm (7/8") con tuerca. |
| 28 | Perno doble, 19 mm (3/4") con 4 tuercas. |
| 29 | Perno doble, 22 mm (7/8") con 4 tuercas. |
| 32 | Placa de fijación de puntal a 45°. |
| 33 | Separador-placa de fijación de puntal. |
| 34 | Arandela redonda 57 mm (2-1/4") con agujero 24.1 mm (15/16") |
| 35 | Arandela redonda 44.5 mm (1-3/4") con agujero 17.5 mm (11/16") |
| 36 | Arandela plana cuadrada 76x76x6 mm (3x3x1/4") con agujero 20.8 mm (13/16"). |
| 37 | Arandela curva cuadrada 76x76x6 mm (3x3x1/4") con agujero 20.8 mm (13/16"). |
| 38 | Arandela plana cuadrada 102x102x6 mm (4x4x1/4") con agujero 28.6 mm (1-1/8"). |
| 39 | Arandela curva cuadrada 102x102x6 mm (4x4x1/4") con agujero 28.6 mm (1-1/8"). |
| 40 | Tuerca cuadrada para perno de 19 mm (3/4"). |
| 41 | Tuerca de seguridad para perno de 19 mm (3/4"). |
| 42 | Tuerca de seguridad para perno de 22 mm (7/8"). |
| 43 | Arandela redonda 51 mm (2") de diámetro con agujero 20.6 mm (13/16"). |
| 45 | Corona anti-deslizante 102x152 mm (4x6") para perno de 20.8 mm (13/16"). |
| 46 | Corona anti-deslizante 102x190 mm (4x7-1/2") para perno de 23.8 mm (15/16"). |
| 47 | Placa-soporte de cruceta. |
| 48 | Placa de fijación de puntal a 35°. |
| 54 | Tuerca de seguridad para perno de 16 mm (5/8"). |
| 55 | Conductor #5 AWG del tipo de acero inoxidable (metros). |
| 56 | Grampas de cobre o de acero inoxidable. |
| 57 | Electrodo de puesta a tierra 19x3050 (3/4x10") de acero inoxidable. |
| 58 | Conexión #5 AWG/#5 AWG tipo acero inoxidable compatible. |
| 59 | Conexión #5 AWG/electrodo tipo acero inoxidable compatible. |
| 74 | Grampas anti-deslizantes para contrapesos. |

Fuente :Especificaciones técnicas de las L. T. ETECEN, 1999

Todos los tipos de acero inoxidable deberán ser auténticos de acero inoxidable, cuya aleación es de hierro-cromo-carbón-molibdeno-silicio-manganeso-níquel del tipo 316. El acero inoxidable empleado para los elementos que serán emperrados se conformarán a lo establecido según ASTM A193/A193-M-93a, Standar Specification For Alloy-Steel And Stainless Steel Bolting Materials For High Temperature Service. El acero inoxidable usados en los estribos, arandelas y otros elementos se conformarán según lo establecido por ASTM A351/A351M-94, Standard Specification For Castings, Austenitic-Ferritic (Duplex), For Pressure-Containing parts. El acero inoxidable usado en la puesta a tierra se conformara según lo establecido en la ASTM A555/A555M-94a, Standard Specification For General Requirements For Stainless And heat Resisting Steel Wire And Wire Rods.

Horquilla de acero inoxidable

Estas horquillas incluyendo un perno, una tuerca hexagonal y una clavija. No se admitirán horquillas que se sujeten con pasador y clavija o con perno y tuerca.

Resistencia de los pernos de acero inoxidable

Todo los pernos deberán tener un mínimo de resistencia a la tracción, valor que no podrá ser menor al ya indicado anteriormente y que deberá ser confirmado mediante las pruebas. Para ello se mostrara la resistencia de los pernos, según cuadro.

| RESISTENCIA DE LOS PERNOS DE ACERO INOXIDABLE PARA LA LÍNEA L-207 | |
|--|---------------------|
| Díámetro del perno | Resistencia |
| 16 mm (5/8") | 55 KN (12 400 lbs) |
| 19 mm (3/4") | 81 KN (18 350 lbs) |
| 22 mm (7/8") | 112 KN (25 400 lbs) |

Fuente :Especificaciones técnicas de las L. T. ETECEN, 1999

Tuercas de acero inoxidable

Todos los pernos maquinados serán entregados con una tuerca rectangular, y todos los pernos dobles deberá ser entregado con 4 tuercas rectangulares.

Dimensiones de la ferretería de acero inoxidable

Se utilizara ambos sistemas de medida métrico decimal e ingles. Si bien cualquiera de los 2 sistemas puede ser usado, es necesario que todos los componentes sean compatibles e uniformes para uno u otro sistema.

Agujeros De la ferretería eléctrica

Los agujeros pueden ser perforados o taladrados dejando la superficie lisa y no se admitirán imperfecciones o rebabas metálicas.

Identificación de las piezas de acero inoxidable

Se hará empleando letras de no menos de 16 mm (5/8"), de alto se tendrá que marcar o grabar en todos los ítems, el número correspondiente del ítem con cifras legibles y en lugar visible.

En lo que se refiere a la ferretería de los puntales las marcas y los datos gravados deberán ubicarse en ambos lados de las placas.

Ensayos en la ferretería eléctrica

En caso de no realizarse los ensayos, en reemplazo de ellos se admitirán las certificaciones o constancias del material.

Para los pernos maquinados de 16, 19 y 22 mm de diámetro, los pernos dobles y para todos los materiales especificados se realizara los ensayos de tracción conforme a la ASTM. Dichos ensayos tendrá por objeto confirmar la mínima resistencia a la tracción que será de 55, 81 y 112 KN, respectivamente.

11.11 Ferretería eléctrica de acero galvanizado

Introducción

La ferretería eléctrica de acero galvanizado esta compuesta por los elementos de acero galvanizado y se refiere a la ferretería de conexión de los aisladores, a los pernos de cimentaciones y otros elementos que son fabricados empleando acero galvanizado o a todos aquellos que no estén específicamente indicados en acero inoxidable u otro materiales el control de calidad se regirá por las normas de calidad ISO correspondiente o su equivalente.

Acero galvanizado de la ferretería eléctrica

El acero galvanizado deberá conformado según las especificaciones de la CSA-C83, ASTM A36 y ASTM A307, Standard Specification For Carbon Steel Externally Threaded Standard Fasteners., y deberá tener un límite de fluencia mínimo de 248 Mpa. (36 000 psi.).

Galvanizado del material de la ferretería eléctrica

Todos los materiales serán galvanizados de acuerdo a la norma ASTM A153, Specification For Zinc (Hot Galvanized) galvanizado en caliente COATING ON Products Fabricated From Rolled, Pressed And Forged Steel Shapes, Plates, Bars And Strips. Donde la capa de Zinc será por lo menos 800 gr/m² en toda la superficie excepto en las roscas donde será de por lo menos 550 gr/m².

Materiales de ferretería de acero galvanizado

Los componentes de la ferretería de acero galvanizado van a figurar en la planilla de materiales y planos donde se van hallar especificados así podemos verlos en el siguiente cuadro:

| MATERIALES DE ACERO GALVANIZADO PARA LA LÍNEA L-207 | |
|---|---|
| Ítem N° | Descripción |
| 30 | Perno de ojo forjado con anillo de bola, de 19 mm de diámetro con una tuerca. |
| 31 | Perno de ojo ovalado forjado de 19 mm de diámetro con 3 tuercas. |
| 44 | Estribo triangular. |
| 65 | Horquilla Y-bola, tuercas pernos y clavija incluidos. |
| 66 | Horquilla-bola, tuercas pernos y clavija incluidos. |
| 76 | Arandela plana cuadrada de 76x76x6 mm con agujero de 20.8 mm. |
| 77 | Arandela curva cuadrada de 76x76x6 mm con agujero de 20.8 mm. |
| F1 | Perno maquinado, diámetro mínimo de 25.4 mm. |
| F2 | Tuercas cuadradas para perno maquinado, ítem F1. |
| F3 | Arandela cuadrada curva. Dimensiones mínimas de 76x76x6 mm con agujero apropiado para el ítem F1. |
| F4 | Arandela cuadrada plana. Dimensiones mínimas de 76x76x6 mm con agujero apropiado para el ítem F1. |

Fuente :Especificaciones técnicas de las L. T. ETECEN, 1999

Horquillas de acero galvanizado

Todas las horquillas deberán ir con un perno, una tuerca y una clavija de acero inoxidable. No se admitirán horquillas sujetas con pasador y clavija o con perno y tuerca.

Resistencia de los pernos de la ferretería de acero galvanizado

Todos los pernos deberán tener una resistencia mínima de rotura a la tracción que no sea menor a la que figure en el siguiente cuadro:

| RESISTENCIA DE LOS PERNOS DE ACERO GALVANIZADO PARA LA LÍNEA L-207 | |
|---|---------------------|
| Diámetro del perno | Resistencia |
| 16 mm (5/8") | 56 KN (12 500 lbs) |
| 19 mm (3/4") | 89 KN (20 000 lbs) |
| 22 mm (7/8") | 120 KN (27 000 lbs) |
| 25 mm (1") | 160 KN (36 000 lbs) |

Fuente :Especificaciones técnicas de las L. T. ETECEN, 1999

Tuercas de la ferretería eléctrica de acero

Los pernos maquinados deberán ser entregados con una tuerca cuadrada. Todos los pernos de ojo ovalado forjado deberá entregarse con 3 tuercas cuadradas.

Dimensiones de la ferretería eléctrica

Se puede establecer que las dimensiones son tanto para el sistema métrico como el sistema ingles, por ello se puede utilizar uno u otro donde es necesario mantener compatibilidad y uniformidad de manera que los componentes puedan ser ensamblados como se proyecto.

Identificación de los materiales de la ferretería galvanizada

En la identificación será utilizando números que tengan mínimo 16 mm (5/8") de alto, se deberá estampar de manera legible antes de galvanizarlos, el número de identificación del ítem.

Ensayos de la ferretería de acero galvanizado

Los ensayos se realizarán para cada uno de los componentes como se irá observando.

Ensayo de los pernos de acero galvanizado

Los pernos de distintos largos de ojo forjado, maquinado o los pernos dobles o espárragos, serán ensayados conforme a lo especificado en las Normas ASTM. La resistencia mínima será de 89 KN para un perno de 19 mm de diámetro y de 160 KN para un perno de 25 mm de diámetro.

Ensayo del estribo triangular de acero galvanizado

Para el estribo triangular según el cuadro anterior, se aplicará una carga de tracción 180 KN. a través del agujero inferior, colocando la placa en la misma posición que la figura en los planos. La placa no deberá fallar o deformarse. Si se deformase o fallase se deberá aumentar el espesor de la misma o utilizar un acero de mayor resistencia.

Ferretería eléctrica de acero galvanizado de soporte

Tanto las horquillas bola deberán resistir sin fallas una carga de tracción de 120 KN.

Espesor del galvanizado de la ferretería eléctrica

El espesor del galvanizado será verificado conforme a lo especificado en la norma ASTM A239, Standard Test Method For Steel Locating The Thinnest Spot In A Zinc (Galvanized) Coating On Iron Or Steel Articles By The Pierce Test (Copper Sulphate Dip). Que viene a ser la prueba del método estandarizado para localización del grosor en una cubierta de Zinc (galvanizado) sobre hierro o artículo de acero por la prueba de penetración (sumergido en sulfato de cobre), este procedimiento va a determinar el espesor del zincado de la superficie de la ferretería eléctrica de acero galvanizado.

11.12 Ferretería eléctrica, varios

Introducción

Entre ellos podemos incluir los contrapesos, las arandelas no metálicas, las placas de identificación de estructuras, de fases y de peligro. Todos estos materiales deberán poseer la certificación de calidad ISO 9000 correspondiente o su equivalente.

Materiales de la ferretería eléctrica, varios

Contrapesos

Los contrapesos deberán ser fabricados en plomo fundido y según las dimensiones y forma indicada en el plano. No se aceptara ni se proveerá contrapesos de hierro fundido u otro material que no sea plomo.

Placa de identificación

Las placas de identificación deberán ser fabricadas de acuerdo a lo indicado en los planos, con materiales flexibles que resistan el ambiente salino y húmedo. Se utilizarán colores primarios que no se destiñan tras una prolongada acción del viento y el sol.

Arandela de centrado no metálicas

Las arandelas de centrado no metálica deberá tener las medidas en los planos y serán ubicadas en los conjuntos de aisladores en suspensión para obtener una interfase entre los componentes de acero galvanizado y acero inoxidable, así como para centrar los pernos galvanizados en los estribos de acero inoxidable.

El tamaño de la arandela y del agujero deberá ser tales que puedan entrar fácilmente en los orificios de los estribos y los pernos puedan insertarse cómodamente a través de la arandela sin concederles un margen excesivo de movilidad después que se hayan instalados.

Material de la arandela de centrado no metálica

El material debe ser de caucho silicónico o su equivalente, el cual deberá permanecer completamente inerte en contacto con el acero galvanizado y el acero inoxidable en un ambiente caliente húmedo y salino.

Este material deberá ser flexible y capaz de resistir las fuerzas de compresión aplicadas sin romperse y donde se compruebe que:

- Poder resistir con éxito un ambiente cálido, salino y húmedo sin romperse.
- Su calidad de inerte, flexible y compatible como el acero galvanizado y acero inoxidable.
- Que pueda resistir la fuerza de compresión que se le aplicarán.

12.0 MONTAJE ELECTROMECAÁNICO Y OBRAS CIVILES DE LA LÍNEA DE TRANSMISIÓN L-207

12.1 Introducción

Después de haber realizado el estudio de la problemática de la rehabilitación, así como los análisis teóricos y los condicionantes de este problema, tenemos que exponer de manera aplicativa el proceso de rehabilitación desde el punto de vista del montaje electromecánico de la línea L-207 donde podremos observar en definitiva la rehabilitación in situ así como la acción operativa de esta, para ello se va establecer una serie de procesos constructivos que a continuación se va ha desarrollar.

12.2 Cimentación de los postes

Aquí se va ha desarrollar la técnica para realizar la cimentación de los postes de madera donde se trata de la excavación, el concreto armado y los rellenos que se van ha aplicar en las obras civiles de la línea de transmisión, en este proceso se va tratar de verificar la capacidad de carga del suelo para que este sea compatible con el tipo de cimentación prevista, además de tener el análisis de suelo y los cálculos de capacidad de carga respectiva cualquier modificación del tipo de cimentación se deberá efectuar solo con la aprobación de la supervisión técnica, por otra parte se debe tener la ubicación exacta de las estructuras a rehabilitar antes de efectuar las excavaciones, sino hubiese información inmediata, será la norma la que determine

inicialmente la solución. En el estudio de suelos y los ensayos de suelos para postes de madera en determinada clase de suelo ya sea A, B, C y D donde será cimentada la estructura según los ensayos de penetración normal o standar penetration test, según tablas ya indicadas, Norma ASTM D1586, donde los resultados para cada ubicación serán presentados en hojas individuales y formatos de acuerdo a la Norma aprobada. Entre las informaciones que tendrá será N° de línea, N° de estructura, tipo de estructura, elevación del terreno, elevación del nivel freático (agua), nombre de la compañía y de la persona responsable, valor del N (SPT), contenido de humedad, descripción del tipo de suelo a la profundidad que corresponde el N° de N. El conjunto de estos formatos y su presentación lo conforman como parte del estudio geotécnico definitivo.

Excavaciones de las cimentaciones de postes

El Trabajo de excavación será llevado a cabo con el máximo cuidado utilizado los métodos y equipos mas adecuados para cada tipo de terreno con el fin de no alterar la cohesión natural del terreno, reduciendo al mínimo el terreno afectado por la excavación alrededor de la cimentación, mejor dicho, el área libre asimismo se considerara terreno rocoso cuando sea necesario el uso de explosivo para realizar la excavación, los demás tipos de terreno se consideran compactos, si se llegaran a utilizar explosivos en la excavación esta deberá ser efectuados por personal calificado y con el permiso ante las autoridades, así como la programación de explosiones, existen materiales que por efecto de derrumbe o movimiento de masas no compactas pudiese suceder algún accidente por lo que deberá tomarse precauciones extremas y evitar el peligro de sepultamiento.

También se tendrán que rellenar las cavidades que queden como consecuencias de derrumbes o sobre excavaciones, prevenir la inundación de las zanjas, aún utilizando el drenaje o bombeo bajo el marco de la supervisión técnica. Todas las excavaciones deberán efectuarse de acuerdo a lo dispuesto.

Dentro de las dimensiones de las excavaciones el volumen de la excavación será el mínimo compatible con el de la estabilidad de las paredes, la excavación de plataformas en cuñas para nivelar en donde sean aplicables las estructuras de madera esta podrá solamente efectuarse en los casos donde no sea posible alcanzar una solución más económica y solamente con autorización.

Respecto a la profundidad teórica de la cimentación esta será respetada y donde el área de fondo de la excavación deberá ser plana y sólida, así como firmemente compactada.

Concreto armado de las cimentaciones de los postes

Entre los trabajos de concreto armado sé vera:

- Diseño de las cimentaciones.
- Excavación en suelos o en roca.
- Suministrar todos los materiales y equipos para fabricar, transportar, colocar, acabar, proteger y curar el concreto.
- Construir, montar u desmantelar los encofrados.
- Suministrar y colocar las armaduras de acero, las espigas para trabas y las barras o ganchos de anclaje.
- Proveer los medios necesarios para mantener el control de vaciado del concreto.
- Dar todas las facilidades para la obtención de las muestras requeridas.
- Relleno con material propio o de préstamo de los espacios vacíos alrededor de las estructuras, cimientos o columnas.

12.3 Estructuras De Protección Contra La Erosión

ESTABILIZACIÓN PREVIA DE TERRENOS EN PENDIENTE EN LA LÍNEA

Antes de iniciar algún tipo de protección se ha tenido que estabilizar previamente ciertas estructuras de la línea L-207 están situadas en terrenos arenosos e inclinados. En algunos sitios específicos será necesario la construcción de muros de sostenimiento para estabilizar el suelo. Se prevé que, entre 6 a 10 estructuras necesitarán dicho muro de sostenimiento con una longitud promedio de 10 a 15 m por estructura. Un total de 100 m de muro (P-4) será considerado para este tramo de línea. Por este motivo se deberá tomar en cuenta cuando la línea atraviese tramos arenosos pues estos requieren de un tratamiento de ingeniería específico.

En las estructuras de protección tenemos dos clases:

- Protección de estructura estándar de protección
- Protección de estructura especial de protección

Estructura estándar de protección

Se han definido 4 tipos de protección estándar.

La primera se refiere a una protección ligera de empedrado sobre la superficie alrededor del pórtico llamada Tipo P-1.

La segunda formada de un muro de concreto armado que puede ir de 0.5m a 1m de altura para la estructura de protección Tipo P-2. y de 1 a 2 m para la estructura de protección Tipo P-3 ambas deben ser rellenas con una capa de piedra o empedrado y se debe reforzar la cimentación correspondiente con un collar de concreto además de profundizar en más de 60 cm. la cimentación, finalmente la estructura de protección Tipo P-4 es formada por un muro de sostenimiento de un 1.50 m. de alto y será ubicada en terrenos con pendiente.

Estructuras especiales de protección

Se han definido 2 tipos de estructuras especiales:

La primera se refiere a la protección del pórtico de madera que a sido definida como protección PE-1.

La segunda se refiere a la protección de poste tubular que a sido definida como protección PE-2.

Para las estructuras ubicadas en zonas de erosión, se ha previsto la utilización de cimentaciones de concreto que tendrán las siguientes características:

- El diseño de las cimentaciones se ejecutaran según los detalles de ingeniería que se adjunta en el ver Anexos Sobre Detalle de Cimentación
- Excavaciones en el terreno compacto o rocoso.
- Suministro de materiales y equipos para fabricar, transportar, colocar, acabar, proteger y curar el concreto.
- Construir, montar y desmantelar los encofrados o serchas.
- Suministrar y colocar las armaduras de acero y las barras o ganchos de anclaje.
- Proveer los medios necesarios para mantener control del vaciado del concreto.
- Dar todas las facilidades para la obtención de las muestras requeridas.
- Relleno con material propio o de préstamo de los espacios vacíos alrededor de las estructuras.

Medición de los trabajos

Las unidades de medida de las estructuras de protección contra la erosión son las siguientes:

- Estructuras de protección tipo P-1, por pórtico protegido
- Estructuras de protección tipo P-2, por pórtico de dos poste
- Estructuras de protección tipo P-2, por pórtico de tres postes
- Estructuras de protección tipo P-3, por pórtico de dos postes
- Estructuras de protección tipo P-3, por pórtico de tres postes
- Estructuras de protección tipo P-4, por pórtico m. de muro,
- Estructuras de protección especial tipo PE-1, por m. de muro
- Estructuras de protección especial tipo PE-2, por poste

12.4 Almacenamiento, manipulación, izado de las estructuras

El transporte de los postes desde el puerto de desembarqué a los almacenes de la obra, debe realizarse con un transporte adecuado, soportándolos de manera que se mantengan en una posición horizontal sobre su eje (cuñas de soporte), para evitar la torcedura, y optimizando la distribución de carga o estiba sobre cada uno de ellos en forma simétrica, apilamiento adecuado, situación que se mantendrá en los almacenes de la obra o hasta el final de la instalación in situ.

En la manipulación de los postes desde el almacén de obra hasta el izaje se utilizara transporte adecuado y grúas en el carguío y descarguío, con estrobos de sogas Manila ¾", en buen estado.

Si el terreno no lo permite, el traslado del poste desde el lugar de descarga, hasta su lugar de izaje, se trasladara con tirfor o cabrestante (winche) con unidad motora, utilizando polines de madera dura y seca. Solo por la misma razón el izaje se podrá realizar con tirfor, teclé vientos provisionales y pluma mecánica adecuada.

Se buscara el alineamiento adecuado de los postes y su verticalidad, el error de este no deberá ser mayor de dos milímetros por cada metro.

Los trabajos de excavación incluirá operaciones de acuerdo al terreno tales como drenaje, apuntalamiento, relleno y eliminación del exceso de tierra. El agujero se abrirá con el método de "tabla estacado" debiéndose humedecer el terreno en forma apropiada para evitar el derrumbe.

Los postes de ángulo se izaran con una inclinación en sentido contrario a la resultante de las fuerzas, dicha inclinación será igual al diámetro de la punta del poste.

En el izaje de los postes ningún obrero de la cuadrilla, ni persona alguna deberá estar debajo de los soportes, cuerdas en tensión horizontal o vertical, en el hueco del poste o donde el poste izado pueda eventualmente caer. No se deberá permitir el escalamiento a ningún poste que este no haya sido anclado. Los vientos provisionales se retiraran a las 24 horas de concluido el relleno y la compactación.

12.5 Montaje de las estructuras

Las presentes especificaciones corresponderán al ensamble de los armados, en las estructuras soportes, según los planos de detalle de cada una, a efectos de brindar las prestaciones consideradas en el diseño.

METODO DE MONTAJE

Las estructuras serán montadas **evitando esfuerzos excesivos de los elementos** de la estructura para que no produzca fatigas prematura, particularmente en aquellas que se levantan ya ensambladas, como la familia de pórticos de madera, por tal motivo es importante identificar y señalar los puntos de la estructura donde se fijaran los cables de maniobra en el montaje, y estos sean elegidos cuidadosamente.

Todas estas maniobras serán súper vigiladas bajo un profesional de la especialidad siguiendo las normas de seguridad para estos casos.

Por otro lado se observara un estricto **control de calidad in situ a la obra**, pues este puede haber sufrido daños en la logística de transporte, por ello no se aceptaran materiales con rajaduras producidas por la mala manipulación de los elementos de madera, así como de la ferretería eléctrica a fin a la estructura.

PREPARACIÓN DE LOS ELEMENTOS

Todas las superficies alrededor de los agujeros de los elementos de madera a ensamblarse, antes de empernados serán limpiadas de toda suciedad o moho acumulados en los hilos de la emperadura, que se han almacenado en el almacenamiento y transporte así mismo los elementos maderables adjunto al poste mayor.

SUSPENSIÓN DEL MONTAJE

En el trabajo de montaje de las estructuras serán suspendidas si es que la velocidad del viento alcanza a ser mayor a 50 Km./hora debido a que esta modifica los centros de gravedad de las masas al moverse.

EJECUCIÓN DEL MONTAJE

El trabajo será cerca de las líneas de transmisión energizadas:

Esta línea de transmisión L-207, tiene la particularidad que marcha en eje paralelo a una línea energizada por ello se deberán tomar las precauciones para evitar los **efectos puntas** y así mismo guardar las distancias de seguridad con el otro electroducto, recordar que el paso de servidumbre es de 25m.

UTILIZACIÓN DE TIRANTES TEMPORALES:

Las estructuras diseñadas para alta corrosión salina no utilizaran tirantes de manera permanente ellos son reemplazados por puntales de madera. No obstante durante el montaje de las estructuras se deberán utilizar tirantes temporales para asegurar la estabilidad de los pórticos, tipos MA, MD, MT, MU. Los tirantes no tendrán pendientes mayores a uno vertical por cinco de horizontal.

COMIENZO DEL MONTAJE:

El comienzo del montaje de la obra se da de acuerdo a un cronograma de ejecución de tiempos (Diagrama de Gantt), por tal motivo su observancia se halla prevista en horas hombre, horas cuadrilla y esta se encuentra supeditada a la supervisión general, no olvidar que se debe considerar tiempos y recorridos más imprevisto por contingencia es usual considerar en tiempo el 10% del real.

MANIPULACIÓN DE LOS ELEMENTOS:

Durante el proceso de montaje se va a observar repetitivamente la toma de precauciones convenientes, pues estas resultan ser un plus en el costo de ejecución por ello a parte de no fatigar y dañar los elementos durante el transporte y almacenamiento agregaremos que bajo ningún motivo se deberá arrastrar elementos o secciones ya ensambladas sobre el suelo u otros elementos.

POSICIÓN DE LOS PERNOS:

La posición de los pernos será según detalle, tratando que estos se presenten normales al poste (90°) y en el centro de él, y buscando que la mecha de perforación calce al diámetro del perno.

ALINEAMIENTO DE LAS PERFORACIONES:

Visto el anterior párrafo, agregamos que el empleo de pasadores ensanchadores para llevar las perforaciones forzosamente al alineamiento será prohibido debido a que pudiese causar agrietamiento no visible en la hebra longitudinal de la madera y en el futuro una rajadura longitudinal por esfuerzo de carga en el tiempo, finalmente no deberá existir emperadura torcida.

MATERIALES METÁLICOS ENTERRADOS:

Toda la penería, tuercas y arandelas galvanizados utilizadas para la conexión de los elementos de cierto tipo de cimentación, deberán ser cubiertos por dos capas de un material como la breá (Carbon tar), alquitrán denso u otro similar antes de colocar el material de relleno.

REPARACIÓN DE DAÑOS A LAS PIEZAS:

Desde un inicio se ha establecido el control de calidad para las diferentes etapas y la última deberá ser in situ a la obra por tal motivo la supervisión se reserva la máxima observación antes de su instalación en el campo.

LIMITES DEL DAÑO DEL CONDUCTOR:

Los daños en el conductor por manipuleo o descuido van ha ser en el futuro punto de pérdida pues estos le restan esperado de vida útil y por este motivo ocasiona (ralladuras) las pérdidas por fenómeno corona por ese motivo es más económico que nada, si se observaran estrictamente los niveles de daño, como se indica en la tabla que se adjunta.

Además se tendrá en cuenta que no más de una reparación utilizando manguitos de compresión debe ser hecha sobre un vano por fase, también no más de dos reparaciones utilizando preformados por vano por fase de igual modo cuando las reparaciones sean utilizando manguitos de compresión, sea este de reparación o

100% en tracción no podrán ser utilizados en vanos que cruzan por tolerancias de ajuste.

| LIMITES DE LOS DAÑOS AL CONDUCTOR EN % DE DIÁMETRO | | |
|--|---|---|
| Profundidad del daño en el diámetro del alambre individual (%) | Extensión del daño en la cantidad de alambre que forma la capa superior del conductor (%) | Tipo de reparación propuesta |
| 0 – 15 | 100 | Retirar o quitar las aristas y las puntas con una lija metálica fina |
| 15 – 50 | 20 | Utilizar un empalme de reparación preformado |
| 50 - 100 | 10 | Utilizar para la reparación un manguito de compresión |
| > 100 | < 10 | Cortar el conductor, quitar la parte dañada y utilizar un manguito de compresión 100% para tracción |

Fuente :Especificaciones técnicas de las L. T. ETECEN, 1999

TOLERANCIA Y AJUSTES EN LAS ESTRUCTURAS DE MADERA

TOLERANCIA DEL MONTAJE

Todas las estructuras de los pórticos deberán estar verticales y bajo los esfuerzos producidos por las líneas terminadas y donde las tolerancias siguientes no deberán ser sobrepasadas en una estructura completamente montada, ni antes ni después de tendido de los conductores.

TOLERANCIAS PARA LOS PÓRTICOS DE MADERA:

| TOLERANCIAS EN LOS PÓRTICOS DE MADERA EN LA LÍNEA L-207 | |
|---|--|
| Verticalidad Alineamiento Orientación Desviación de crucetas | (1/480) altura total ± 5cm. ½ (1/200) distancia eje – extremo |

Fuente :Especificaciones técnicas de las L. T. ETECEN, 1999

Realizado el reglaje de la base, se debe vigilar que la distancia entre no debe diferir de la medida teórica en mas de 0.5 mm por m. De lo indicado se establecerá una supervisión permanente que asegure su aplicación

AJUSTE Y FIJACIÓN DE LOS PERNOS

El ajuste final de todos los pernos será cuidadosamente y sistemáticamente llevado a cabo después del montaje de los armados por una cuadrilla especial, afín de prevenir daños en los hilos de los pernos, doblamiento de tuercas por exceso de presión, estas deberán ser ajustadas por medios de llaves de ajuste de pernos de cabeza hexagonal (cachimba corona, boca) teniendo en cuenta que el ajuste se realiza sobre la madera, por ello el ajuste será prudente para no dañarla.

CONTROL FINAL

Después del montaje, cada pórtico será revisado cuidadosamente con el fin de realizar un control de calidad y seguridad del estado de las superficies de las estructuras, así como el adecuado ajuste de tuercas y contratueras. Además se procederá a limpiar según el caso los ensambles para su observación. Así mismo se determinará la verticalidad y el alineamiento de la estructura.

MEDIDAS DE LAS ESTRUCTURAS

Se realizará por cada tipo de armado, incluyendo los ensambles correspondientes para cada tipo de estructura las que comprenderán para el montaje de las crucetas, como la ferretería de la estructura, bajada de la puesta a tierra, la instalación y provisión de las placas de numeración, de peligro y secuencia de fase

12.6 Montaje del conductor ACAR

Introducción

Respecto al montaje del conductor ACAR se va a establecer la mecánica para la ejecución en la obra en los diferentes procesos, se tiene que indicar se hará de acuerdo a las indicaciones del fabricante y bajo una estricta supervisión para evitar el daño del conductor en el montaje. Pues de ello depende en partes en el futuro las posibles pérdidas por efecto corona.

METODO DE MONTAJE

Inicialmente se procederá al manejo del conductor en el desenrollado, el tendido y la regulación de las flechas de los conductores. Estos métodos serán tales como para

impedir esfuerzos excesivos y daños a los conductores, estructuras, aisladores y demás partes de la línea afín de no acceder las cargas de diseño de la estructura.

Antes de conectar las placas del cuello muerto con los manguitos de compresión respectivos se aplicara un compuesto especial para asegurar la conducción eléctrica en la junta (empalme), una vez que los pernos se hallan ajustados se limpiara cuidadosamente el compuesto para que la junta quede completamente.

SUSPENSIÓN DEL MONTAJE

El trabajo de tendido y regulación (flecha) de los conductores, serán suspendidos si el viento en el terreno alcanza una velocidad tal que los esfuerzos impuestos a las diversas partes de la obra, sobrepasen a los esfuerzos correspondientes a la condición normal, se tomaran las previsiones de seguridad del caso.

MANIPULACIÓN DE LOS CONDUCTORES

Los conductores serán manipulados con máximo cuidado para evitar cualquier daño en la superficie exterior o disminución de la adherencia entre los alambres y las capas.

Los conductores serán continuamente mantenidos separados del terreno, árboles, vegetación, zanjas, estructuras y otros obstáculos durante todas las operaciones de desenrollado y tendido. A tal fin el tendido de los conductores se efectuará por un método de frenado mecánico. Los conductores deberán ser desarrollados y tirados de una manera tal que se evite retorcimiento y torsiones, y no serán levantados por medios de herramientas de material, tamaño o curvatura que pudieran causar daños. La curvatura de tales herramientas no será mayor que la especificación para poleas de tendido.

GRAPAS Y MORDAZAS

Las grapas y mordazas, empleadas en el montaje serán de un diseño que eviten los movimientos relativos de los alambres y/o capas de los conductores, las mordazas que se fijan en los conductores en puntos que se quedaran en la línea serán de tipo de mandíbulas paralelas con superficies de contacto alisadas y rectas, su largo debe permitir al conductor ser tendido sin doblar ni dañar los cables.

Poleas

Para las operaciones se utilizarán poleas con cojinete de rodamiento con un diámetro al fondo de la ranura igual a lo menos a 30 veces el diámetro del conductor. El tamaño y la forma de la ranura, la naturaleza del metal y las condiciones de la superficie serán tales que la fricción sea reducida a un mínimo y que los conductores estén completamente protegidos contra cualquier causa de daño. La profundidad de la ranura será suficiente como para permitir el tránsito del conductor y de los empalmes sin riesgo de descarrilamiento.

Seguridad del tendido

Se deberá tener un plan detallado de seguridad en el tendido del cable con el cual se garantizara con la supervisión la correcta utilización de los conductores como del personal técnico y equipo adecuado de tendido.

Empalme de los conductores

En el empalme de los conductores se deberá buscar que reducir al mínimo el número de juntas o empalme donde el número y la ubicación de las juntas será sometida a la aprobación de la supervisión técnica, de la misma manera las juntas no estarán a menos de 15m. desde la grapa del conductor más cercano, no habrá más que una junta por conductor en cualquier vano.

No se emplearán empalmes en los siguientes casos:

- Separadas en menos de dos vanos
- En vanos que cruzan ferrocarriles, líneas eléctricas o de telecomunicaciones, carreteras importantes y ríos.

Herramientas

Básicamente las herramientas para el manejo de los empalmes de los conductores consistirán en compresores hidráulicos, cada uno de ellos con sus accesorios y repuestos, y dos juegos completos de moldes para el conductor. Cada escuadrilla del tendido tendrá al menos dos compresores completos, uno de ellos puede ser usado como repuesto en caso de urgencia.

Preparación de los conductores

Se tendrá que tener particular atención para ver que los conductores y los carretes estén limpios antes de insertar los conductores en las poleas. Los extremos de los conductores serán cortados de modo que no presenten alambres o hebras dañados o faltantes. El corte de los conductores será con herramientas de corte recto sin menoscabo de los alambres y sin daños a las capas del conductor.

Empalmes modelos

Cada montador responsable de juntas de manguitos de comprensión ejecutara, en presencia de la supervisión, una junta modelo de unión, esto asegura un control de calidad previo a la propia ejecución, es más estas juntas de pruebas pueden ser sometidas a una prueba de tracción si el caso lo requiere.

Ejecución de los empalmes

Los empalmes del tipo manguito de compresión para los conductores serán ajustados de acuerdo a las indicaciones del fabricante, de tal modo que presenten características mecánicas y eléctricas más optimas.

Manguito de reparación

Cuando los conductores han sido dañados, se determinara si pueden ser utilizados los manguitos de reparación y si los tramos dañados deben ser cortados y los conductores cortados o en su defecto debe ser rechazados, los manguitos de reparación no serán empleados sin la autorización técnica respectiva.

Ensayos de los empalmes

Técnicamente sabido que los empalmes en la línea van ha producir resistencia de línea, alterando los parámetros del calculo inicial de gabinete por ello una vez terminado la compresión de las juntas o de las grapas de tensión (pistola o puño) se medirá con un instrumento adecuado la resistencia eléctrica de la pieza, la que no deberá sobrepasar la resistencia correspondiente del conductor de una largo igual.

Registro y ubicación de los empalmes

Se llevara un registro de cada junta grapa de compresión, manguito, indicando su ubicación, la fecha de ejecución, la resistencia eléctrica y el nombre del montador responsable. Cuando el registro de las juntas hechas por un montador muestra un rendimiento inferior a la exigencia normal, se buscara de inmediato la solución de esta.

12.7 Montaje de aisladores y accesorios

Procedimiento del montaje de los aisladores

Los aisladores serán manipulados cuidadosamente durante el transporte, ensamble y montaje de la línea.

Los aisladores que estén agrietados o astillados, que tienen clavijas sueltas o dobladas o con otros defectos aparentes, serán separados a fin de que no sean nuevamente presentados. Después del montaje los aisladores deberán estar limpios, las partes aisladoras brillantes y todas las otras partes libres de materiales extraños. El ensamble de aisladores estará de acuerdo con los detalles mostrados en los planes del proyecto, se verificara que los dispositivos de fijación y las clavijas de seguridad de las tuercas están en posición correcta.

Regulación de los ensambles de los aisladores

La regulación de los ensambles de aisladores de suspensión se hará de acuerdo a la tabla de regulación, y que contendrá las posiciones de las grapas con referencia a un punto fijo de la estructura y para las diferentes temperaturas de templado. Las cadenas de aisladores que después del templado aparezcan inclinadas en la dirección de los conductores de la línea deberán ser enderezadas.

Tendido y regulación de los conductores

Introducción

El tendido y la regulación de los conductores serán llevados a cabo de manera que las tensiones y flechas no sean sobrepasadas por las correspondientes conexiones de carga; que la componente horizontal de la tensión resulte uniforme en toda la

sección, y que las cadenas de suspensión sean verticales en todas las estructuras de alineamiento.

El tendido será llevado a cabo separadamente por tramos delimitados por estructuras de anclaje.

El tendido intermedio será requerido cada vez que no es posible garantizar la uniformidad de la componente horizontal de la tensión entre todos los vanos de la sección, debido a la fricción en las poleas o a diferencia en el nivel del suelo.

En tal caso se tomara medidas para evitar que las estructuras terminales del tendido intermedio sean sometidas a esfuerzos que sobrepasen en condición de carga normal.

Los cables estantes y la maquinas frenadoras serán ubicados en posiciones tales que no produzcan esfuerzos excesivos en las estructuras más cercanas.

Fijación de grapas

Los conductores deslizados en las poleas serán trasladados a su posición final con una tolerancia de 15cm. A tal fin pueden ser usadas cadenas de aisladores con las poleas fijadas debajo de los aisladores. En cada grapa de suspensión o anclaje el conductor será convenientemente bien limpiado y los preformados serán montados inmediatamente antes del ajuste en la grapa.

Puesta a tierra del aislador

Durante y después del tendido, los conductores deberán ser puestos permanentemente a tierra para evitar accidentes causados por descargas atmosféricas e inducción electrostática. Por otro lado se anotara los puntos en los cuales se ha puesto la toma a tierra de los conductores con el fin de removerlas antes de la puesta en servicio de la línea.

Amortiguadores de la línea

Después que los conductores de las líneas han sido tendidas a su flecha correcta, el montaje de los amortiguadores de vibración (modelo stokbridge), será en cada conductor en la forma y las distancias prescritas en el diseño.

Control de flecha y tensión

En este caso se dejara pasar el tiempo suficiente después del tendido (estiramiento por gravedad) y antes de la regulación de la flecha para que el conductor se estabilice

y al fijar las tensiones de regulación se tomaran en cuenta una oportuna asignación de tramo para la elongación durante este periodo.

La flecha y la tensión de los conductores serán controlados al menos en dos vanos por cada sección de tendido. Estos dos vanos estarán suficientemente lejos uno de otro para permitir una verificación correcta de la uniformidad de la tensión. Se emplearan dinamómetros apropiados, miras topográficas, taquímetros, binoculares, radio comunicadores y demás aparatos necesarios para el control del tendido, no olvidar la verificación y calibración de los dinamómetros antes de iniciar el trabajo.

Tolerancias de las flechas

En cualquier vano se admitirá el 1% de la flecha de cada conductor.

Registro del tendido de la línea

Para cada sección de la línea se llevara un registro del tendido indicando la fecha del tendido, la flecha de los conductores así como la temperatura del ambiente y del conductor y la velocidad del viento.

12.8 Desmontaje de la línea antigua

En este proceso se aplicara el criterio que se utiliza para el abandono o retiro de una obra de ingeniería eléctrica el que consiste en tratar de dejar el área ocupada con las características posibles a la que tenia antes de la ejecución de la obra o sea como era en un principio, lógicamente muchas de las veces se va ha tratar de llegar a ello

Desmontaje del conductor

El conductor de la línea antigua se recogerá y sé trasladar a los almacenes de la empresa para luego proceder a venderlo como material de baja, debido a que este generalmente se halla con deterioro visible y decapado por corrosión o deshebrado en el peor de los casos, además su tiempo de uso excede más de los 20 años, lo que indica que el material ya ha cumplido su ciclo de vida

Desmontaje de las cadenas de aisladores

El retiro de las cadenas de aisladores se deberá tratar de recuperar sin que se produzca su ruptura pues en su mayoría son de porcelana lo que aumentaría la

contaminación ambiental por ruptura de estos, no deberá quedar residuos en el campo y todos los materiales irán al almacén.

Desmontaje de las torres

El desmontaje de las torres se llevara a cabo en la posibilidad de que esta pueda ser desmontada como piezas o en su defecto se destruirá por la caída violenta, por otra parte en las áreas, donde el nivel de corrosión es de 3 menos se puede concluir que es un perfil recuperable y almacenable para su limpieza y pintado, se supone que el desmontaje se evaluara por tonelada de torre desmontada y los pesos son determinados teóricamente a partir de las listas de estructuras de la línea

El almacenamiento de los perfiles recuperables se realizará teniendo en cuenta el tipo y sector de la estructura a la que pertenece el perfil.

Demolición superficial de cimentaciones en abandono

El trabajo de demolición de los pedestales de las cimentaciones en el terreno debe ser realizado de tal modo que por lo menos 1m. de tierra cubra la parte de las cimentaciones no demolida, se realizara del pedestal y el corte de la montante embebida en el concreto y se procederá a la limpieza del terreno.

Transporte a los almacenes del material retirado

Se realizara el transporte de todos los componentes de la línea, de los conductores de los elementos de las torres desmontadas y se colocaran en un lugar de mantenimiento específico para su clasificación.

En general respecto al abandono de la antigua línea de transmisión L-207

Al iniciar el proceso de abandono de la antigua línea de transmisión L-207, que ha sido reemplazada por la rehabilitada, deben quedar las torres o postes libres del conductor inicialmente, luego se efectuara el retiro de los aisladores del poste, los mismos que se irán desenganchando, cuidadosamente uno por uno, teniendo cuidado de no soltarlo para no producir accidentes.

Retirados todos los aisladores de los soportes, los cuales deberán acomodarse o amontonarse cada cierta distancia, se procederá a su recojo, mediante vehículos de transporte elegidos para tal fin.

Posteriormente se procederá a retirar los pernos de cada uno de los ángulos metálicos de los entramados, empezando por la parte superior de cada soporte,

podiese suceder que la estructura se halle debilitada al momento de su condena con el peligro de desplome al aumentar cargas encima de ella, entonces se procederá obligatoriamente a contraventearla en los cuatro vientos, antes que algún equipo del personal vaya a trepar la estructura, el caso extremo es que no pueda superar lo anteriormente expresado, entonces se buscare el desplome dirigido por tensión lateral, como se trata de torres metálicas de transmisión, este trabajo se repetirá torre por torre, hasta terminar con el desmantelamiento de la línea, amontonando el material junto a cada torre. Luego, se recogerá todos los ángulos metálicos, y el área de servidumbre quedara totalmente limpia, salvo las cimentaciones de cada una de las bases de sustentación de cada torre.

A continuación se efectuará el proceso de la demolición de las cimentaciones, mediante el uso de taladros neumáticos o material explosivo, podiese suceder que no se pueda usar demolición explosiva, se apelara al uso del martillo neumático, luego de demoler la cimentación el material de desmonte se ubicara junto a la torre desmantelada, haciendo uso de picos y lampas formando pilas para que los camiones lo recojan, ese material serán depositadas en lugares apartados de evacuación previamente elegidos (como material de relleno).

La perforación en la cimentación, se hará hasta una profundidad suficiente y necesaria para sacar todo el material residual del vaciado del concreto y las zapatas y finalmente se rellenara dichos vacíos con tierra útil especial para la agricultura, en caso necesario se deberá reforestar la zona.

12.9 Conexión a las líneas existentes y trabajo en caliente

En general todos los empalmes, entre la línea existente y la línea sobre pórticos de madera, son descritos en los planos de distribución de las estructuras. Donde se trata de adecuar la placa de conexión entre los conductores de diferente diámetro, puesto que el manguito de comprensión es suministrado con la placa de conexión al cuello muerto, en los casos indicados este debe ser como se indica en los metrados.

12.10 Ingeniería de detalle para la rehabilitación de línea de transmisión L-207

En esta parte abordaremos brevemente como se puede realizar el proceso de revisión de los principales criterios de diseño ya señalados anteriormente, donde

tenemos que verificar su correcta aplicación y exactitud por lo que en la ingeniería de detalle se va visualizar. Dentro de los alcances principales de la ingeniería de detalle que correspondería desarrollar durante la fase de construcción esta comprende lo siguiente:

- Verificación del calculo mecánico de los conductores.
- Verificación de la utilización de las estructuras, en función de sus vanos característicos y las distancias de seguridad del terreno.
- Elaboración de las planillas finales de las estructuras como resultado del replanteo topográfico y definición de materiales a instalar.
- Lista final de materiales.
- Elaboración de las secciones diagonales y cortes de los postes.
- Elaboración de los planes de tendido, tabla de flechado, tabla de distancia de engrampado.
- Diseño y calculo de las cimentaciones de postes de madera y las cimentaciones de concreto, para los cruces del río y zonas de inundación.
- Diseño y cálculos de retenidas y puestas a tierra.
- Planos conforme a obra.
- Informes y justificaciones que solicita la supervisión.

Esta serie de verificaciones como elaboración de tareas, diseños e informes estarán contenidos en parte en los Anexos de planos, el que contendrá los planos de ingeniería y los Espaciamiento eléctrico de Seguridad.

| DISTANCIAS MÍNIMAS EN CONDICIÓN DE FLECHA MÁXIMA Y CONDUCTORES VERTICALES O DESVIADOS PARA LA LÍNEA L- 207 | | | |
|---|--|---------------|--------------|
| Ítem | Descripción | Unidad | Valor |
| 1 | Altura de los conductores | | |
| | Zonas no transitables por vehículos | m. | 7.00 |
| | Caminos transitables por vehículos | m. | 7.50 |
| | Carreteras y calles | m. | 9.00 |
| | Zonas inaccesibles o difícil acceso a personas | m. | 6.00 |
| 2 | Distancia a otras líneas que se cruzan | | |
| | De 220 kV. | m. | 4.00 |
| | De 138 kV. | m. | 3.50 |
| | De 60 kV. | m. | 3.50 |
| | De 33 kV. Y menor | m. | 4.00 |
| | De telecomunicaciones | m. | 4.50 |
| 3 | Distancia mínima a vivienda | m. | 5.00 |
| 4 | Distancia mínima sobre ríos | m. | 7.00 |
| 5 | Distancia mínima sobre cultivos de caña | m. | 9.00 |
| 6 | Distancias horizontales entre los conductores | m. | 5.79 |

Fuente :Especificaciones técnicas de las L. T. ETECEN, 1999

| CARGAS DE VIENTO Y FACTORES DE SEGURIDAD PARA LA LÍNEA DE TRANSMISIÓN L- 207 | | | |
|---|--|-------------------|--------------|
| Ítem | Descripción | Unidad | Valor |
| 1 | Carga de viento máximo | | |
| | Conductor | Kg/m ² | 39.10 |
| | Aislador | Kg/m ² | 39.10 |
| | Postes | Kg/m ² | 39.10 |
| | Crucetas y riostras | Kg/m ² | 64.60 |
| 2 | Rango de temperatura del conductor | | |
| | Mínimo | °C | 10.00 |
| | Máximo | °C | 55.00 |
| | Hielo sobre el conductor | mm | No hay |
| | Temperatura equivalente de alargamiento creep | °C | |
| 3 | Factor de seguridad en el conductor | | |
| | Tensión de cada día EDS | 18.18% | 5.50 |
| | Carga máxima de trabajo | 40.00% | 2.50 |
| 4 | Factores de seguridad con cargas de viento máximas | | |
| | Postes de madera, crucetas y riostras | | 2.00 |
| | Flexión del poste de madera | | 4.00 |
| | Poste de acero | | 1.25 |
| | Conductor | | 2.50 |
| | Aislador de anclaje | | 2.00 |
| | Aislador de alineamiento (0°-1°) | | 5.00 |
| | Aislador de otras ubicaciones | | 4.00 |
| | Ferretería | | 2.00 |

Fuente :Especificaciones técnicas de las L. T. ETECEN, 1999

| HIPÓTESIS DEL CALCULO DE CONDUCTORES PARA LA LÍNEA DE TRANSMISIÓN L- 207 | | | |
|--|--|-------------------|-------|
| Ítem | Descripción | Unidad | Valor |
| 1 | Every Day Strees (EDS) | | |
| | Temperatura media | °C | 20.00 |
| | Presión del viento | Kg/m ² | 0.00 |
| | Esfuerzo de trabajo respecto a la rotura | | 18% |
| 2 | Esfuerzos máximos | | |
| | Temperatura media | °C | 10.00 |
| | Presión del viento | Kg/m ² | 39.10 |
| | Esfuerzo de trabajo respecto a la rotura | | 40% |
| 3 | Flecha máxima | | |
| | Temperatura media | °C | 55.00 |
| | Presión del viento | Kg/m ² | 0.00 |
| | Esfuerzo de trabajo respecto a la rotura | | |
| 4 | Flecha mínima | | |
| | Temperatura media | °C | 10.00 |
| | Presión del viento | Kg/m ² | 0.000 |
| | Esfuerzo de trabajo respecto a la rotura | | 25% |

Fuente :Especificaciones técnicas de las L. T. ETECEN, 1999

| CARACTERÍSTICAS DEL AISLADOR DE PORCELANA | | | |
|--|---|-------------------|----------------------|
| Ítem | Descripción | Unidad | Valor |
| 1 | Tipo | | XHP 120L Ball socket |
| 2 | Denominación | | Super Fog |
| 3 | Fabricante | | Dalian |
| 4 | País de fabricación | | China |
| 5 | Material | | Porcelana |
| 6 | Diámetro del disco | mm | 320 |
| 7 | Paso del aislador | mm | 146 |
| 8 | Carga electromagnética de rotura | kN | 120 |
| 9 | Línea de fuga | mm | 555 |
| 10 | Ensamblaje | | IEC 16 A |
| 11 | Peso unitario | Kg | 10.60 |
| 12 | Manguito de Zinc | | Si |
| 13 | Características eléctricas | | |
| 13.1 | Tensión sostenida a frecuencia industrial | | |
| | En seco | kV | 80 |
| | Bajo lluvia | kV | 45 |
| 13.2 | Tensión de impulso al rayo | | |
| | Positivo | kV | 125 |
| | Negativo | kV | 130 |
| 14 | Tensión de perforación | kV | 110 |
| 15 | Galvanización de partes metálicas | Kg/m ² | 800 |
| 16 | Normas de galvanización | | ASTM |

Fuente :Especificaciones técnicas de las L. T. ETECEN, 1999

| CARACTERÍSTICAS DEL AISLADOR POLIMÉRICO | | | |
|--|-----------------------------------|---------------|------------------|
| Ítem | Descripción | Unidad | Valor |
| 1 | Tipo | | FYB120XL10751 |
| 2 | Fabricante | | Sediver |
| 3 | País de fabricación | | Francia |
| 4 | Material | | Goma silicón |
| 5 | Norma aplicable | | IEC 1109 |
| 6 | Voltaje de diseño | kV | 220 |
| 7 | Herrajes | | |
| | Material de los herrajes | | Acero galv. |
| | Galvanizado según norma | | ASTM A 153 |
| | Herraje extremo de la cruceta | | Y-Clevis |
| | Herraje de extremo de la línea | | Bola EIC 16 |
| 8 | Material aislante | | Goma de silicona |
| 9 | Material del núcleo | | Fibra de vidrio |
| 10 | Anillos equipotenciales | | |
| | Extremo de la torre | | No |
| | Extremo de la línea | | Uno-280 |
| 11 | Peso unitario | Kg | 19.20 |
| 12 | Longitud de conexión | mm | 3.234 |
| 13 | Distancia de fuga (según IEC 815) | mm | 12.254 |
| 14 | Valores mecánicos | | |
| | Carga de rotura mecánica | kN | 120 |
| | Ensayo mecánico de rutina | kN | 60 |
| 15 | Valores eléctricos | | |
| | Voltaje de descarga | | |
| | Impulso crítico positivo | kV | 1.730 |
| | Impulso crítico negativo | kV | 1.800 |
| | Frecuencia industrial en seco | kV | 1.000 |
| | Frecuencia industrial húmedo | kV | 920 |

Fuente :Especificaciones técnicas de las L. T. ETECEN, 1999

| TIPO DE CADENA DE AISLADORES DE PORCELANA PARA LA LÍNEA DE TRANSMISIÓN L- 207 | | | |
|--|---|------------------|------------------|
| A | Cadena de aisladores en suspensión | Long (mm) | Peso (Kg) |
| | Horquilla-bola | 72.000 | 1.50 |
| | Aisladores (21 unidades) | 3.066 | 222.60 |
| | Rotula | 70.000 | 1.50 |
| | Grampa de suspensión | 157.000 | 3.65 |
| | Varilla de amarrar | | 4.17 |
| | Amortiguadores | | 9.20 |
| | | 3.365 | 242.62 |
| B | Cadena de aisladores de anclaje | Long (mm) | Peso (Kg) |
| | Horquilla-bola | 72.000 | 1.50 |
| | Aisladores (23 unidades) | 3.066 | 222.60 |
| | Rotula | 123.000 | 1.50 |
| | Grampa de anclaje | | 4.00 |
| | Amortiguadores | | 9.20 |
| | | 3.261 | 238.80 |

Fuente :Especificaciones técnicas de las L. T. ETECEN, 1999

| TIPO DE CADENA DE AISLADORES POLIMERICOS PARA LA LÍNEA DE TRANSMISIÓN L- 207 | | | |
|---|---|------------------|------------------|
| A | Cadena de aisladores en suspensión | Long (mm) | Peso (Kg) |
| | Aisladores (1 unidad) | 3 234 | 19.20 |
| | Grampa de suspensión | 157 | 3.65 |
| | Varilla de amarrar | | 4.17 |
| | Amortiguadores | | 9.20 |
| | | 3 391 | 36.22 |
| B | Cadena de aisladores de anclaje | Long (mm) | Peso (Kg) |
| | Aisladores (1 unidad) | 3 234 | 19.20 |
| | Grampa de anclaje | 123 | 2 |
| | Amortiguadores | | 9.20 |
| | | 3 357 | 29.90 |

Fuente :Especificaciones técnicas de las L. T. ETECEN, 1999

12.10.1 Espaciamiento eléctrico

Se han considerado los siguientes espaciamientos:

- Espaciamiento entre el conductor y la estructura.
- Espaciamiento entre el conductor y el suelo.
- Espaciamiento entre el conductor y las líneas de potencia y comunicaciones.

12.10.1.1 Espaciamiento entre el conductor y la estructura para la rehabilitación de la línea de transmisión L-207

| DISTANCIAS ENTRE EL CONDUCTOR Y LA ESTRUCTURA PARA LA REHABILITACIÓN DE LA LÍNEA DE TRANSMISIÓN L- 207 | | |
|--|--|--------------------|
| Tipo de estructura | Condición | Espacio libre (mm) |
| Suspensión | Cadena de aisladores no flexionada debido a vientos transversales (balanceo del aislador 0° para estructura de alineación) | 2 110 |
| Suspensión | Cadena de aisladores flexionada transversalmente, debido a los vientos de velocidad moderada de 50 Km/h (balanceo del aislador de 20° para una estructura de alineación) | 1 270 |
| Suspensión | Cadena de aisladores flexionada transversalmente bajo la velocidad máxima de diseño del viento de 90 Km/h (balanceo del aislador de 40° para estructura de alineación) | 510 |
| Anclaje | Desde el lado con corriente de la cadena de aisladores de anclaje | 2 110 |
| Anclaje | Para el cuello muerto de las cadenas | 2 110 |

Fuente :Especificaciones técnicas de las L. T. ETECEN, 1999

12.10.1.2 Espaciamiento entre el conductor y el suelo

| ESPACIAMIENTO DEL CONDUCTOR-SUELO | |
|--|--------------------|
| Ubicación | Espaciamientos (m) |
| Zonas accesibles solamente a peatones (veredas, techos de edificios, etc.) | 6.0 |
| Zonas normalmente no transitadas por vehículos, pero accesibles a vehículos, incluyendo las áreas cultivadas | 7.0 |
| Zonas a lo largo y dentro de la faja de servidumbre y cruce de caminos y carreteras | 9.0 |
| Árboles | 3.0 * |

* desde la parte superior del árbol medida al momento de la inspección

Fuente :Especificaciones técnicas de las L. T. ETECEN, 1999

12.10.1.3 Espaciamiento entre el conductor y las líneas de potencia y línea de comunicaciones

| ESPACIAMIENTO CONDUCTOR-LÍNEA DE POTENCIA O LÍNEA DE COMUNICACIONES | |
|---|-------------------|
| Cruce de líneas | Espaciamiento (m) |
| 220 kV | 3.0 |
| 138 kV | 2.7 |
| 60 kV – 69 kV | 2.4 |
| 33 kV y menos | 2.3 |
| Líneas de comunicación | 2.4 |

Fuente :Especificaciones técnicas de las L. T. ETECEN, 1999

12.10.2 Conexiones de los postes de madera

Los conectores emperrados para amarrar las crucetas y las riostras serán fabricadas de acero inoxidable del tipo 316. Cuando se necesite fabricar material, tal como las placas de las crucetas, las placas de amarre de los puntales de retenida y las coronas anti-deslizantes deberán ser específicamente diseñados como placas relativamente simples y también fabricados en acero inoxidable del tipo 316.

Donde se utilicen conexiones bajo tierra, se podrán utilizar materiales de acero galvanizado. Los pernos deberán tener un diámetro de 6.4 mm (0.25") más grande de lo que exigen los diseños y nunca deberán ser menores de 25 mm (1"). Todos los materiales ferrosos bajo tierra, deben ser cubiertos con dos capas de un alquitrán aprobado antes de ser enterrados.

12.10.3 Ferretería del aislador en suspensión y en anclaje

El material para todos los ítems, a excepción de las grampas de suspensión, que serán fabricados en acero galvanizado. Para asegurar una buena resistencia a la corrosión, todos los materiales deberán ser especificados con una capa extra gruesa de galvanización (800g/m² o 110 mμ).

En las líneas de transmisión existentes, las grampas de suspensión, de suspensión estándar y los accesorios de compresión, han presentado pocas fallas debidas a la contaminación atmosférica. Sin embargo, las grampas de suspensión propuestas son de un diseño y una forma, que fueron originalmente diseñadas y utilizadas para minimizar el efecto corona en las líneas EHV (Extra High Voltage). La forma ovalada y aerodinámica de estas grampas, está particularmente bien adaptada para zonas de

alta contaminación, debido a que el cuerpo de aluminio es liso. Esto minimiza la acumulación de contaminantes y así reduce las pérdidas por corona. Además, se observó, que basado en la experiencia con diseños estándares, tales grampas redondas deberán presentar un mejor rendimiento frente a la corrosión.

Los manguitos de compresión serán artículos con las normas estándares, de catálogos previendo la aplicación de un compuesto de unión, en ambas caras del manguito de conexión al cuello muerto.

12.10.4 Toma a tierra en la línea L-207

La Toma a Tierra están conformadas por las conexiones a tierra de cada uno de los postes y estructuras como figuran en los planos, y adecuadamente utilizado para obtener los valores de la puesta a tierra prevista, luego de haber realizado la medición de la resistividad del terreno en cada una de las ubicaciones de las estructuras (muestreo con telurómetro), utilizando para el caso formatos adecuados previamente aprobados, en el que se anotara además las condiciones del terreno y de la superficie. En base a estos resultados de resistividad se elegirá el tipo de puesta a tierra a instalar.

Una vez elegida el tipo de puesta a tierra, se procederá a la excavación de las zanjas, la colocación de los contrapesos y el relleno compactado de las zanjas, con material proveniente de la excavación o de préstamo.

Una vez colocada las barras de cobre, se medirá la resistencia de la tierra de cada soporte eléctricamente puesto a tierra.

En base, a los resultados obtenidos se verá si la tierra deberá ser mejorada después de la prueba.

Las planillas para registrar las pruebas de resistividad del terreno contendrá además los valores de resistencia de puesta a tierra, elementos utilizados y cantidad de los mismos.

La medición del sistema de puesta a tierra se hará conforme a la longitud instalada del conductor. En este concepto se incluirá las excavaciones, instalación de electrodos y rellenos correspondientes. La medición de la resistividad del terreno y resistencias de la puesta a tierra se hará por unidad de estructura.

12.10.4.1 Materiales para la toma a tierra

En torres de transmisión, normalmente se utiliza como toma a tierra conductores de acero galvanizado. El cobre tiene menor resistencia que el acero pero no posee resistencia mecánica. Por otro lado el cobre es más costoso comparado con el acero

galvanizado y la experiencia operacional indica que el cobre generalmente es robado de las líneas de transmisión. Una vez que la toma a tierra de cobre es retirada, la estructura queda sin descarga a tierra.

Teniendo en cuenta la excesiva contaminación atmosférica encontrada en las zonas críticas, se propone en consecuencia la utilización de conductores, de electrodos y de grampas de acero inoxidable para la descarga a tierra. El conductor será el N° 5 AWG (American Wire Gauge), y de tipo 316 de acero inoxidable cocido o equivalente. Los electrodos serán de 19 mm (3/4") de diámetro y de 3 m (10') de largo y de cobre electrolítico.

Accesorios necesarios de la toma a tierra

- Conductor de acero inoxidable tipo 316 N° 5 AWG
- Grapas de fijación al poste de cobre o acero inoxidable
- Conectores # 5 AWG a # 5 AWG tipo compatible o acero inoxidable compatible
- Conectores # 5 AWG a electrodo compatible
- Electrodo de puesta a tierra de 3/4"x10' de acero inoxidable
- Tubo de plástico PVC extrapesado de 3/4"diám. X 3 metros
- Grapas de 2 orejas para sujeción del tubo de cobre o acero inoxidable

12.10.4.2 Sistema de toma a tierra

Para poder alcanzar los 25 ohms se propone el siguiente requerimientos:

- Pórticos con postes de madera llevarán dos electrodos por estructura para todas las clases de suelos.
- Postes tubulares de acero llevarán un electrodo por poste para todas las clases de suelo.
- Cuando el esquema descrito más arriba no es suficiente se deberán agregar electrodos adicionales. El electrodo adicional será ubicado cada 10m de acuerdo a la siguiente combinación:

Esquema de base + 2 electrodos (x2)

Esquema de base + 4 electrodos (x2)

Esquema de base + 6 electrodos (x2)

Cuando lo indicado precedentemente no es suficiente para bajar la resistencia de la estructura próxima a los 25 ohms (en la roca por ejemplo) se recomienda dejar dichos valores altos de resistencia.

12.11 Protección contra la erosión en la línea de transmisión L-207

12.11.1 Introducción

Durante los meses de Febrero y Marzo las lluvias torrenciales caen sobre una gran parte de la costa del Perú, inundación y erosiones, en algunos casos se conoce como Fenómeno del Niño.

La intensidad de las lluvias particularmente es severa en el Norte y Sur, afectando zonas desérticas históricamente, que son consideradas como "zonas secas".

Como consecuencia de dichas erosiones se construye protecciones para ciertas estructuras.

12.11.2 Tipos de protección de las estructuras contra la erosión en la línea L-207

Se han diseñado seis tipos diferentes de estructuras para controlar y protegerla contra la erosión hidráulica en zonas de avenidas, que se detallan a continuación:

| TIPOS DE PROTECCIÓN CONTRA LA EROSIÓN HIDRÁULICA | |
|--|---|
| Tipo | Descripción |
| P-1 | Muro de granulados. Enrocado de superficie |
| P-2 | Muro de concreto armado 0.5 – 1.0 m |
| P-3 | Muro de concreto armado 1.0 – 2.0 m |
| P-4 | Muro de piedra o concreto armado 0.5 – 1.5 m. Para pendientes |
| PE-1 | Muro de sostenimiento |
| PE-2 | Cimentación especial sólo para poste de Acero |

Fuente :Especificaciones técnicas de las L. T. ETECEN, 1999

12.11.3 Ubicación de las estructuras con protección de cimentación en la línea L-207

A continuación se brinda al detalle las ubicaciones de las estructuras de protección para la línea L - 207.

| PROTECCIÓN DE CIMENTACIONES CONTRA LA EROSIÓN EN LA LÍNEA L-207 | | | |
|---|--------------------|----------|---|
| Nº de la estructura | Tipo de protección | Cantidad | Notas |
| Pampa León | | | |
| 107-4 | P-1 | 1 | |
| 107-5 | P-1 | 1 | |
| Río Mala | | | |
| 107-70 | P-2 | 1 | 1 m de altura |
| 107-71 | P-2 | 1 | 1 m de altura sobre el nivel natural del Río Mala |
| Para toda la línea | | | |
| 107-1 a 107-105 | P-4 | 100 m | Muro de sostenimiento. Ubicación a decidir en la ejecución de la construcción |

Fuente :Especificaciones técnicas de las L. T. ETECEN, 1999

Ubicación de las medidas de protección en la línea de transmisión L-207:

- En la Estructura 107- 4 a 107- 5:

Protección de superficie. Muro de granulados anti-erosión.

- En la Estructura 107- 70 a 107- 71:

Teniendo en cuenta que los diques de contención son temporarios es prudente estimar que el riesgo de inundación y de erosión para las dos estructuras próximas a los diques (107 - 70 y 107 - 71) es todavía elevado. Por lo tanto se propone la protección de las cimentaciones de las 2 estructuras con muros anti-erosión de hormigón de 1 m de altura (P-2)

Para el caso de la protección de la Zona del Río Mala en la Línea L-207

Los diques de contención construido en cada una de las márgenes del Río Mala para contener las inundaciones, no aparecían en el perfil realizado. Según la posición de las estructuras, dichos diques no deberían presentar problemas de separación

vertical. No obstante y como medida de precaución, se agregará aproximadamente 1 m de separación vertical en el cruce del Río Mala.

Igualmente se recomienda rehacer el perfil del terreno entre las estructuras 107-69 y 107-76 antes del replanteo final.

Seguidamente se muestra un cuadro resumen de las zonas donde se deberá rehacer el perfil del terreno y la verificación de la repartición de las estructuras antes del replanteo final.

| SECTORES DE LÍNEAS DONDE SÉ DEBERA REHACER EL PERFIL Y LA VERIFICACIÓN DE LA REPARTICIÓN DE ESTRUCTURAS EN LA LÍNEA L-207 | | |
|--|----------------------------|----------------|
| Línea | Tramo – estructuras | Longitud (km) |
| L-207 | 107-09 – 107-76 (Río Mala) | 1.1 |

Fuente :Especificaciones técnicas de las L. T. ETECEN, 1999

12.12 Inspección y pruebas de la línea Rehabilitada terminada

Inspección de la línea rehabilitada o construida, una vez que ya se ha terminado la ejecución de la línea completa se inspeccionara la sección de la obra acabada a fin de emitir el certificado autorizando a proceder con las pruebas de puesta en servicio o entrega de esta. En tal motivo se verificara que a lo largo de toda la línea se cumpla estrictamente los siguientes requerimientos de:

- Inspección de la parte eléctrica
- Inspección de cada estructura

- **Inspección de la parte eléctrica:**
 - Que las distancias mínimas de seguridad de separaciones eléctricas sean respetadas.
 - Que los conductores estén limpios, sin averías, ralladuras, libres de barro, ramas y alambres.
 - Que las flechas de los conductores cumplan con los requerimientos del tendido y regulación.
 - Que todos los embalajes y materiales sobrantes sean retirados del terreno.

- Que el despeje de los árboles este conforme con los requerimientos de las especificaciones técnicas y de seguridad.
- Que los accesos y caminos de inspección estén terminados y en buenas condiciones presentes y futuras.

- **Inspección de cada estructura:**

En cada estructura se ha de verificar que hayan sido llevados a cabo los siguientes trabajos:

- Rellenos, compactado, nivelado alrededor de las cimentaciones, dispersión de la tierra sobrante y limpieza, que hayan sido ejecutada.
- Que las estructuras estén correctamente montadas con las tolerancias máximas prescritas, conforme a los planos de fabricación aprobados, debiéndose comprobarse que los elementos de madera no hayan sufrido torceduras o quebraduras, y estén limpios y sin daño alguno.
- Los pernos y tuercas estén ajustados con sus arandelas, correctamente ajustados y asegurados y pintados con pintura protectora donde sea requerido.
- Que los aisladores estén libres de materiales extraños y no hay discos dañados.
- La cadena de suspensión y anclaje estén montadas en su correcta posición, en conformidad con las especificaciones técnicas y las instrucciones de los planos.
- Que los accesorios para los conductores estén montados de acuerdo con los planos y además que estén completos.
- Que los conductores estén correctamente engrampados.
- Que todos los pernos, tuercas y clavijas de seguridad, de cada elemento de los dispositivos de suspensión y anclaje estén completamente aseguradas.

Prueba de puesta en servicio de la línea de transmisión

Las pruebas de puesta en servicio serán llevadas a cabo de acuerdo con las modalidades y programas previstos en los planes de ejecución.

El programa de las pruebas de puestas en servicio deberá abarcar:

- Determinación de la secuencia de fase.
- Medida de la resistencia eléctrica de los conductores de fase.

- Medición de la resistencia a tierra de cada poste.
- Medida de aislamiento fase a tierra y entre a fases.
- Medida de la impedancia directa.
- Medición de la impedancia homopolar.
- Medición de corriente, tensión, potencia activa y reactiva con la línea bajo tensión y en vacío.

La capacidad y precisión del equipo de prueba serán tales como para poder alcanzar resultados seguros.

Las pruebas de puesta en servicio serán llevadas a cabo en los plazos fijados de manera que se garantice la operatividad del sistema intercomunicado.

Inspección final de la obra

Se llevara a cabo de acuerdo con las especificaciones técnicas definidas en los documentos contractuales lo que supone un planeamiento que incluye sus tolerancias por contingencia.

Durante la inspección se controlara que las flechas y las distancias de seguridad estén conformes con los valores prescritos y dentro de las tolerancias admitidas a tal fin se proporcionara los instrumentos topográficos necesarios para efectuar tales controles con la línea bajo tensión.

Se verificara que las cadenas de suspensión en los tramos rectilíneos no tengan inclinaciones en la dirección de la línea.

Todas las correcciones de la flecha a la distancia de seguridad y a la posición de las cadenas de aisladores requeridas serán ejecutadas en un plazo asignado limitado. Al final se va a emitir un certificado técnico de inspección.

12.13 Periodo de operación experimental

Una vez finalizadas las pruebas de puesta en servicio según lo exigido en el acápite anterior, para la línea de transmisión se deben de considerar un periodo de operación experimental, en el cual cualquier irregularidad que podría suceder en su funcionamiento, esta deberá ser nuevamente sometida a una reinspección técnica para controlar su origen.

13.0 IMPACTO AMBIENTAL DE LA LÍNEA DE TRANSMISIÓN L-207

Todos los tramos de las líneas a reconstruir en las zonas críticas se sitúan sobre la misma directriz o sea paralela a las líneas existentes y a una distancia de 9 a 30 m. Casi el 90 % de la longitud total de las líneas a reconstruir se encuentran en zonas no cultivadas e inhabitadas.

En la zona de la nueva ruta de la línea (L-207) se ubica en el mismo corredor salvo la que tiene por objetivo de mejorar la ruta para reducir la longitud que atraviesa las zonas agrícolas y urbanas, por este motivo se ha realizado modificaciones en ciertos tramos. En este sector la cantidad de estructuras en zona agrícola es menor respecto a la línea existente.

Para todas las zonas agrícolas, la separación eléctrica se estableció de manera que minimizará el corte de árboles frutales.

Los efectos menores sobre la vegetación durante la construcción serán minimizados y medidas de protección serán previstas a fin de evitar la degradación del suelo (huellas de camión, excavaciones mínimas, etc.).

Con respecto a los daños temporarios a los cultivos durante la construcción, los agricultores serán indemnizados luego de la evaluación de los daños ocasionados a las tierras u ocupación permanente de las mismas.

Es importante recordar que los pórticos de madera proyectados no utilizan cables de retenida. Los dos postes de un pórtico de madera ocupan menos superficie que las cuatro patas de una torre de acero. Esto último implica que, en general, el impacto de los tramos sobre pórticos de madera será menor que sobre las torres de acero existentes.

Teniendo en cuenta todo lo antes mencionado se concluye que el impacto sobre el medio ambiente en la rehabilitación de las líneas de transmisión de las zonas críticas será mínimo.

14.0 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

A través del desarrollo del estudio hemos podido encontrar que en nuestro país se encuentran severas diferencias de climas, micro climas para las diferentes regiones, donde se puede desarrollar un tipo específico de diseño eléctrico para cada región, en especial la costa, además. Debemos tener presente que en el pasado se ha

observado un criterio general y estandarizado en el diseño de las líneas de transmisión, así como los materiales a usar en una línea de transmisión costera, olvidando la vulnerabilidad de estas en el transcurso del tiempo y el ambiente imperante en su entorno, esta vendría a ser una de las conclusiones respecto a lo observado durante el estudio, donde se puede concluir, que no es lo mismo desarrollar un diseño en la costa cercano al litoral a menos de 5 Km. de esta, y a 150 m.s.n.m. o a una altura de 4000 m.s.n.m. en la región sierra con todas las implicancias del caso y finalmente un desarrollo para el diseño en la región de la selva, aún cuando su altura sea esta de 800 m.s.n.m.

Al finalizar el estudio se puede establecer inicialmente las conclusiones de manera **general**, con respecto al logro de los objetivos planteados al inicio de esta.

El estudio ha podido lograr cubrir el análisis teórico sobre las causas que motivan la Rehabilitación de la línea, así como la aplicación demostrativa en la Rehabilitación de la línea L-207 de 220 kV, a la vez se ha expuesto los alcances y criterios técnicos, y otros criterios necesarios para su ejecución.

Se ha llegado a la conclusión sobre el aseguramiento y la eficiencia operativa sostenida de la línea con respecto a la reducción de pérdidas y control de los posibles siniestros al realizar la Rehabilitación del tramo crítico, empleando las Familias de Pórticos de Madera, además, teniendo en cuenta que esta viene a ser 15% del tramo total de la línea

Respecto al control de las pérdidas eléctricas se ha podido concluir que se hallan dentro de los niveles aceptables y manejables según lo observado durante el estudio, esta situación nos conduce a indicar que el problema se halla en el soporte y cimentación de la línea debido a la corrosión.

En el caso de la corrosión, se puede concluir que esta se ha podido controlar de manera directa al optar por materiales más estabilizados, que viene a ser los Pórticos de Madera así como la ferretería eléctrica y sus accesorios.

Del anterior párrafo se puede concluir que los gastos por mantenimiento se van a reducir notablemente a un mantenimiento necesario de limpieza, además, se puede indicar que el esperado de vida de los Pórticos de madera está bordeando holgadamente el periodo de más de 30 años de vida útil.

Sobre el control de la contaminación de los componentes de la línea como son los aisladores, ferretería eléctrica en este caso se ha concluido que es necesario el uso de los materiales metálicos ferrosos con capas de recubrimiento reforzado y más adelante se va a recomendar que no se use el que tenga recubrimiento estándar.

En el estudio se ha demostrado comparativamente el posible uso de los nuevos materiales (poliméricos), según los cuadros respectivos expuestos, por lo que es factible el uso de los nuevos materiales de última generación donde se puede concluir su adaptación a nuestro medio, aún cuando este tipo de material no ha acumulado los largos años de experimentación para que su aceptación sea definitiva.

Finalmente se puede concluir que este estudio está proponiendo una solución adecuada para la rehabilitación e incluso la metodología como debe desarrollarse el proceso de rehabilitación, además, a futuro se está proponiendo posible uso del Mapa Isosalino o Mapa de Corrosión el cual concluyentemente evitará mayores esfuerzos para poder determinar las zonas críticas de manera directa.

Habiendo realizado esta introducción, estableceremos las conclusiones con respecto a las diferentes etapas que se ha ido realizando en el estudio:

- Conclusiones respecto a las causas destructivas en las estructuras metálicas.
- Conclusiones sobre el planteamiento del diseño de la rehabilitación.
- Conclusiones en la ejecución de la rehabilitación con estructuras de pórticos de madera.
- Conclusión sobre el montaje electromecánico y obras civiles.
- Conclusiones sobre el impacto ambiental.
- Conclusiones sobre los costos / Km.

I.- Conclusiones respecto a las causas destructivas en las estructuras metálicas:

- ◆ Se concluye que el esperado de vida de la línea de transmisión de estructura metálica actual, es de 30 años con mantenimiento adecuado, o sea considerando aún el mantenimiento periódico, teniendo en cuenta que esta línea se encuentra bordeando el límite de los 28 años, desde el año 1973.
- ◆ Según los estudios estadísticos llevados a cabo se ha comprobado que el 15% de la línea de transmisión del tramo en estudio se hallan totalmente destruidos

por corrosión marina, por lo que se hace urgente rehabilitar estos tramos (zonas críticas).

- ◆ Actualmente se puede indicar que no es la contaminación de sólidos sedimentables la causante principal, sino la alta influencia de la contaminación marina o niebla salina, la que va ha producir la oxidación o herrumbre prematuro de las estructuras metálicas, este tipo de contaminación es la que predomina por estar muy cercano a la orilla del litoral.

- ◆ El proceso típico de corrosión de las estructuras metálicas en la costa peruana se presenta de esta manera:
 - Corrosión por aireación diferencial-picadura
 - Corrosión que es bajo tensión mecánica
 - Corrosión intra granular (en alambres)

- ◆ En el Perú, se puede observar que el proceso de intrusión marina a lo largo de la costa, se caracteriza por una penetración mediterránea, en el caso de la región norte es hasta 60 Km., lo que explica la necesidad del alejamiento de la costa de las estructuras metálicas de las líneas de transmisión para evitar la corrosión prematura, en la región central y sur de la costa se observa que la penetración de la niebla salina no pasa de 7 Km. debido a su topografía, la que es contenida por los efectos de las colinas o lomas costeras y contrafuertes de la cordillera que detiene su avance intrusivo, este también puede ser un indicador del paso o ruta adecuada que deberá tener una línea de transmisión en esta región.

- ◆ En las zonas de corrosión crítica se ha podido observar que los niveles de corrosión son de 3 a 5 donde las estructuras metálicas son irreparables, mas aun la ferretería eléctrica se halla en un deterioro progresivo a pesar de haberse realizado su mantenimiento, por otro lado se encuentra que los daños en las cimentaciones son severos y adicionalmente se nota una pobre puesta a tierra, donde además esta podría contribuir a la corrosión galvanica en las patas de la estructura.

- ◆ En las muestras elegidas al azar del conductor ACAR, de la línea se puede concluir sobre este, que su estado de conservación es relativamente bueno, solo que en los tramos críticos se visualizo que algunos hilos exteriores se habían

roto o deshebrado, por este motivo se necesita su reposición. Además se calcula que la vida útil residual promedio alcanzan los 25 a 30 años.

- ◆ Se concluye que en los aisladores de porcelana necesitan ser reemplazarlos en la zona crítica, ya que en esta presenta el pin de sostén (perno largo) presenta corrosión, y donde la corriente de fuga inducida aumentan este efecto corrosivo, por este motivo se debe usar manguitos anticorrosivos de Zinc, que pueden prolongar la vida de este por más de 15 años, aún en la zona de corrosión muy severa.

- ◆ En lo concerniente a la ferretería eléctrica se concluye que las piezas más afectadas es el perno de conexión a la torre en forma de U (grillo), el que tiene un periodo de vida máximo de 8 a 12 años, cuando este es de material acero estándar y el que se indicara en el historial del mantenimiento o recambio. Por este motivo se debe tener en consideración que el galvanizado se rija estrictamente a la norma o la supere.

- ◆ La cimentación de la estructura presenta agrietamiento en las bases, y esto se debe al ampollamiento del acero en su interior el que va ha formar un hidróxido u orín, y por otro lado nos encontraremos que existe una mala puesta a tierra, la que impide la disipación de corrientes parásitas de la estructura, provocando la corrosión galvánica. Sí se observa un agrietamiento vertical se puede suponer la penetración de la humedad que se destila a gotas del exterior con mayor facilidad, la que acelera la destrucción de esta, también esta condición supone un mantenimiento preventivo para poder mejorar la respuesta de la toma a tierra, así como la protección del concreto del suelo que lo rodea con el aumento proporcional de cal para reducir el contenido de la salinidad.

- ◆ En las pérdidas eléctricas se concluye:

Que las perdidas longitudinales o efecto Joule en el sistema es mínimo y se encuentran a los niveles aceptables.

Las perdidas transversales por corrientes de fuga (descargas disruptivas) se establecen que:

- Las perdidas por potencia debido a las corrientes de fuga fueron más pequeñas, y no excedieron de 0.5 MW por línea.

- Por este motivo algunos de los aislamientos fueron probados y operados bajo muy alta actividad de descarga.
- El monitoreo de los pulsos de corriente de fuga podrían ser usados para calcular la probabilidad de descarga disruptiva del aislador.
- Las pérdidas por corriente de fuga en términos económicos son insignificantes.

Las pérdidas transversales por efecto corona en la línea L-207, indica una severa pérdida por el fenómeno corona, generalmente por problemas de corrosión y polución.

El conductor propiamente limpio puede reducir la intensidad del fenómeno corona y entonces las pérdidas por corona.

En el circuito abierto, las pérdidas han variado durante el día, y fueron dependientes de la operación, el cual a fluctuado considerablemente.

II.- Conclusiones sobre el planteamiento del diseño de la rehabilitación:

- ◆ Se ha llegado a las siguientes conclusiones donde se plantean dos alternativas:
 - Se propone el mantenimiento y el control continuo de la línea.
 - Se propone la Rehabilitación del tramo crítico, en la misma directriz de la antigua línea.

Finalmente se concluye de las alternativas planteadas se ha escogido la segunda alternativa que es la Rehabilitación de la Línea de Transmisión.

- ◆ Se concluye que los criterios que se van a plantear e influir para desarrollo el diseño de la obra de rehabilitación, se debe tener en cuenta lo siguiente:

1.- Las variables independientes que se deben considerar para el diseño:

- La contaminación ambiental
- Calidad y tipo de material
- Carga de trabajo
- Costo del estudio
- Criterios personales del diseñador
- Estética en el diseño

2.- Las variables dependientes que se deben considerar para el diseño:

- Costo de la inversión
 - Tiempo de trabajo o esperado de vida de las estructuras
 - Protección y seguridad
- ◆ Se ha concluido que los criterios que se deben observar en este estudio para la ejecución de la obra de rehabilitación de la línea de transmisión costera L-207, se han considerado básicamente Tres criterios que son:
- Criterios de rehabilitación en la parte aérea o externa de las estructuras.
 - Criterios de rehabilitación para la zona de cimentación de las estructuras.
 - Criterio de rediseño del trazo o ruta de la línea (en la misma directriz, o un nuevo eje).
- ◆ Se ha establecido que la zona crítica para el tramo de la línea de transmisión L-207, comprende dos zonas que han sido además afectadas por las recientes inundaciones y lluvias:
- La zona de Pampa León
 - La zona del Río Mala
- ◆ Se ha planteado dos alternativas en el rediseño de la línea para la Rehabilitación de la de Línea, que pueden ser:
- Rediseño de la línea sobre la misma directriz, o eje paralelo
 - Rediseño de la línea en una nueva directriz, solo en el caso según convenga la exigencia (zonas urbanas).

Finalmente se ha concluido que el rediseño del trazo de la Rehabilitación será sobre la misma directriz, o eje paralelo ejecutado en caliente.

- ◆ En la ejecución se seleccionó el tamaño y el tipo del conductor definitivo basándose en lo siguiente:
 - Los resultados de la optimización del conductor
 - Las características requeridas en un conductor a fin de obtener una muy buena resistencia a la corrosión y a la fatiga, geometría del conductor en su sección (Trapezoide cerrada).
 - Las características requeridas en un conductor que permitiesen simplificar su limpieza (en caso que fuese necesaria) para reducir las pérdidas por corona, alisado del material (cuerpo liso).
 - Las características mecánicas de esfuerzo, que el conductor debe presentar de manera que permitiese su instalación en la sección de línea con pórticos de madera.

- ◆ Se concluye que se tiene que tener presente en una línea optima de transmisión, para poder reducir al mínimo los costos anuales de capital y de perdidas en la inversión, la siguiente combinación de:
 - El vano medio
 - La altura de las estructuras
 - La sección del conductor y
 - El tipo del conductor

- ◆ Debemos de concluir, que cuando la longitud de los postes supera los 22.8m (75 pies), el vano medio óptimo es aquel que resulta de la utilización de postes que no superen los 22.8m de largo(catenaria simétrica). En consecuencia, dependiendo de la topografía, el vano medio promedio varía entre los 275 y 300 m aunque en determinadas áreas podría tener mayor o menor longitud.

- ◆ Se ha establecido 3 niveles de temperatura, para los siguientes casos:
 - 1.- 10°C, presión del viento a 39.1Kg/m², la tensión final no deberá exceder del 40% de la resistencia de fluencia del conductor.
 - 2.- 20°C, presión del viento a 0.0Kg/m², la tensión final no deberá exceder del 18% de la resistencia de fluencia del conductor.
 - 3.- 10°C, presión del viento a 0.0Kg/m², la tensión inicial no deberá superar del 25% de la resistencia a la atracción del conductor.

III.- Conclusiones en la ejecución de la rehabilitación con estructuras de pórticos de madera:

- ◆ Se ha concluido que en la ejecución de la Rehabilitación se va utilizar postes de **madera** de la clase 2 Douglas Fir Coast (abeto Americano) o Southern Yellow Pine (Pino Amarillo Americano), tratados con Pentaclorofenol como preservante. El sustento de esta conclusión se debe a los estudios realizados in situ así como la oferta técnica del fabricante que garantiza su estabilidad así como su durabilidad.
- ◆ De lo anteriormente expresado se concluye que se va a utilizar un conjunto de **Familias de Pórticos de madera** en las líneas L- 207 con el objeto de minimizar el uso de componentes metálicos. Tanto los pernos como la ferretería de conexión serán de acero inoxidable. Para los Pórticos de ángulo y fin de línea no se utilizarán cables de retenida sino puntales de retenida en madera.
- ◆ Se ha concluido con certificación y seguridad que la permanencia o esperado de vida, para el poste de madera largo (abeto o pino) tratada, puede estar por encima de los 20 a 30 años o mucho más, además de reunir experiencias al respecto con la línea L-232 .
- ◆ Se ha considerado directamente el uso de estructuras compuestas de postes de madera, como son los pórticos de madera, en la que se tiene una familia de 10 tipos diferentes de pórticos, con el objeto de minimizar el uso de componentes metálicos. Tanto los pernos como la ferretería de conexión serán de acero inoxidable según las normas técnicas. Considerando para los Pórticos de ángulo y fin de línea, no se utilizarán cables de retenida sino puntales de retenida en madera.
- ◆ Se ha establecido que los postes de madera serán empotrados un 10% de su largo más 0.60 m. Los puntales de retenida serán enterrados una longitud no menor que el 10% de su longitud o 1.5 m.
- ◆ Se ha establecido para las riostras y crucetas se utilizarán el material de la especie Douglas Fir COAST, para separador de riostras se utilizara el material Douglas Fir Coast , Western Larch, Sauther Yellow Pine, madera rígidamente controlada, sin rajaduras, zonas en descomposición o agujeros causados por insectos, superiores a 2.4 mm, y nudos con un diámetro máximo 38 mm. No más

de uno por pieza y que no estén sueltos. Ahora respecto a la humedad en la madera esta podrá ser del 12% de humedad o inferior a esta.

- ◆ Se ha observado que las líneas de transmisión son afectadas por los vientos, y se extienden a lo largo de las regiones costeras del Perú, donde la velocidad de diseño máxima del viento está en un rango que va desde 70 a 90 km/h. De esta forma, las estructuras deberán ser diseñadas para resistir un viento constante de 90 km/h, que sopla de igual manera en todos los componentes de la línea de transmisión.
- ◆ Las presiones resultantes son 39.1 kg/m^2 aplicadas a las secciones redondas, tales como conductores, aisladores y postes y 64.6 kg/m^2 aplicadas a las secciones planas, tales como crucetas y riostras.
- ◆ En el caso de las líneas con pórticos de madera, la experiencia operacional ha demostrado, a través del tiempo, que si un conductor de fase se rompe, la flexibilidad de los postes de madera relajará la carga longitudinal, lo suficiente como para evitar fallas del tipo cascada.
- ◆ Los aisladores en las «zonas críticas», coinciden también con las áreas de alta contaminación, por lo que se propone, para los nuevos tramos de línea, mejorar y reforzar los niveles de aislamiento existentes, en la rehabilitación de la línea.
- ◆ Los aisladores en la línea de transmisión estarán equipadas, ya sea con aisladores de vidrio o de porcelana del tipo antifog en cantidades que varían desde 17 hasta 21 unidades (platos) por cadenas (220 kV.). Algunas cadenas de aisladores del tipo polimérico ya han sido instaladas recientemente para ganar experiencia operacional con este tipo de aislador.
- ◆ Los aisladores de suspensión serán seleccionados, basándose en una longitud de la línea de fuga del aislador de no menos de 50 mm/kV fase a fase o de una línea de fuga total de 11 000 mm.
- ◆ Cada unidad será especificada para tener una línea de fuga de no menos de 555 mm y una altura de 146 mm Lo que resultará una cadena de aisladores de suspensión de 21 unidades con una línea de fuga total de 11 655 mm y un aislador de 3 066 mm de largo, el cual se extiende 3 300 mm de largo en total cuando se incluya la ferretería asociada. El bastón del aislador será suministrado

con anillos de zinc. La resistencia mecánica-eléctrica mínima no debe ser menor a 67 kN (15,000 lbs) para cadenas en suspensión y 111 kN (25,000 lbs) para cadenas en anclaje

- ◆ Sólo en el caso de los aisladores poliméricos, se tendrá en cuenta lo siguiente:

La línea de fuga mínima especificada será de 11 000 mm y el largo máximo de la unidad será especificado para no exceder los 3 075 mm, con lo cual resultará de un largo total de la cadena, incluyendo la ferretería de 3 300 mm. El material aislante será goma o polimérico silicónico. Este presenta la propiedad hidrófuga (no acepta el agua), propicio para ambientes salinos donde el material aislante deberá cubrir completamente las varillas de fibra de vidrio de modo que no estén expuestas a los rayos ultravioletas UV, a la humedad ni a ningún otro material o agente contaminante que pueda afectar sus propiedades, esto viene a ser una de sus desventajas con respecto al porcelana o vidrio, de lo anterior se concluye que es un material de reciente uso por lo que se esta considerando experimentalmente lo que nos indica ciertas restricciones en su uso hasta conocerlo perfectamente.

- ◆ En la ferretería eléctrica ligada al aislador, se ha concluido que estos deberán ser fabricados de acero galvanizado, para poder asegurar una buena resistencia a la corrosión, todos los materiales deberán ser recubiertos con una capa extra gruesa de galvanización (800g/m^2 o $110\text{ m}\mu$).
- ◆ Se debe tener presente que los manguitos de compresión serán artículos con las normas estándares de catálogos, previendo la aplicación de un compuesto de unión, en ambas caras del manguito de conexión al cuello muerto.
- ◆ En la resistencia de toma a tierra, de los Pórticos hacia la tierra, este debe ser próximo a los **20 ohms**. Las medidas de resistividad efectuadas en le terreno, muestra claramente que en general el suelo presenta dos o tres estratos que varían de arena o grava. Los valores de resistividad de esos suelos son del orden de los 1000 a 40,000 ohms-m, encontrando en la mayoría de los mismos valores altos de resistividad en los arenales secos. En los casos donde se encuentra la roca los valores de resistividad superan los mencionados anteriormente.

- ◆ Se ha concluido que la utilización de conductores con electrodos y grampas de acero inoxidable para la descarga a tierra. El conductor será el N° 5 AWG (American Wire Gauge), y el tipo 316 de acero inoxidable cocido o equivalente. Los electrodos serán de 19 mm (3/4") de diámetro y de 3 m (10') de largo de cobre electrolítico.
- ◆ Todos los Pórticos con postes de madera llevarán dos electrodos por estructura para todas las clases de suelos.
- ◆ Se deberá realizar la Inspección y Prueba de la línea terminada se verificara a lo largo de toda la línea se cumpla estrictamente los siguientes requerimientos de:
 - Inspección de la parte eléctrica
 - Inspección de cada estructura
- ◆ El programa de las pruebas de puestas en servicio deberá abarcar:
 - Determinación de la secuencia de fase.
 - Medida de la resistencia eléctrica de los conductores de fase.
 - Medición de la resistencia a tierra de cada poste.
 - Medida de aislamiento fase a tierra y entre a fases.
 - Medida de la impedancia directa.
 - Medición de la impedancia homopolar.
 - Medición de corriente, tensión, potencia activa y reactiva con la línea bajo tensión y en vacío.
- ◆ Para la línea de transmisión se debe considerar un Periodo de Operación Experimental, en el cual cualquier irregularidad, que podría suceder en su funcionamiento, esta deberá ser nuevamente sometida a una reinspección técnica para controlar el origen.

IV.- Conclusiones sobre el montaje electromecánico y obras civiles:

- ◆ Se concluye para futuras experiencias futuras en el montaje electromecánico, sobre el uso de los cables galvanizados estos deberán estar bien protegidos y no expuestos directamente a la neblina salina, adicionalmente se puede recomendar las retenida tipo alumoweld, que son las más recomendables en las áreas costeras, pero lo ideal seria evitar en todo lo posible las estructuras de

retenida metálica, o en su defecto esta podría ser un puntal de madera en su reemplazo.

V.- Conclusiones sobre el impacto ambiental:

- ◆ Como conclusión respecto a lo expuesto anteriormente se puede establecer que la rehabilitación esta afectada por los factores ambientales (corrosión marina) y el crecimiento poblacional.
- ◆ Así mismo la línea a rehabilitar no ocasionara impactos ambientales relevantes en él medio que le rodea, salvo si la población desarrolla un crecimiento urbano desordenado cercano al paso del electroducto, por lo que seria necesario tener presente las áreas de seguridad, así como el ordenamiento urbano futuro.

VI.- Conclusiones sobre los costos/Km.:

Respecto a las conclusiones que podrían derivarse sobre los costos de la línea de transmisión costera del Perú tenemos el siguiente cuadro:

| CONSOLIDADO COMPARATIVO DE COSTOS DE LAS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN COSTERAS DEL PERÚ | |
|--|---------------------|
| Línea De Transmisión (Pórticos De Madera) | Costo En Dolares/Km |
| L-207(LIMA-PISCO) Zona Papa León | 85 110.72 |
| L-215-A (Paramonga Chimbote) Zona Chimbote | 78 204.25 |
| L-215-B (Paramonga Chimbote) Zona Casma | 87 144.18 |
| L-215-C (Paramonga Chimbote) Zona Huarney | 94 657.26 |
| L-238 (Chiclayo Piura) Zona Morrope | 75 789.84 |
| | |
| Promedio / Km. De Línea | 82 740.67 |
| | |
| L-213(Poste Metálico Tubular) | 117 575.69 |

Fuente ETECEN, Hoja de consolidado de costos por Km. de línea. 1999

En el presente cuadro se observa los costos diferenciales entre los pórticos de madera y el poste metálico tubular, Que representa un monto un poco más elevado que el de los pórticos de madera, Ahora en el uso de la estructura metálica se da en casos muy especiales (vanos muy amplios, rompe tramos) por lo que en algunos casos permiten su escogencia excepcionalmente. Y finalmente por el lado de costos y su esperado de vida optimo del poste de madera. Ver Anexo N° 11 sobre el consolidado de costos de la línea L-207.

RECOMENDACIONES Y OBSERVACIONES PARA LA REHABILITACIÓN DE LA LÍNEA L-207

- ◆ Se ha podido observar que a partir del nivel de salinidad 3.5 a 5, se produce corrosión severa a muy severa, por lo que se recomienda la utilización de estructuras en Pórticos de madera en las “zonas críticas”
- ◆ En el transcurso del estudio se ha podido observar que aún no existe un mapa de contaminación salina, o MAPA DE ISÓSALINAS de las diferentes regiones principalmente de la Región de la costa, este mapa representa la medición probabilística de las curvas de concentración de sales como resultado de la intrusión marina en la costa, conocida con el nombre técnico de niebla salina, la que va a provocar un alto nivel de corrosión, desde el nivel 1 hasta el nivel 5, dando un corto periodo de vida a todas las estructuras metálicas. El diseño de referido mapa va a poder representar la solución al control y ubicación de las zonas de menor a mayor corrosión, información valiosa para los diferentes tipos de diseñadores ya sea en estructuras metálicas, estructuras de concreto, interiores habitacionales, puentes y toda estructura que este expuesta a la intemperie en estas áreas, no sólo el diseñador eléctrico la va a utilizar, pues permitirá decidir y prevenir el tipo adecuado de estructuras, así como su mantenimiento lo que representa un costo económico en cualquier inversión de una obra de ingeniería, se podría decir que el mapa Isosalino es tan importante en la costa como lo es el mapa isoceraunico en la región de la sierra. La recomendación va en el sentido de que su ausencia representa un desafío para los investigadores en meteorología e ingenieros en corrosión y mantenimientos de las diferentes especialidades, por ello su futuro diseño se hace recomendable dadas las implicancias expresadas en este párrafo.
- ◆ El presente estudio según los análisis y las conclusiones indicadas, para la costa peruana lo que se trata de sugerir el NORMALIZADO O ESTANDARIZADO de las estructuras de transmisión para la alta tensión (60 a 220 KV) de líneas costeras, que son en este caso una familia de pórticos de madera en sus diferentes diseños (10), salvo en los vanos demasiado amplios en los que se tenga que usar adicionalmente estructuras metálicas, con vanos superiores a 600 m. o en quebradas profundas.

- ♦ De los anteriores párrafos a y b se puede deducir como una recomendación técnico económica que al no existir un mapa isosalino, que clasifique los niveles intrusivos de salinidad que va del nivel 1 al 5, sólo queda recomendar el alejamiento en lo posible de la costa litoral que presenta un nivel promedio sostenido de concentración salina 4 y 5, como se observa en nuestro estudio en el tramo Chilca Mala, que equivale a 30 Km. de línea de estructuras metálicas, así como la protección en las subestaciones eléctricas a la intemperie, por ello este estudio recomienda el uso de materiales estabilizados, en este caso serian LOS PÓRTICOS DE MADERA de postes largos Douglas Fir (abeto americano, 25.4 m.), y Yellow Pine (pino americano, 25.4m.) y el uso excepcional de estructuras metálicas.
- ♦ Al observar el cuadro adjunto abajo, podemos inferir acerca de la elección recomendada para las estructuras en la costa que puede estar determinada ya sea por las ventajas y desventaja:

| CUADRO COMPARATIVO ESTIMADO DE LA LÍNEA DE TRANSMISIÓN COSTERA | | | |
|--|------------------|--------------|--|
| Estructuras | Duración En Años | Costo \$/Km. | Mantenimiento Y Operación De La Estructura |
| Celosía O Torre Metálica | 25 | 120 000 | Continuo Y Sobre Mantenimiento |
| Familia De Pórticos De Madera | 30 - 40 | 85 000 | Ligero En Los Accesorios Y Línea |

Elaborado por L. F. Cesare C.

Como desventaja en la familia de pórticos de madera serán:

- Costos diferenciales más bajos se observan en los pórticos de madera.
- Más tiempo de duración por estabilidad del material.
- Requiere menos mantenimiento en cuanto a la estructura propiamente.

Como desventaja en la familia de pórticos de madera serán:

- Los vanos limitados a su vano medio 300m
- La altura de elevación de la línea lo que nos indica el uso excepcional de una estructura metálica o torre en casos de grandes vanos o elevación en lugares peligrosos.

◆ RECOMENDACIONES SOBRE LAS PÉRDIDAS ELÉCTRICAS

- Las pérdidas transversales varían en una tasa de aproximadamente 0.1 MW/kV.
- El uso en la medición del fenómeno corona, sirve para identificar los tramos de varias líneas, donde este fenómeno fue intensamente y significativamente encontrado.
- Por este motivo la limpieza en el conductor va ha reducir la perdida por efecto corona.

◆ Recomendaciones para el diseño en el control de la agresión química

Es recomendable tener en cuenta lo siguiente:

- En los diseños de mezclas (como acción previa a la construcción).
- En la agresión química.

1. En los diseños de mezclas:

- Se debe cumplir las relaciones H_2O /cemento bajas.
- Se debe utilizar la menor cantidad de H_2O compatibles con la trabajabilidad.
- Se debe utilizar agregados densos y con poca absorción.
- Usar granulometría continua que se aproximen a las curvas de distribución teórica tipo Fuller o Bolomey.
- En lo posible emplear aditivos que facilitan la reducción de la relación H_2O /cemento y el contenido de agua en la mezcla.
- Se debe emplear el mayor tamaño de agregados y el mayor porcentaje de piedras compatibles con las condiciones de colocación y trabajabilidad.

2. En la agresión química:

En la evaluación prolija de los componentes para poder descartar los agregados reactivos con los álcalis o los contaminados con los cloruros o sulfatos.

En general no se van emplear aditivos que contengan cloruros ni agua de mezcla contaminada con sales sin ser previamente analizada.

Para el caso específico de la base del poste de madera se sugiere impermeabilizar en lo posible las estructuras expuestas al flujo de soluciones salinas mediante pinturas bituminosas con base de alquitrán o brea ú utilizar telas plásticas como forro de dicha base, la que no permite indefinidamente el contacto directo aún con el concreto.

Podría darse el caso, aunque no siempre se da, y este consistiría en remplazar el suelo contaminado adyacente a las estructuras de concreto, con rellenos granulares que sirvan de drenaje para romper el flujo capilar y evitar que las sales en solución entren en contacto con el concreto, pero sé tendría que observar los costos constructivos operacionales así como la urgencia de esta medida. Se debe utilizarse cemento tipo II, Tipo V o puzolanicos en el concreto.

- ◆ Por tal motivo el conductor elegido y recomendado fue el ACAR el que se presenta entre los rangos de secciones de 400 mm² a 800 mm², (en nuestro caso será el de 500 mm²), además de su geometría trapezoidal que impide el ingreso del polvillo contaminante por sus intersticios longitudinales cerrados, y por otro lado reduce drásticamente el efecto corona por ser un conductor liso, estos conductores soportan una carga entre 50 Mw, 70 Mw, 100 Mw y 150 Mw. El costo básico anual por pérdidas fue de \$ 0.038/kW.h, para todos los casos. Como efecto comparativo se observo que el costo básico anual por pérdida es de \$ 0.019/kW.h, para el caso de 70MW.

◆ **Recomendaciones sobre las medidas de protección**

Luego de haber realizado la clasificación de los sitios afectados por las eventuales inundaciones y la erosión del terreno, donde se ha recomendado cuatro tipos de protección, que fueron diseñadas para las cimentaciones, que estarán expuestas en zonas de posibles riesgos de erosión o inundación.

Se recomienda que las estructuras seleccionadas para la protección en cada una de las cimentaciones según se muestra el número y tipo de ellas en el cuadro siguiente:

| LÍNEA | TIPO DE PROTECCIÓN Y CANTIDAD DE ESTRUCTURAS | | | | | |
|-------|--|-----|-----|---------|------|------|
| | P-1 | P-2 | P-3 | P-4 (*) | PE-1 | PE-2 |
| 207 | 2 | 2 | - | 100 m | - | - |

Fuente: Especificaciones técnicas de las L.T. ETECEN, 1999

(*) de este tipo se ha contabilizado 100m. lineales Ver anexos sobre protección

◆ **Recomendaciones Sobre La Contaminación De Los Aisladores**

Es necesario prever una limpieza manual a trapo en las cadenas de aisladores con una frecuencia de cada tres años siguiendo un cronograma de mantenimiento.

◆ **Recomendaciones Sobre Los Amortiguadores de Vibración**

Se tendrá que recomendar específicamente a los proveedores, sobre los parámetros de la línea para adecuar el diseño específico del amortiguador (stockbridge), indicando que es una línea de transmisión de 220 kV. Ubicada en la costa con alta niebla salina que corre de Norte a Sur, donde el terreno es por lo general plano y descubierto, intercalado con breves pasajes de suelo montañoso, existiendo escasa o nula vegetación. Las temperaturas varían entre 0 °C y 45 °C, y vientos cruzados que se originan diariamente con registros de velocidad alcanzando los 1.0 a 10 m/s y superiores, mientras que el rango de vanos varían entre los 200 y 500 m., y los vanos medios son de 250 a 350 m.

◆ **Recomendaciones Sobre Las Grampas**

La grampa de suspensión deberá presentar las siguientes recomendaciones:

- El largo de engrampado en sentido horizontal será, como mínimo 5.5 veces el diámetro del conductor.
- La mordaza de la grapa deberá ser curva con un radio de mínimo 90 mm en una distancia suficiente que permita al conductor desviaciones tangenciales hasta 20°, en dirección vertical hasta 10° en dirección horizontal.
- El cuerpo de la grampa será liso y libre de irregularidades y rugosidades.
- Los radios de las ranuras deberán ser tales que el conductor y los preformados puedan ser sometidos firmemente sin deformaciones evitándose separaciones de las hebras del conductor.

◆ **Recomendaciones Sobre La Ferrería Eléctrica de Acero Inoxidable**

Se recomienda que para la ferretería eléctrica todos los tipos de acero inoxidable deberán ser auténticos de acero inoxidable, cuya aleación es de hierro-cromo-carbón-molibdeno-silicio-manganeso-níquel del tipo 316.

◆ **Recomendaciones Sobre La Ferreteria Eléctrica De Acero Galvanizado**

Se recomienda que todos los materiales serán galvanizados de acuerdo a la norma ASTM A153, Specification For Zinc (Hot Galvanized) COATING ON Products Fabricated From Rolled, Pressed And Forged Steel Shapes, Plates, Bars And Strips. Donde la capa de Zinc será por lo menos 800 gr/m² en toda la superficie excepto en las roscas donde será de por lo menos 550 gr/m².

Finalmente se hace hincapié respecto al material para todos los ítems, a excepción de las grampas de suspensión, que serán fabricados en acero galvanizado. Para asegurar una buena resistencia a la corrosión, todos los materiales deberán ser especificados con una capa extra gruesa de galvanización (800g/m² o 110 μ).

◆ **Recomendaciones Sobre Los Empalmes de los conductores**

En el proceso de montaje se tendrá en cuenta que los empalmes de los conductores se deberá buscar que reducir al mínimo el número de juntas o empalme donde el número y la ubicación de las juntas será sometido a la aprobación de la supervisión técnica, de la misma manera las juntas no estarán a menos de 15m. desde la grapa del conductor mas cercano, no habrá mas que una junta por conductor en cualquier vano.

No se emplearan empalmes en los siguientes casos:

- Separadas en menos de dos vanos
- En vanos que cruzan ferrocarriles, líneas eléctricas o de telecomunicaciones, carreteras importantes y ríos.

◆ **Recomendaciones Sobre El Registro Del Tendido De La Línea**

Se hace recomendable que para cada sección de la línea se llevara un registro del tendido indicando la fecha del tendido, la flecha de los conductores así como la temperatura del ambiente y del conductor y la velocidad del viento.

◆ **Recomendaciones Sobre El Abandono De La Antigua Línea L-207**

En este proceso se aplicara el criterio que se utiliza para el abandono o retiro de una obra de ingeniería eléctrica, según las recomendaciones de las Normas Técnicas al respecto, Guía De Estudio De Impacto Ambiental Para Las

Actividades Eléctricas, M.E.M., el que consiste en tratar de dejar el área ocupada con las características posibles a la que tenía antes de la ejecución de la obra o sea como era en un principio, lógicamente muchas de las veces se va a tratar de llegar a ello

◆ **Recomendaciones Sobre Los Materiales Para La Puesta A Tierra**

Teniendo en cuenta la excesiva contaminación atmosférica encontrada en las zonas críticas, se recomienda en consecuencia la utilización de conductores, de electrodos y de grampas de acero inoxidable para la descarga a tierra. El conductor será el N° 5 AWG (American Wire Gauge), y de tipo 316 de acero inoxidable cocido o equivalente. Los electrodos serán de 19 mm (3/4") de diámetro y de 3 m (10') de largo y de cobre electrolítico, para poder alcanzar una resistencia de 25 Ohms.

◆ **Recomendaciones Sobre Las Pruebas De Puesta En Servicio De La Línea De Transmisión L-207**

Se recomienda con carácter estricto la revisión de las pruebas de puesta en servicio que serán llevadas a cabo de acuerdo con las modalidades y programas previstos en los planes de ejecución.

El programa de las pruebas de puestas en servicio deberá abarcar:

- Determinación de la secuencia de fase.
- Medida de la resistencia eléctrica de los conductores de fase.
- Medición de la resistencia a tierra de cada poste.
- Medida de aislamiento fase a tierra y entre a fases.
- Medida de la impedancia directa.
- Medición de la impedancia homopolar.
- Medición de corriente, tensión, potencia activa y reactiva con la línea bajo tensión y en vacío.

15.0 BIBLIOGRAFIA

En general, los criterios de diseño utilizados se rigen por las siguientes disposiciones:

EN GENERAL

1. Transmission Line Reference Book 345 Kv. and Above Second Edition - Electric Power Research Institute 1982.
2. Transmission Line Desing Manual-United States Department of the Interior 1980 - Denver, Colorado
3. Código Nacional de Electricidad Tomo IV, Sistema De Distribución, D.G.E.-M.E.M.
4. Primer Congreso Nacional De Ingeniería Estructural y Construcción, Tecnología Del Concreto, Diciembre Del 1998, Pagina 86, ACI, Capitulo Peruano.
5. Mantenimiento De Línea de Transmisión Del Sistema De Transmisión Del Sistema Interconectado Del Centro Motivado Por La Contaminación Ambiental, Alberto Molinari Gando, 1978, Callao (Tesis UNAC).
6. Estudio De Sobretensiones Transitorias En Sistemas Eléctricos Y Coordinación De Aislamiento, Gilberto Enríquez Harper, Volumen II, 1983, México, Editorial Limusa.
7. Medición De Perdidas De Transmisión En El SICN Con Medidores Electrónicos, Santiago Lino León,1994, Callao (Tesis UNAC).
8. Proyecto Jequetepeque, Estudio, Aprovechamiento Hidroeléctrico Posibilidades De Industrialización, Salzgitter Industriebau Gesellschaft MBH, 1968.
9. Articulo, Acción del Viento sobre las Construcciones, Ingº Luis F. Zapata Baglietto, U.N.I., E.I.C. Nº 23, Octubre del 2001, Lima, Perú.
10. Memoria Anual 2000 Annual Report, ETECEN, Lima, Perú.

DE LAS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN

1. Boletín REA: Desing Manual for High Voltage Transmission Lines – REA Bulletin 1724E-200, 1728F – 700, 1728F – 702.
2. Normas REA, VDE 210 y otras normas internacionales específicas, las mismas que establecen los requerimientos mínimos a que se sujeta el desarrollo de la ingeniería del presente Proyecto.
3. Estudio para la reducción de Pérdida y Efectos salinos en el sistema de transmisión de ETECEN – DESSAU – MERZ y CESEL.
4. VDE (Norma Alemana de Diseño de Líneas)
5. ANSI/IEEE Standard para cálculo de Ampacidad

DE LOS POSTES DE MADERA

1. Preservación de Madera ITINTEC 251.027, Diciembre, 1972
2. Impregnación De Maderas Vinculadas Al Poste Largo, Artículo Del AEP, Ingeniero Raúl Gonzáles Flores UNALM.
3. La Creosota En La Preservación De La Madera, La Molina Perú, Instituto de Investigaciones Forestales (mimeografiado). Raúl Gonzáles Flores UNALM
4. Preservación De La Madera, Ed. Salvat, Barcelona, Hunt, G.M. y Garrat. 1962.
5. ANSI 05.1-1987 American National Standar Specifications and Dimensions for Wood Poles.

DE LOS AISLADORES

1. ANSI C29.1-1982 American National Standar, Test Methods for Electrical Power Insulator.
2. ANSI C29.2-1983 American National Standar, Insulator – Wet – Process Porcelain and Toughened Glass – Suspension Type
3. ASTM D2240 Rubber Properties – Durometer Hardness.

DE LOS ACCESORIOS DE LA LÍNEA

1. IEEE 563 -1978, Guide on conductor self-damping measurements.
2. IEEE 664-1993, Guide for laboratory Testing of Vibration Dampers.
3. ASTM A153, Specification for Zinc coating (Hot Dip) on Iron and Steel Hardware.
4. ASTM A307, Specification for Carbon Steel Externally Threaded Fasteners.

5. IEC 270, Partial Discharge Measurements.
6. ASTM A239, Standard Test Method For Steel Locating The Thinnest Spot In A Zinc (Galvanized) Coating On Iron Or Steel Articles By The Pierce Test (Copper Sulphate Dip).
7. ASTM A380, Recommended Practice For Descaling And Cleaning Stainless Steel Surfaces.
8. ASTM A193/A193-M-93a, Standar Specification For Alloy-Steel And Stainless Steel Bolting Materials For High Temperature Service.
9. ASTM A555/A555M-94a, Standard Specification For General Requirements For Stainless And heat Resisting Steel Wire And Wire Rods.
10. ASTM A351/A351M-94, Standard Specification For Castings, Austenitic-Ferritic (Duplex), For Pressure-Containing parts.
11. ASTM A153, Specification For Zinc (Hot Galvanized) COATING ON Products Fabricated From Rolled, Pressed And Forged Steel Shapes, Plates, Bars And Strips.
12. ASTM A307, Standard Specification For Carbon Steel Externally Threaded Standard Fasteners.

DE LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL

1. Vigilancia de la contaminación ambiental – Ing^o José Silva Cotrina – Centro de Investigación y Desarrollo – SENAMHI – julio del 2000, Lima-PERÚ.
2. GUÍA DE ESTUDIOS DE IMPACTO AMBIENTAL PARA LAS ACTIVIDADES ELÉCTRICAS, Sub sector Electricidad, Ministerio de Energía y Minas, Republica del Perú.
3. Estudio De La Contaminación De Aisladores Aplicado Al Mantenimiento De Líneas De Servicio. Primera Parte, Justo Yanque M., CONIMERA 3^{ra} 1975.
4. Estudio De La Contaminación De Aisladores Aplicado Al Mantenimiento De Líneas De Servicio. Segunda Parte, Justo Yanque M., CONIMERA 4^{ta} 1977.
5. Asociación Electrotécnica Peruana, A.E.P., Paper, Efectos De La Contaminación En Los Aislamientos Externos, Ing^o. Justo Yanque M., Lima, octubre del 2001.
6. Boletín Técnico de PROCOBRE- PERÚ, Electro Redes, Setiembre 1997 # 1.
7. Boletín Técnico de PROCOBRE- PERÚ, Electro Redes, 1998 # 1.
8. Boletín Técnico de PROCOBRE- PERÚ, Electro Redes, 1998 # 2.
9. Boletín Técnico de PROCOBRE- PERÚ, Electro Redes, 1999 # 1.

16.0 INDICE DE ANEXOS

ANEXOS DE UBICACIÓN

ANEXO 01 PLANO DE UBICACIÓN, SISTEMA DE TRANSMISIÓN ELÉCTRICO.

ANEXO 02 PLANO DE UBICACIÓN DE LA LINEA 207, LIMA -PISCO

ANEXOS DE LA ZONA DE CORROSIÓN

ANEXO 03 PLANO DE UBICACIÓN DE LA LINEA DE TRANSMISIÓN L-207, ZONAS DE CORROSIÓN O CRITICA

ANEXO 04 ZONA CRITICA A REEMPLAZAR DE LA LÍNEA DE TRANSMISIÓN L-207

ANEXO 05 NIVEL DE CORROSIÓN REAL DE LA LÍNEA DE TRANSMISIÓN L-207

ANEXO 06 NIVELES DE CORROSIÓN VS. DISTANCIA AL MAR DE LA LÍNEA DE TRANSMISIÓN L-207

ANEXOS VARIOS

ANEXO 07 RECONSTRUCCIÓN PROPUESTA PARA LAS CIMENTACIONES UBICADAS EN SUELOS MUY AGRESIVOS (A), REPARACIÓN MENOR DE CIMENTACIÓN EXISTENTE (B)

ANEXO 08 RESISTIVIDAD

ANEXO 09 CORTE DEL CABLE

ANEXO 10 CARACTERISTICA DEL POSTE LARGO DE MADERA

ANEXO 11 CONSOLIDADO DE COSTOS

ANEXO 12 ESTRUCTURA DE LOS CRITERIOS DE SELECCIÓN Y EVALUACIÓN

ANEXO 13 EXTRACTO PROMEDIAL DE LAS CONDICIONES DE LAS CONDICIONES CLIMATOLOGICA PARA LOS SISTEMAS DE TRANSMISIÓN ELECTRICA DEL PERÚ

ANEXO DE FOTOS

07 FOTOS TECNICAS DE ESTRUCTURAS METALICAS CON CORROSIÓN

ANEXOS DE PLANOS

TRAZO DE RUTA

- PERU (G10-G20 - G30) RUTA DE LA LÍNEA L - 207

PERFIL Y PLANIMETRIA

- PERÚ 88215 - 207 - 010 KM 00 + 000 a KM 01 + 422
- PERÚ 88215 - 207 - 020 KM 01 + 422 a KM 02 + 854
- PERÚ 88215 - 207 - 030 KM 02 + 854 a KM 04 + 186
- PERÚ 88215 - 207 - 040 KM 04 + 186 a KM 05 + 618
- PERÚ 88215 - 207 - 050 KM 05 + 618 a KM 07 + 050
- PERÚ 88215 - 207 - 060 KM 07 + 050 a KM 08 + 482
- PERÚ 88215 - 207 - 070 KM 08 + 482 a KM 09 + 914
- PERÚ 88215 - 207 - 080 KM 09 + 914 a KM 11 + 246
- PERÚ 88215 - 207 - 090 KM 11 + 246 a KM 12 + 678
- PERÚ 88215 - 207 - 100 KM 12 + 678 a KM 14 + 110
- PERÚ 88215 - 207 - 110 KM 14 + 110 a KM 15 + 542
- PERÚ 88215 - 207 - 120 KM 15 + 542 a KM 16 + 974
- PERÚ 88215 - 207 - 130 KM 16 + 974 a KM 18 + 306
- PERÚ 88215 - 207 - 140 KM 18 + 306 a KM 19 + 638
- PERÚ 88215 - 207 - 150 KM 19 + 638 a KM 20 + 970
- PERÚ 88215 - 207 - 160 KM 20 + 970 a KM 22 + 302
- PERÚ 88215 - 207 - 170 KM 22 + 302 a KM 23 + 534
- PERÚ 88215 - 207 - 180 KM 23 + 534 a KM 24 + 966
- PERÚ 88215 - 207 - 190 KM 24 + 966 a KM 26 + 398
- PERÚ 88215 - 207 - 200 KM 26 + 398 a KM 27 + 730
- PERÚ 88215 - 207 - 210 KM 27 + 730 a KM 29 + 162
- PERÚ 88215 - 207 - 220 KM 29 + 162 a KM 30 + 594
- PERÚ 88215 - 207 - 230 KM 30 + 594 a KM 32 + 026

ESTRUCTURAS TIPICAS DE MADERA

- PERU - 301 - 010 PORTICO DE ALINEAMIENTO 0°-1° TIPO MA
- PERU - 301 - 020 PORTICO DE ALINEAMIENTO 0°-1° TIPO MU
- PERU - 301 - 030 PORTICO DE TRANSPOSICION 0°-1° TIPO MT
- PERU - 301 - 040 PORTICO DE ANGULO 1°-10° TIPO MB
- PERU - 301 - 050 PORTICO DE ANGULO 10°-20° TIPO MC
- PERU - 301 - 060 PORTICO DE ANGULO 20°-30° TIPO MD
- PERU - 301 - 070 PORTICO DE FIN DE LINEA 0°-1° TIPO MG
- PERU - 301 - 080 PORTICO DE ANCLAJE 0°-1° TIPO MH
- PERU - 301 - 090 PORTICO DE ANCLAJE 1°-20° TIPO MJ
- PERU - 301 - 100 PORTICO DE ANCLAJE 20°-90° TIPO MK

DETALLES

- PERU - 301 - 110 PORTICOS DE MADERA
- PERU - 301 - 120 CADENAS DE AISLADORES
- PERU - 301 - 130 CIMENTACIONES (1 DE 2)
- PERU - 301 - 140 CIMENTACIONES (2 DE 2)
- PERU - 301 - 150 PUESTA A TIERRA
- PERU - 301 - 160 ESPACIAMIENTOS ELECTRICOS
- PERU - 301 - 170 CRUCETAS
- PERU - 301 - 180 CRUCETAS Y RIOSTRAS
- PERU - 301 - 190 PIEZAS METALICAS

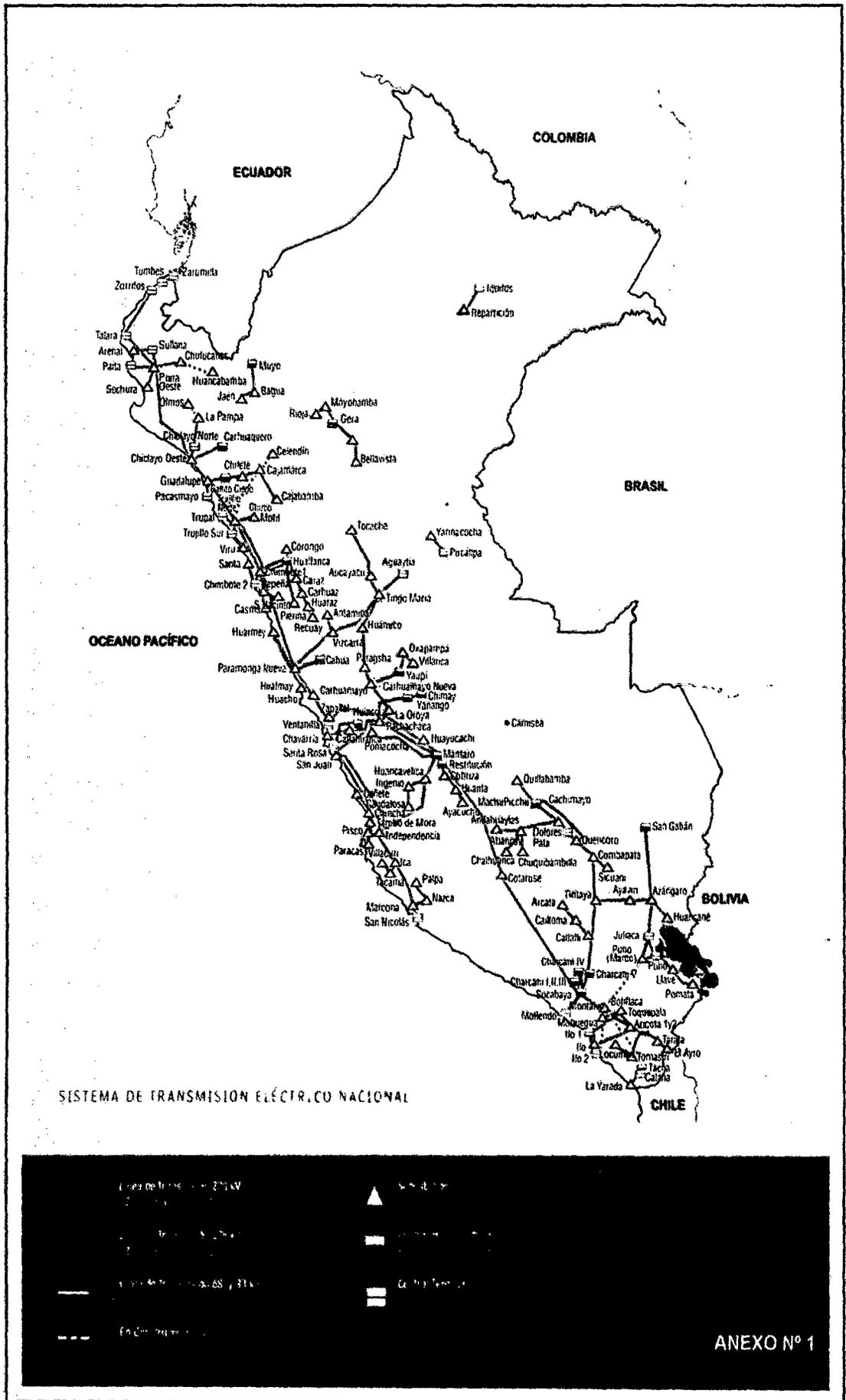
PROTECCION

- PERU - 301 - 210 CONTRA EROSION PARA PORTICOS DE MADERA

VARIOS

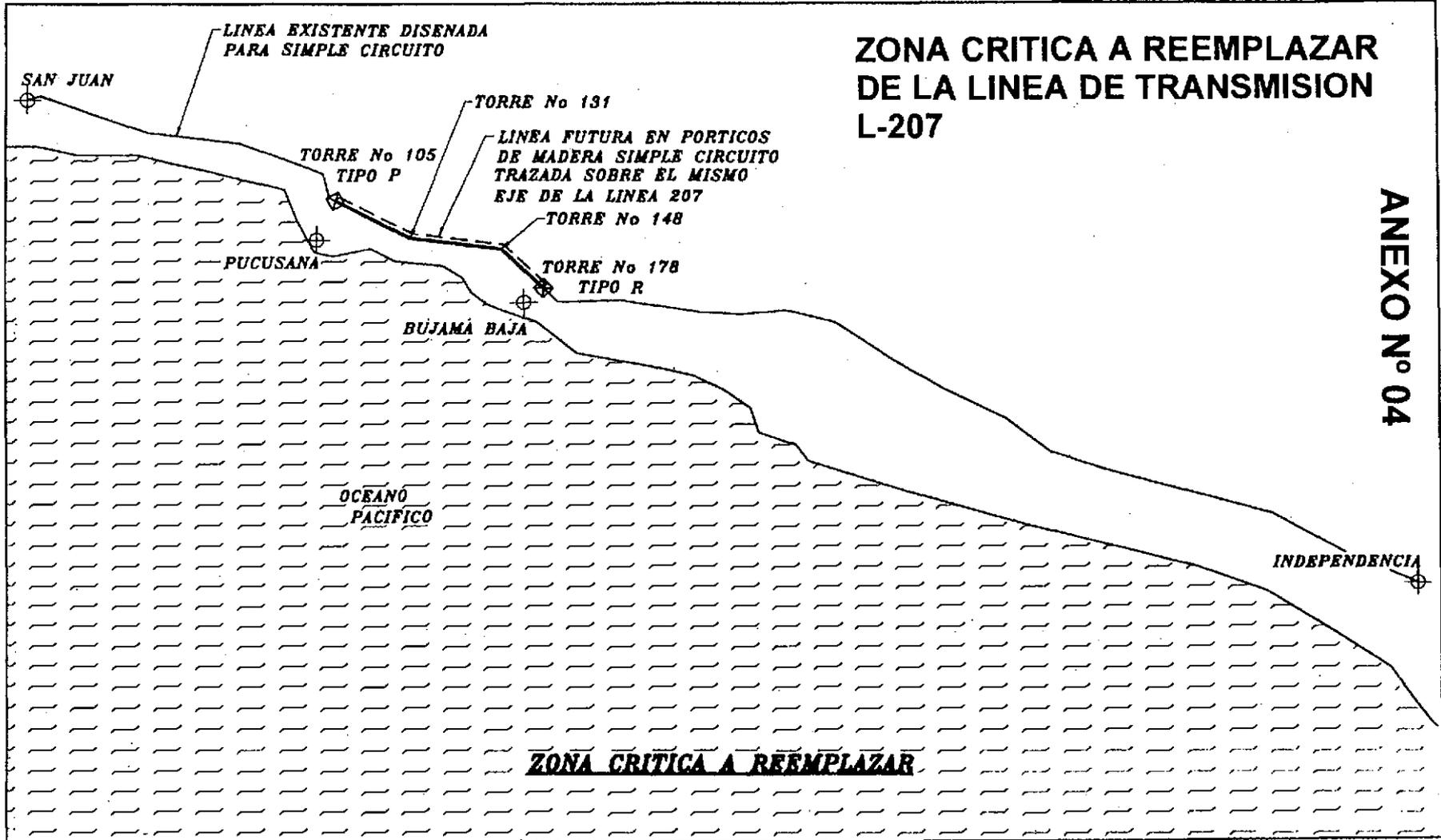
- PERU - 301 - 350 ESQUEMAS DE RECONSTRUCCION
- PERU - 301 - 360 PLACAS DE IDENTIFICACION
- PERU - 301 - 370 INSTALACION DE CONTRAPESOS
- PERU - 301 - 380 TRANSPOSICION EN PORTICOS DE MADERA TIPO A
- PERU - 301 - 390 TRANSPOSICION EN PORTICOS DE MADERA TIPO B

FIN



ZONA CRITICA A REEMPLAZAR DE LA LINEA DE TRANSMISION L-207

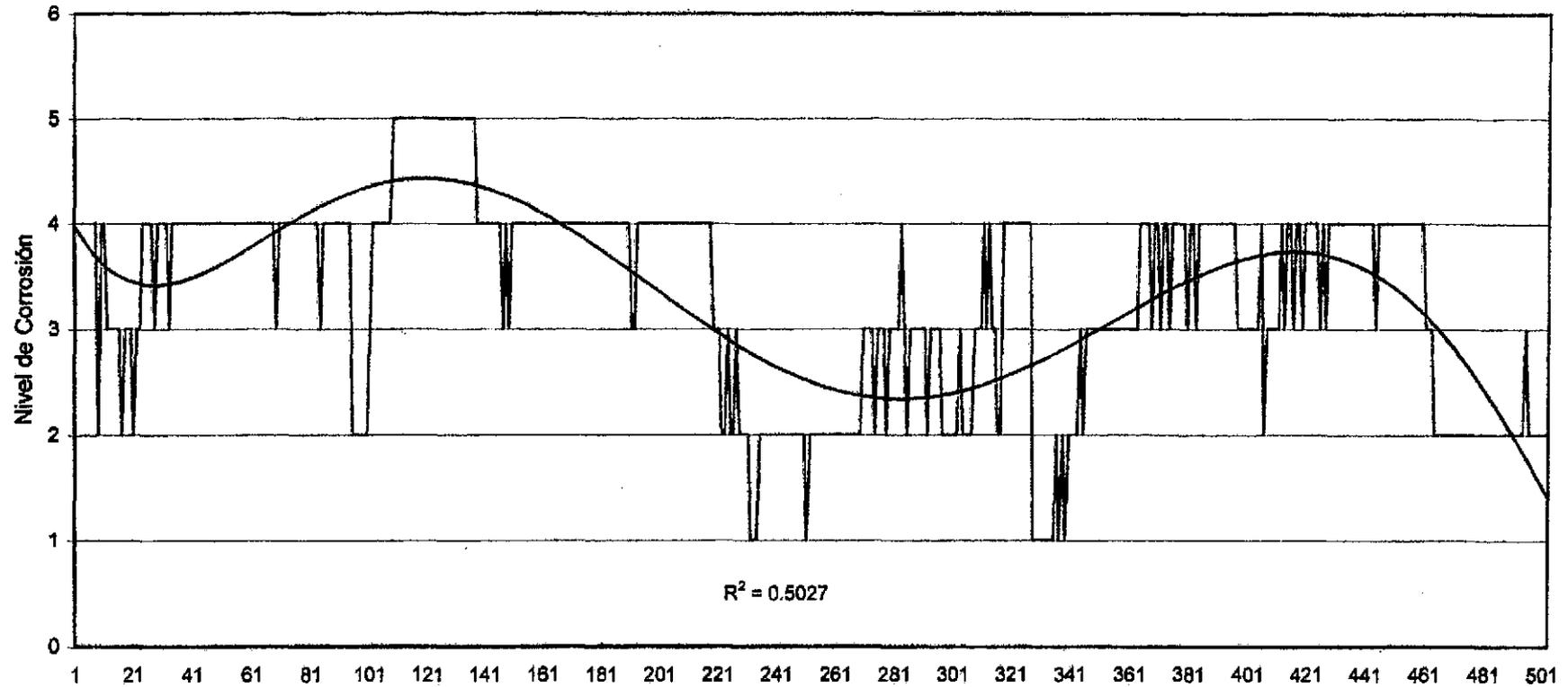
ANEXO N° 04



ZONA CRITICA A REEMPLAZAR

NIVEL DE CORROSIÓN REAL DE LAS TORRES
Línea 207

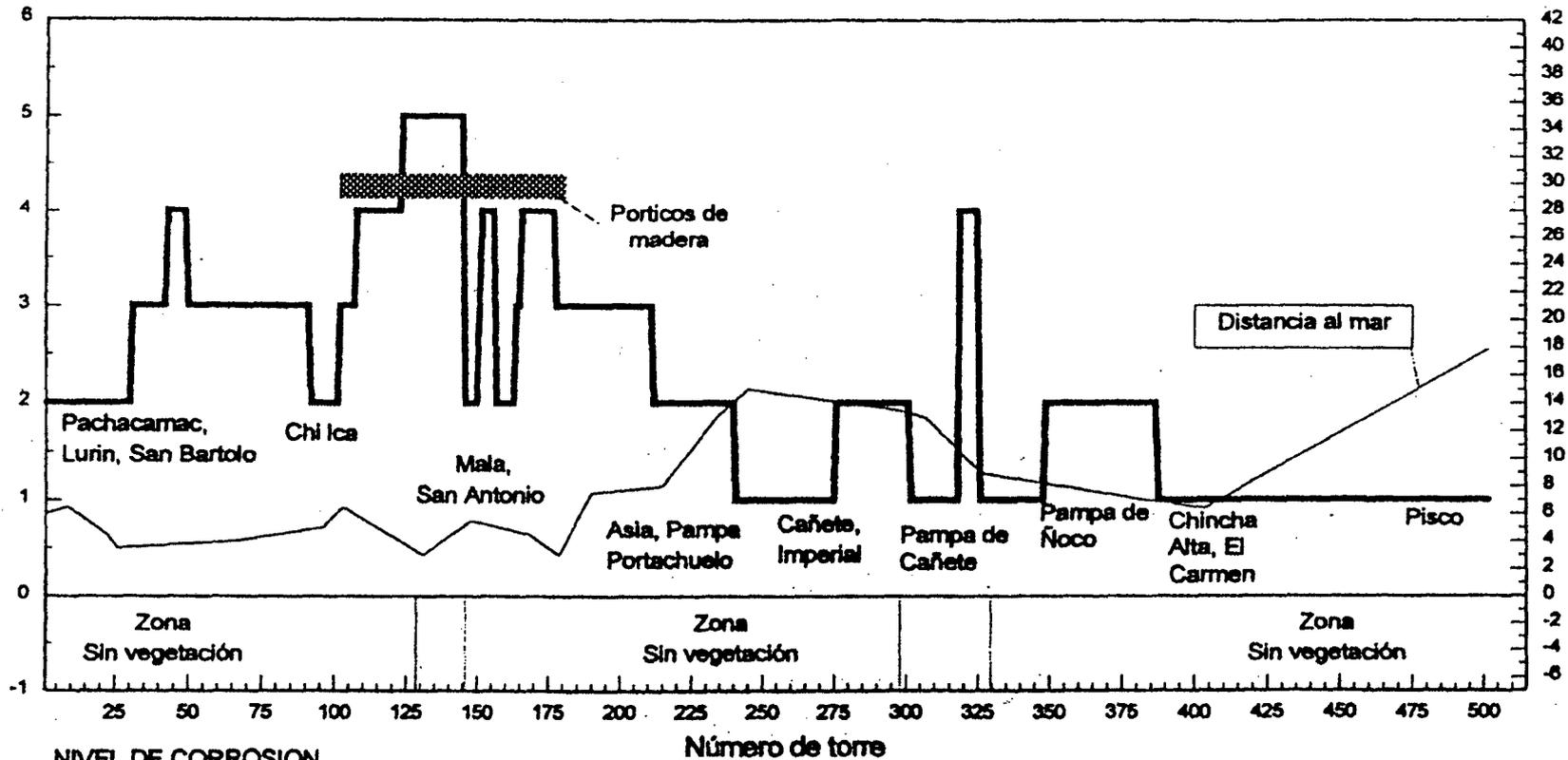
ANEXO N° 05



Nivel 1 = Buen estado, 2 = Signos de corrosión, 3 = Corrosión visible, 4 = Fuerte corrosión, 5 = Corrosión severa

Nivel de corrosión

Distancia al mar en km



NIVEL DE CORROSION

- 1 Buen estado
- 2 Signos de Corrosión
- 3 Corrosión Visible
- 4 Fuerte Corrosión, Laminación
- 5 Corrosión Severa, Pérdida de Acero

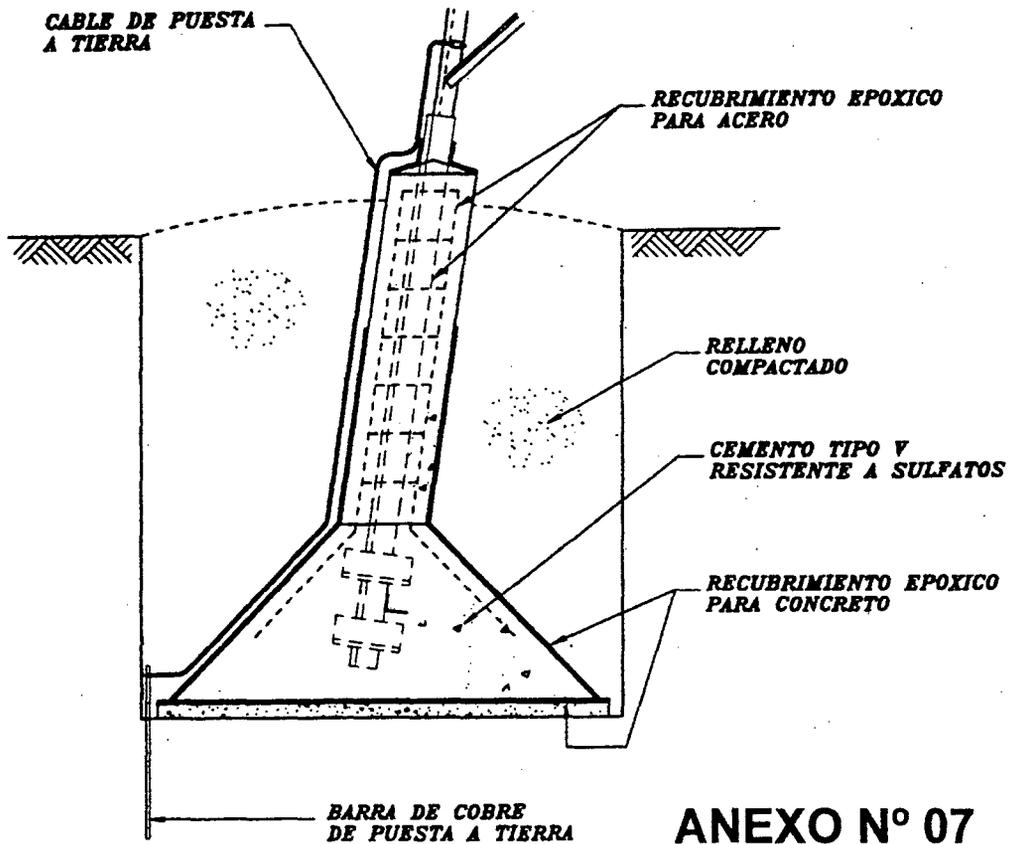
Niveles de Corrosión vs. Distancia al mar
LINEA 207 Lima - Independencia

ANEXO Nº 06

ANEXO N° 08

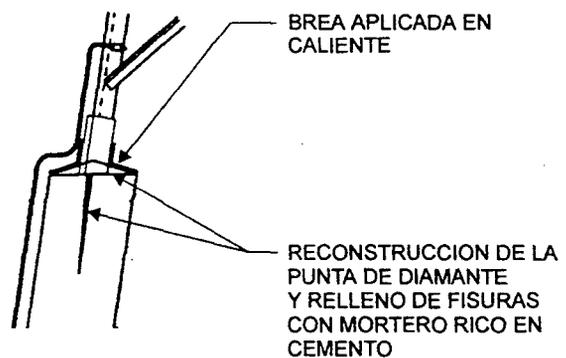
| RESISTIVIDAD Y ELECTRODO DE PUESTA A TIERRA DE LAS ESTRUCTURAS EN LA LÍNEA LIMA-PISCO L-207 | | | | | | | | | | | | | |
|---|------------------|------------------------|------------------------|------------------------|--------------|--------------|------------------------|------------------------------|--------------|---------------|---|---------------|-----------------------------|
| Item N° | Ubicación | RESISTIVIDAD | | | | | | ELECTRODO DE PUESTA A TIERRA | | | | | Resistencia Efectiva (ohms) |
| | | κ_1 (ohms-m) | κ_2 (ohms-m) | κ_3 (ohms-m) | h_1 (m) | h_2 (m) | κ_a (ohms-m) | Cantidad | Largo (m) | Diam. (mm) | Config. | Separ. (m) | |
| 1 | T-106, km 0.326 | 1100 | 209.52 | | 0.4 | | 198.95 | 4 | 3.0 | 19 |  | 10 | 18.73 |
| 2 | T-111, km 2.436 | 4200 | 42.42 | | 2 | | 77.77 | 2 | 3.0 | 19 |  | 6 | 13.68 |
| 3 | T-116, km 4.314 | 550 | 1841.3 | 341.17 | 1.0 | 2.2 | 810 | 12 | 3.0 | 19 |  | 10 | 29.74 |
| 4 | T-121, km 6.702 | 75 | 26.35 | | 1.2 | | 30.21 | 2 | 3.0 | 19 |  | 6 | 5.31 |
| 5 | T-126, km 8.817 | 280 | 720 | 18.02 | 0.8 | 2.9 | 543.69 | 12 | 3.0 | 19 |  | 10 | 19.96 |
| 6 | T-131, km 10.814 | 580 | 2320 | | 0.44 | | 2343.06 | 2 | 3.0 | 19 |  | 10 | 412.12 |
| 7 | T-136, km 12-903 | 1250 | 535.71 | | 1.6 | | 659.28 | 12 | 3.0 | 19 |  | 10 | 24.20 |
| 8 | T-141, km 15.191 | 405 | 559.29 | 409.36 | 0.9 | 0.5 | 419.13 | 8 | 3.0 | 19 |  | 10 | 21.14 |
| 9 | T-146, km 17.659 | 230 | 31.36 | | 0.7 | | 32.27 | 2 | 3.0 | 19 | | 6 | 5.68 |
| 10 | T-151, km 19.539 | 100 | 257.14 | | 0.6 | | 257.14 | 4 | 3.0 | 19 |  | 10 | 24.21 |
| 11 | T-156, km 21.812 | 400 | 289.66 | | 0.8Z | | 295.00 | 4 | 3.0 | 19 |  | 10 | 27.78 |
| 12 | T-161, km 24.056 | 1180 | 635.38 | | 0.7 | | 645.15 | 12 | 3.0 | 19 |  | 10 | 23.68 |
| 13 | T-166, km 26.234 | 4200 | 6300 | | 0.8 | | 5822 | 2 | 3.0 | 19 |  | 10 | 1024.13 |
| 14 | T-171, km 28.661 | 2200 | 898.59 | | 0.7 | | 916.37 | 12 | 3.0 | 19 |  | 10 | 33.64 |

CIMENTACION RECONSTRUIDA (A)



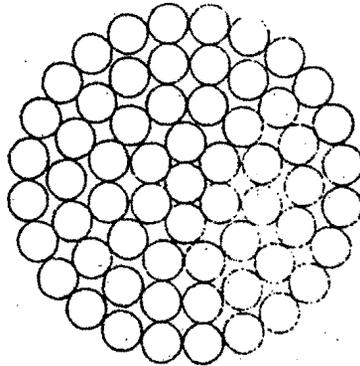
ANEXO N° 07

REPARACION DE CIMENTACION (B)

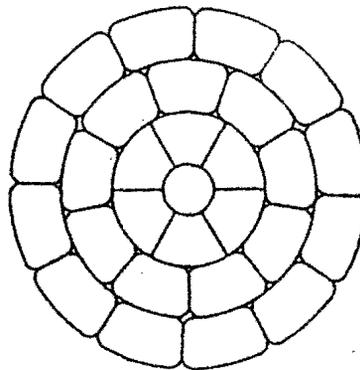


RECONSTRUCCION PROPUESTA PARA LAS CIMENTACIONES
UBICADAS EN SUELOS MUY AGRESIVOS (A),
REPARACION MENOR DE CIMENTACION EXISTENTE (B)

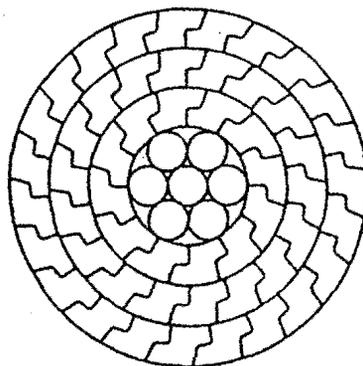
CORTE DEL CABLE



CONDUCTOR CON ALAMBRES
REDONDOS ESTANDAR



CONDUCTOR DE CUERPO LISO
(TRAPEZOIDAL)



CONDUCTOR DE CUERPO LISO
(AERO Z)

ANEXO N° 11

| CONSOLIDADO DE COSTO DE LOS PORTICOS DE MADERA DE LA LÍNEA DE TRANSMISIÓN L-207 A REHABILITARSE | | |
|---|--------------------|--------------------|
| Consolidado De Costos Totales De La Línea De Transmisión | | |
| Descripción | Costo En Dólares | % De Participación |
| Costo De Materiales | 1 451 837.0 | 54.15 |
| Fletes | 72 591.9 | 2.70 |
| Arancel De Aduanas | 261 330.7 | 9.74 |
| Fletes Local | 14 518.4 | 0.54 |
| Total Materiales (1) | 1 800 277.9 | 67.14 |
| Costo Const. Y Montaje | 701 163.4 | 26.15 |
| Gastos Generales | 105 174.5 | 3.92 |
| Utilidad | 70 116.3 | 2.61 |
| Total Const. Y Montaje (2) | 876 454.3 | 32.69 |
| Costo Total ((1)+(2)) | 2 676 732.1 | (*) 99.84 |
| % Costo De Materiales De (1) | 67% | |
| % Costo Const. Y Montaje De (2) | 33% | |
| Kilómetros De Línea | 31.5 | |
| Consolidado De Costos Por Estructura | | |
| Número De Estructuras | 105 | |
| Costo De Materiales Por Estructura | 17 145.50 | 67.25 |
| Costo De Const. Y Montaje Por Estructura | 8 347.18 | 32.74 |
| Costo Total por Estructura | 25 492.69 | (*) 99.99 |
| Consolidado De Costos Por Km. De Línea | | |
| Costo De Materiales Por Km. (A) | 46 163.34 | 62.35 |
| Costo de Const. Y Montaje Por Km. (B) | 27 868.18 | 37.64 |
| Costo Total Por Km ((A)+(B)) | 74 031.52 | (*) 99.99 |

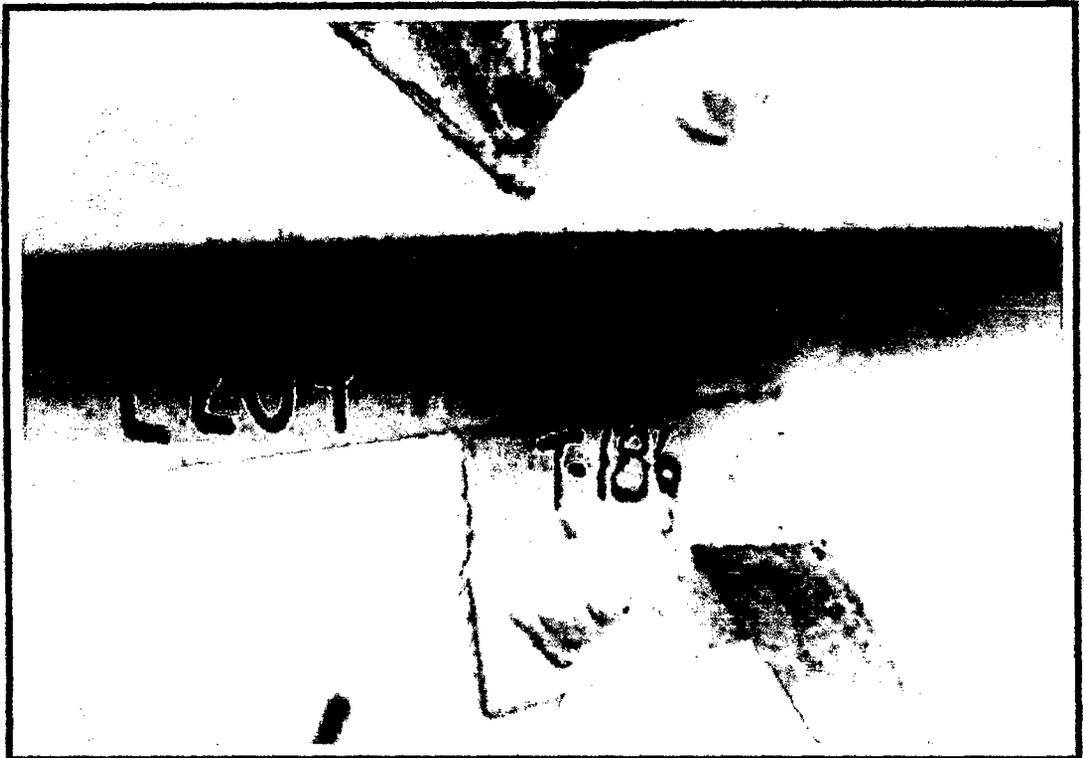
Fuente ETECEN, Hoja de consolidado de costos por Km de línea, precios CIF. 1999

(*) Por redondeo en el calculo

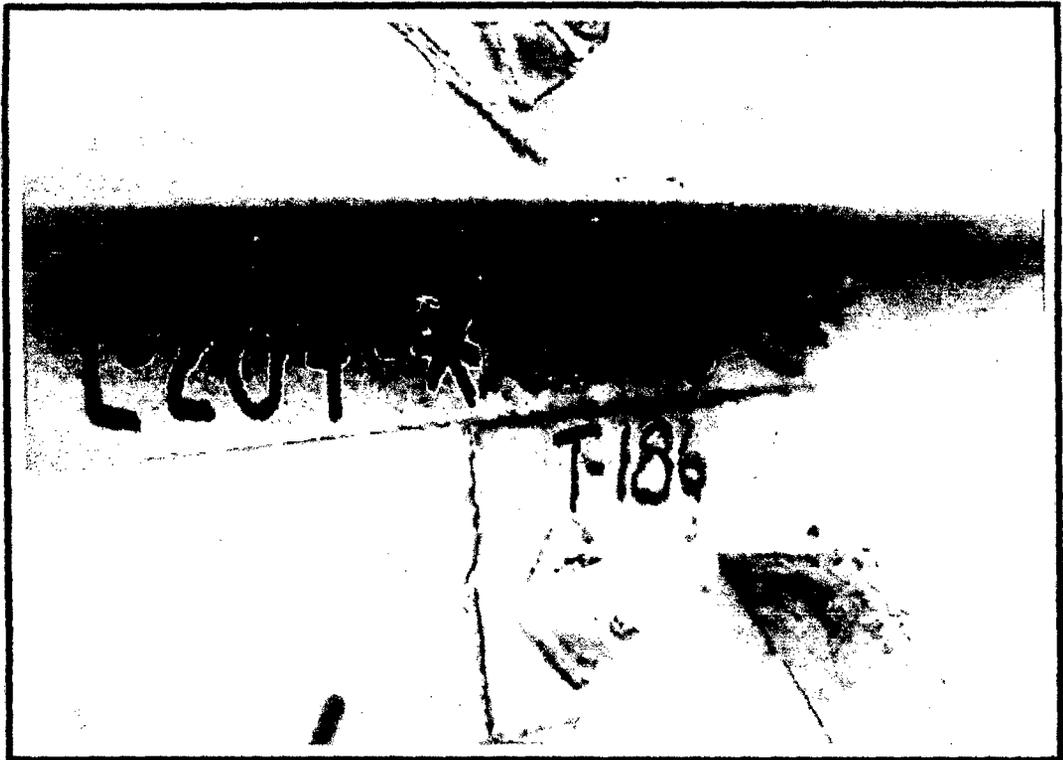
ANEXO Nº 13

| EXTRACTO PROMEDIAL DE LAS CONDICIONES DE LAS CONDICIONES CLIMATOLOGICA PARA LOS SISTEMAS DE TRANSMISIÓN ELECTRICA DEL PERÚ | | | | | |
|---|--|---|--|--|--|
| | Zona Costera (*) 0 – 150 m.s.n.m. | Cabecera De La cordillera 150 – 500 m.s.n.m. | Falda De Cordillera 500 – 1800 m.s.n.m. | Zona Alta De Cordillera 1800 – 3500 m.s.n.m | Puna 3500 – 4800 m.s.n.m. |
| Temperatura del Aire | | | | | |
| Máximo Promedio Diario | 28°C | 29°C | 25°C | 23°C | 23°C |
| Máximo Absoluto Diario | 34°C | 38°C | 32°C | 28°C | 29°C |
| Mínimo Promedio Diario | 13°C | 11°C | 7°C | -1°C | -5°C |
| Mínimo Absoluto Diario | 9°C | 8°C | 0°C | -5°C | -15°C |
| Promedio Anual | 20°C | 21 a 22°C | 17 a 20°C | 11 a 17°C | 0 a 10°C |
| Humedad Relativa | | | | | |
| Máximo Promedio Diario | 95% | 65% | 80% | 75% | 80% |
| Máximo Promedio Matinal | 95% | 85% | 90% | 92% | 95% |

(*) Parámetro climatológico usado en la línea de transmisión L-207, con gradientes diferenciales altas en temperatura.



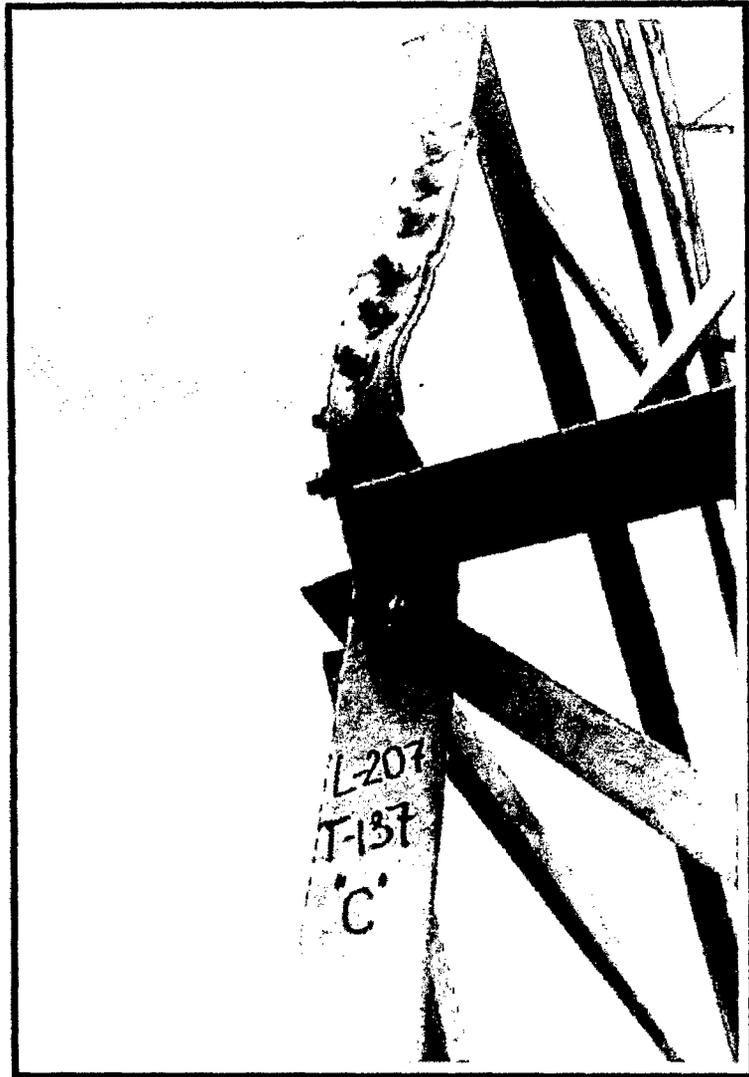
Fotografía N° 1 Se puede observar claramente el proceso corrosivo inicial. Principalmente en los pernos galvanizados, en la que ya han perdido la capa de galvanización así como los hilos del perno donde técnicamente se tendría que proceder a su reemplazo, respecto a los ángulos así como en la chapa metálica también tendrían que ser sometidas a limpieza y una galvanización en frío.



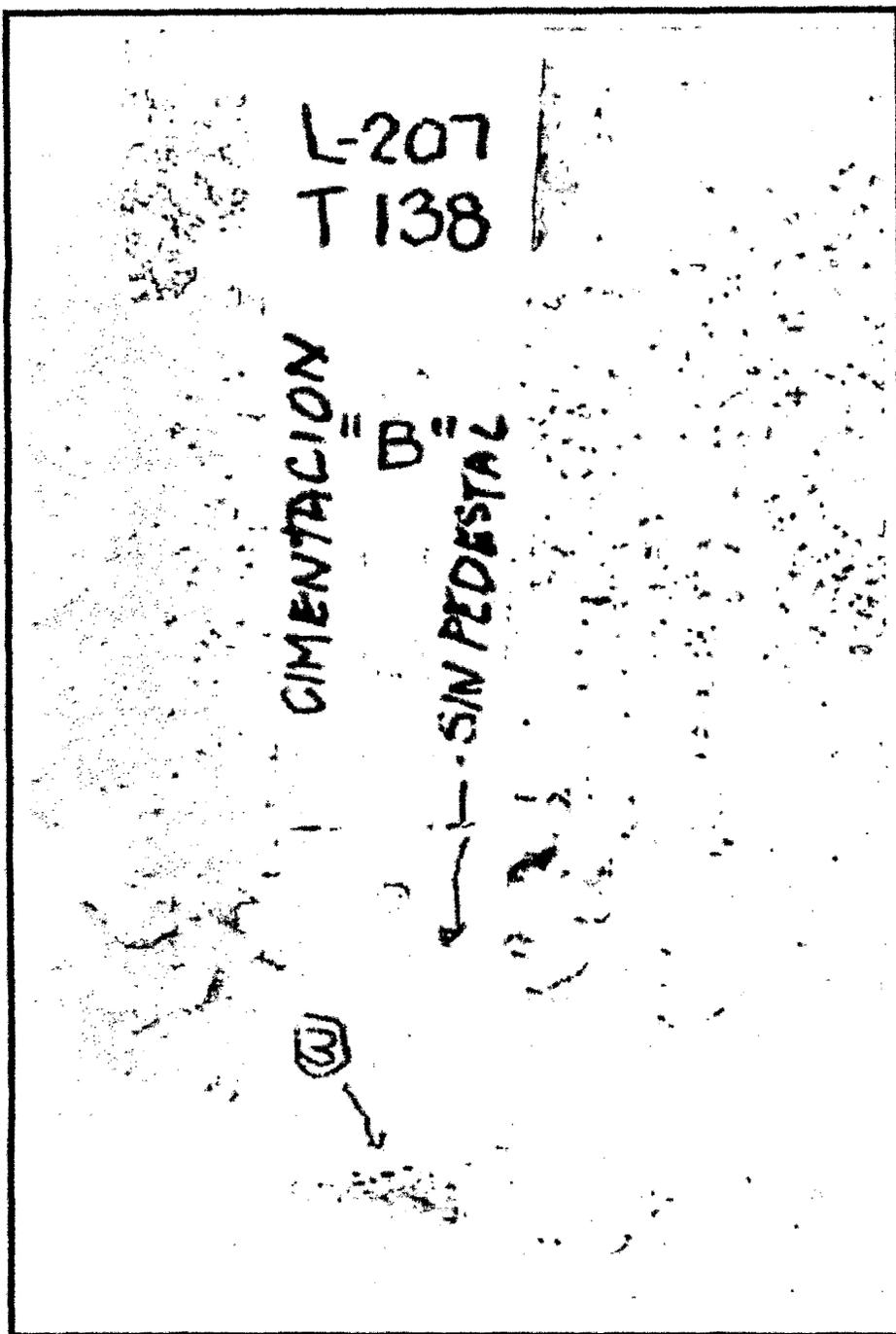
Fotografía N° 2 Se puede observar claramente la remoción de la capa de oxido de la **fotografía N° 1** esta se halla en una de las caras del perno inferior, además, se ve que los pernos superiores se hallan en mejor estado de conservación y los inferiores en peor estado de conservación, esto nos indica que en el ángulo interior se ha acumulado el medio húmedo permaneciendo protegido por dicho ángulo el que ha permitido atacar en forma más agresiva. A diferencia del perno superior que se halla en un medio libre y expuesto al sol, el que evita la acumulación de la humedad, lo mismo ha sucedido con los pernos alejados del ángulo y en la parte inferior.



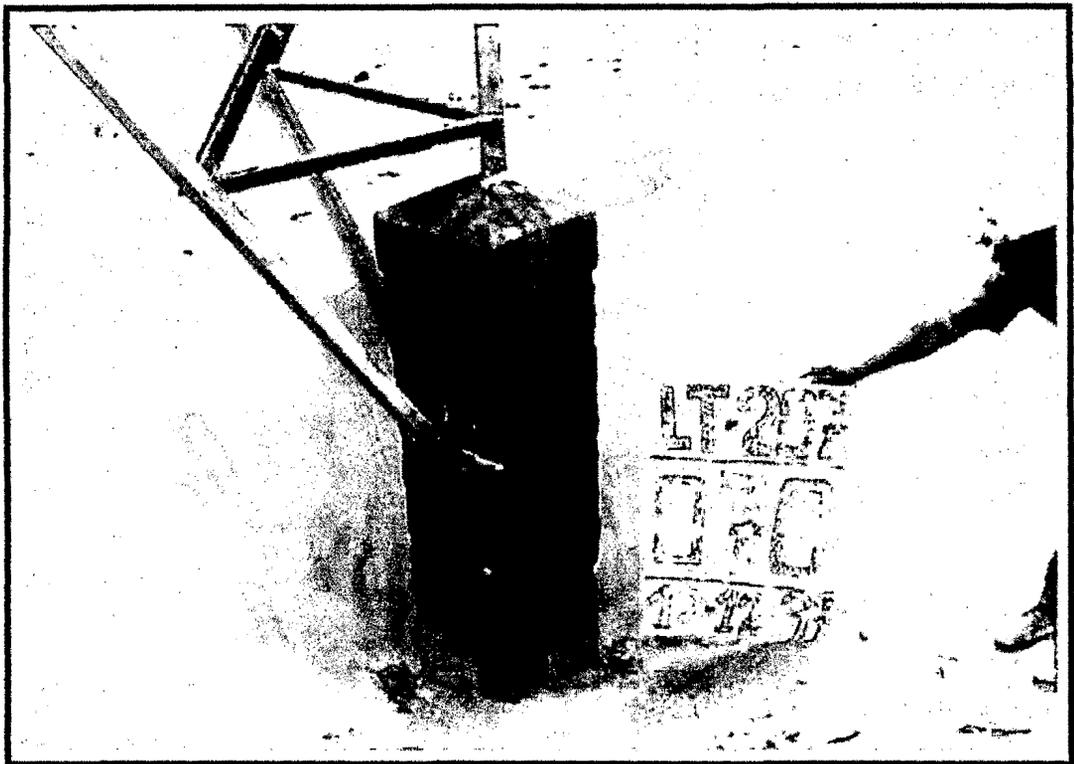
Fotografía N° 3 Aquí se puede observar claramente 2 acciones, una es el proceso corrosivo y la otra es el resultado del esfuerzo mecánico. Si bien es cierto existe ya la corrosión también existe la vibración producida por los vientos de la zona. Las que han producido en conjunto el debilitamiento de las superficies metálicas, este fenómeno va a producir el desmontaje de la empemadura del ángulo que actúa como riostra. Este material por este tipo de esfuerzo excesivo se ha fatigado. Por este motivo varias de las riostras tendrían que ser cambiadas así como el tramo del ángulo que ya presenta pandeo.



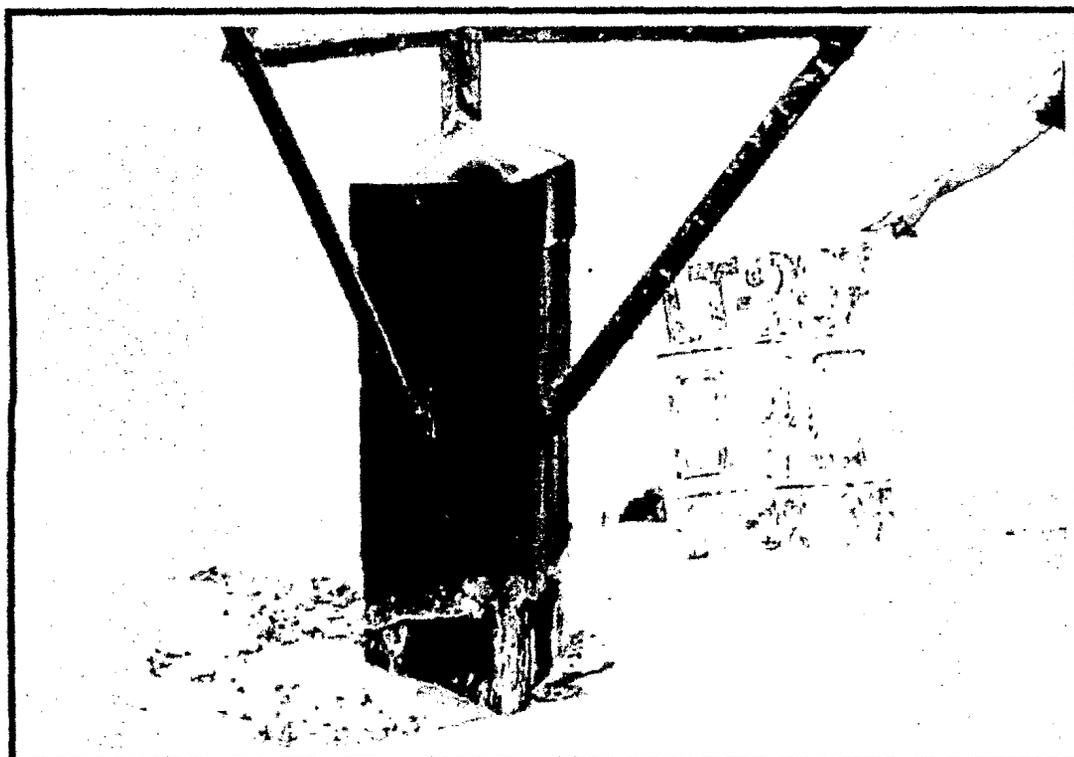
Fotografía N° 4 Se puede observar otro ángulo de vista de la torre que se muestra en la **fotografía N° 3** en este caso se ve claramente el pandeo debido al esfuerzo mecánico, este se halla al nivel de la junta de 2 ángulos y la platina de unión entre ellas con su respectiva empernadura.



Fotografía N° 5 En esta oportunidad se puede observar la zona de cimentación de una de las patas de la torre. Donde se ve enterrada la base de la cimentación de concreto, debiendo esta estar visible, aquí el material del suelo se halla en contacto directo al metal del ángulo, que por el momento aparentemente esta seco y suelto. Pero no siempre va estar así, pues cuando el suelo se halle húmedo o mojado este va iniciar un proceso corrosivo como el que se observa en la base metálica. Por este motivo se recomienda dejarla al nivel de la base de concreto para evitar esta oxidación.



Fotografía N° 6 Vista exterior de la base de cimentación de la torre, base de concreto descubierta. Aquí se puede observar 2 acciones una de ellas es la corrosión manifiesta y la otra es el estado del concreto contaminado por el salitre del medio del suelo. En el caso del concreto se puede observar la acción de la sal la que ha producido una ampolladura interior no visible en el concreto, produciendo en esta rajadura por desplazamiento de los óxidos y por otro lado la disgregación del material superficial del concreto.



Fotografía N° 7 Vista interior de la base de cimentación de la torre, base de concreto descubierta de la **fotografía N° 6**. Se puede observar el mismo fenómeno donde se va ha repetir las mismas acciones, pero viéndolo de un ángulo interior donde al parecer estaría indicando un alto nivel de contaminación y oxidación que hace peligrar la sustentación de esta torre. A pesar de haber tomado acciones de control, donde el factor climático contaminante a sobrepasado dicho control (Tiempo de vida de esta torre 28 años con mantenimiento periódico).