

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**



**ANÁLISIS ECONÓMICO COMPARATIVO POR COSTOS DE  
REDES DE MEDIA TENSIÓN CON CONDUCTORES DE  
ALUMINIO Y COBRE EN ZONAS COSTERAS**

**INFORME DE SUFICIENCIA**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

**INGENIERO ELECTRICISTA**

**TEODORO WILFREDO RAMOS TOLEDO**

PROMOCIÓN 95 - II

**LIMA – PERÚ**  
**2003**

## **AGRADECIMIENTO**

Expreso mi gratitud :

A Dios por todo lo concedido. A mi familia por ser la fuente de mi inspiración porque siempre me apoyaron y alentaron para lograr mis metas. A mis profesores de la U.N.I. por sus enseñanzas y amistad compartidas. A mis amigos por su apoyo y aliento para lograr mis objetivos.

**ANÁLISIS ECONÓMICO COMPARATIVO  
POR COSTOS DE REDES DE MEDIA TENSION  
CON CONDUCTORES DE ALUMINIO Y COBRE  
EN ZONAS COSTERAS**

## SUMARIO

En el presente trabajo se ha analizado la agresividad natural del medio ambiente al momento de llevar a cabo la selección del material para conductores en las redes aéreas de Media Tensión, de modo que además de cumplir con las exigencias mecánicas y eléctricas del diseño se pueda asegurar también la vida útil, la confiabilidad y la seguridad de las instalaciones.

Se hace también una breve descripción de los mecanismos del ataque corrosivo atmosférico sobre los metales Cobre y Aluminio y las formas usuales del deterioro, permitiendo una apreciación cualitativa de dichos materiales, que al complementarse con la experiencia que tiene la empresa de Distribución Eléctrica de Lima Norte (Edelnor S.A.A.) en el diseño de redes de distribución a permitido realizar una buena estimación de la vida útil de los conductores, postes y ferretería de una red aérea de Media Tensión, instalado en una zona próxima al mar.

Esta información recopilada tomando en cuenta lo mencionado anteriormente nos permite hacer un análisis económico calculando el Valor Actual de Costo (VAC), que da al conductor de Cobre una ventaja técnica y económica en zonas costeras.

## ÍNDICE

|   |    |
|---|----|
| PRÓLOGO   | 1  |
| CAPÍTULO I  |    |
| PARÁMETROS A TOMAR EN CUENTA EN LA SELECCIÓN DEL<br>CONDUCTOR                               | 3  |
| 1.1 Fabricación de Conductores de Cobre y Aluminio  | 3  |
| 1.2 Influencia del Medio Ambiente sobre las instalaciones                                   | 5  |
| 1.3 Deterioro irreversible de los conductores   | 7  |
| 1.4 Pautas complementarias de diseño  | 9  |
| CAPÍTULO II   |    |
| PRINCIPALES MECANISMOS DE DETERIORO DE LOS CONDUCTORES<br>DE REDES ELÉCTRICAS               | 12 |
| 2.1 Prestaciones inherentes a los conductores eléctricos de redes aéreas                    | 12 |
| 2.2 Formas de ataque del Medio Ambiente a los materiales de los<br>conductores y accesorios | 14 |
| 2.3 Prevención de la corrosión y medios para contrarrestarla                                | 16 |
| CAPÍTULO III  |    |
| EL PROYECTO DE ELECTRIFICACIÓN  | 18 |
| 3.1 Alcances del Análisis   | 18 |
| 3.2 Premisas Técnicas   | 19 |
| 3.3 Premisas Administrativas  | 22 |

## CAPÍTULO IV

### CARACTERÍSTICAS DE LOS COMPONENTES DE LA RED DE MEDIA TENSIÓN 24

- 4.1 Accesorios para Conductores 24
- 4.2 Aisladores Poliméricos 25
- 4.3 Postes y Crucetas de Concreto y Cables de Acero para retenidas 26
- 4.4 Componentes de la Puesta a Tierra 27

## CAPÍTULO V

### COSTO DE LAS OBRAS E INSTALACIONES 29

- 5.1 Costo de la Red de Media Tensión con Conductor de Aluminio y Cobre 29

## CAPÍTULO VI

### EVALUACIÓN ECONÓMICA 30

- 6.1 Método de Análisis – cálculo del Valor Actual de Costos (VAC) 30
- 6.2 Cuantificación de las Pérdidas de Potencia y Energía 31
- 6.3 Cuantificación de los Costos Comparativos 31

### CONCLUSIONES 33

### ANEXO 1: 35

Flujo de Caja – Cálculo de Valor Actual de Costos (VAC)

### ANEXO 2: 37

Resumen de Inversiones con Conductor de Aluminio y Cobre

### ANEXO 3: 39

Detalle de Inversiones con Conductor de Aluminio por Sector

### ANEXO 4: 41

|  |           |
|--|-----------|
| Detalle de Inversiones con Conductor de Cobre por Sector       |           |
| <b>ANEXO 5:</b>  | <b>43</b> |
| Reinversiones y Depreciación con Conductor de Aluminio         |           |
| <b>ANEXO 6:</b>  | <b>45</b> |
| Reinversiones y Depreciación con Conductor de Cobre            |           |
| <b>ANEXO 7:</b>  | <b>47</b> |
| Gráfico de Reinversiones con Conductor de Aluminio y Cobre     |           |
| <b>ANEXO 8:</b>  | <b>49</b> |
| Cálculo de Pérdidas Técnica en Conductores de Aluminio y Cobre |           |
| <b>ANEXO 9:</b>  | <b>51</b> |
| Factor de Carga en Alimentadores MT de Edelnor Año 2001        |           |
| <b>ANEXO 10:</b>   | <b>57</b> |
| Factor de Pérdidas en Alimentadores MT de Edelnor Año 2001     |           |
| <b>BIBLIOGRAFÍA</b>  | <b>63</b> |

## PRÓLOGO

Actualmente muchas Empresas de Distribución de nuestro país confieren a los conductores de Aluminio una ventaja Técnica y Económica respecto a los conductores de Cobre para su aplicación en los proyectos de redes de distribución de Media Tensión, sin tener en cuenta su ubicación.

Se supone que dicha preferencia esta relacionada al deseo de optimizar las inversiones que se realizan cada año sin tener en cuenta, en algunos casos, que la red debe ser segura y duradera para poder ofrecer un servicio eficiente. Es notorio que en esa decisión no se toman en consideración las condiciones adversas que prevalecen en el medio ambiente, especialmente si dichos proyectos se ubican en zonas costeras, en este caso las instalaciones se ven afectados por la contaminación salina y los microclimas con alta humedad ambiental, que someten a todos los materiales a un difícil desempeño.

El presente informe resume en base a datos reales, el Análisis Económico comparativo por medio del cálculo del Valor Actual de Costos (VAC) en un periodo de 20 años, utilizando conductores de Aluminio y Cobre en un proyecto de Media Tensión ejecutado por la Empresa de

Distribución Eléctrica de Lima Norte (EDELNOR S.A.A.) en el distrito de Ventanilla, Electrificación Proyecto Especial Pachacutec.

Los resultados obtenidos muestran una ventaja Técnica y Económica para el conductor de Cobre en zonas costeras, además el supuesto de una mayor ventaja por requerir menores inversiones iniciales es muy insignificante, puesto que la diferencia en el importe de las inversiones iniciales con conductor de Aluminio solo es inferior en 8% respecto a una red con conductor de Cobre.

# CAPÍTULO I

## PARÁMETROS A TOMAR EN CUENTA EN LA SELECCIÓN DEL CONDUCTOR

### 1.1 Fabricación de Conductores de Cobre y Aluminio

El costo del metal base y la conductividad, limita la selección de los metales al cobre y al Aluminio, que también se alean y son sometidos a tratamientos térmicos para mejorar sus características finales. En el caso del Aluminio puro, según la necesidad, se puede incluir un refuerzo de acero.

Normalmente los conductores de Cobre para redes de distribución aérea se fabrican con un metal de 99.97 % de pureza. Las aleaciones ligeras que ocasionalmente se aplican tienen la finalidad de mejorar sus características mecánicas, lo cual se logra, sin sacrificio de su conductividad ni su estabilidad termodinámica por tratarse de un metal noble. Los tratamientos térmicos de acabado permiten producir, sin detrimento del material, los tres tipos mas utilizados de conductores: Recocido, Temple Semi-Duro y Temple Duro.

Los conductores de Aluminio se fabrican con un metal de 99.5 % de pureza, no obstante, gran parte de la producción destinada a las redes eléctricas aéreas utiliza aleaciones ligeras para incrementar sustancialmente sus características mecánica. Esto ocasiona algún deterioro en su conductividad así como en su estabilidad termodinámica.

Asimismo, el delicado tratamiento de revenido de acabado que se requiere al final de la fabricación de los conductores es decisivo para su ulterior desempeño bajo las sollicitaciones mecánicas y del medio ambiente.

Existen diferentes tipos de conductores: Sencillos y Reforzados.

| PROPIEDADES DE LOS<br>METALES CONDUCTORES |                             | ALUMINIO<br>TRATADO | COBRE<br>RECOCIDO | RELACIÓN<br>AL/CU |
|---|-----------------------------|---------------------|-------------------|-------------------|
| DENSIDAD                                  | : gr. / cm <sup>3</sup>     | 2.69 - 2.70         | 8.71 – 8.9410     | 0.304             |
| PUNTO DE FUSION                           | : °C                        | 657 – 660           | 1083              | 0.610             |
| RESESIENCIA A LA TRACCION                 | : Mpa                       | 75 – 180            | 250 – 400         | 0.350             |
| MODULO DE ELASTICIDAD                     | : Mpa                       | 70000               | 125000            | 0.560             |
| ELONGACION A ROTURA                       | : %                         | 35 %                | 50                | 0.700             |
| PRUEBA DE DUREZA                          | Brinell                     | 23                  | 45                | 0.511             |
| CALOR ESPECIFICO                          | : Kcal/Kgf/°C               | 0.2081 – 0.2250     | 0.0920–0.0985     | 2.326             |
| CONSUCTIVIDAD TERMICA A 20 °C             | : Cal/s/cm <sup>2</sup> /°C | 0.53 – 0.54         | 0.92 – 0.94       | 0.587             |
| COEF. DILATACION LINEAL A 20 °C           | :1/°C                       | 0.000024            | 0.000017          | 1.411             |
| COEF. DE RESISTENCIA                      | :1/° C                      | 0.00403             | 0.00393           | 1.025             |
| RESISTENCIA ELECTRICA                     | :Ohm-mm <sup>2</sup> /Km    | 26.5 – 29.50        | 17.5 – 18.2       | 1.628             |
| RESISTIVIDAD ELECTRICA                    | :u Ohm-cm                   | 2.83                | 1.72 – 1.77       | 1.628             |
| CONDUCTIVIDAD ELECTRICA                   | :s.m/mm <sup>2</sup>        | 35.6 – 36           | 57.0 – 58.0       | 0.615             |
| CONDUCTIVIDAD ELECTRICA (% IACS)          | = Volumen                   | 61 %                | 100 %             | 0.615             |
|   | = Peso                      | 202 %               | 100 %             | 2.020             |
|   | = Sección                   | 80 %                | 100 %             | 0.800             |
| CAPACIDAD DE CORRIENTE                    | = Peso                      | 42 %                | 100 %             | 0.420             |
|   | = Sección                   | 139 %               | 100 %             | 1.390             |

**Cuadro 1.1** : Principales propiedades de los metales con tratamiento térmico para Conductores Eléctricos.

El Análisis del desempeño requerido, tanto del Cobre como del Aluminio, a lo largo de la vida útil que se les asigna, debe considerar que las principales propiedades de ambos metales base (**Cuadro 1.1**), en conductores de idénticas dimensiones, pueden tener efectos diferentes en el diseño eléctrico y mecánico de las redes eléctricas. Esto puede traducirse en durabilidad, servicio sin relajación ni deformaciones permanentes, mínimo mantenimiento, confiabilidad de la operación y seguridad.

## **1.2 Influencia del Medio Ambiente sobre las Instalaciones**

La Ubicación geográfica de las Instalaciones define las características del entorno que incide sobre los conductores; estas solicitaciones dependen principalmente de los parámetros atmosféricos y meteorológicos a los que se les debe agregar el ensuciamiento natural y artificial del aire de la zona. Es bajo estas condiciones que normalmente deberá hacerse la selección del material conductor. Los principales agentes medio ambientales que afectan las instalaciones son:

### **a) La Intemperie**

Se manifiesta principalmente con la acción erosiva de la radiación ultravioleta y la pérdida de resistencia mecánica por los gradientes térmicos solares, aplicados 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 la radiación ultravioleta, siendo inverso

el fenómeno en la Sierra. En relación a estas solicitaciones, los conductores en servicio se cubren de una Patina Protectora rígida muy resistente y pueden soportar diferentes niveles de temperatura sin deformación permanente.

### **b) El Viento**

Constituye un medio de transporte y deposición eficaz de sólidos, gases y vapores que forman la contaminación natural y artificial y la humedad del medio ambiente. En la costa Peruana, ingresan desde el Océano Pacífico por el Sur y el Sur Oeste con velocidades entre 3 m/s y 17 m/s, aportando la salinidad marina y la arena desértica con la que producen la abrasión de la capa de óxido protector de los conductores. En la Sierra y Selva, salvo casos puntuales de contaminación localizada, los vientos solo arrastran masa de aire con mínimo polvo y humedad.

### **c) Humedad**

La humedad del medio ambiente con exclusión de las precipitaciones pluviales en sus diversas formas, esta constituida por el vapor natural de 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. La intensa humidificación de la superficie de los conductores que se da en la costa, ocurre cuando se superpone gradientes térmicos a partir de o hacia temperatura más bajas.

La humedad natural diaria en la Sierra es normalmente baja. Esta oscila entre 40 % y 75 % mientras que en la Costa y la Selva es alta y llega al 100%.

#### **d) Contaminación activa**

Esta conformada por depósitos de sustancias químicas solubles, acumuladas en las superficies de los conductores dando lugar al funcionamiento de diferentes celdas de corrosión. La región costera es afectada principalmente por la contaminación de las sales marinas y aquellas que provienen del suelo desértico. En las zonas urbanas se agrega el ensuciamiento que ocasiona el tráfico vehicular, las industrias y los cultivos industriales.

La sierra y selva peruana tienen atmósfera limpia, no obstante, existen zonas afectadas con contaminación de fuentes puntuales como son centros extractivos, plantas concentradoras, fábricas de cemento, cultivos extensos, carreteras afirmadas, centros urbanos y otros. La lluvia, en algunos casos, los contrarresta eficazmente lavando la contaminación depositada.

### **1.3 Deterioro Irreversible de los Conductores**

Un cabal dimensionamiento eléctrico mecánico de los conductores, sin el análisis de compatibilidad con el medio ambiente, no garantiza la vida útil de 30 años bajo operación normal, en la que se basa la inversión. La agresividad de los agentes del entorno se pondrá de manifiesto desde el momento de la instalación, principalmente a través de los procesos de

corrosión; y a corto o mediano plazo desencadenaran el colapso de los conductores.

La sierra y la selva solo presentan casos puntuales de agresividad. Los estudios del deterioro de los conductores aéreos en la Costa Peruana, luego de ser afectados por roturas de hebra y colapsos en medio vano y en los puntos de fijación al aislamiento, han permitido focalizar la agresividad de la atmósfera al borde de mar que se manifiesta en diversos grados hasta la cota +500 m.

| <b>Clasificación Cualitativa</b> | <b>Distancia al Mar (km)</b> |
|----------------------------------|------------------------------|
| Muy Severa                       | < 2.0                        |
| Severa                           | 2.0 – 5.5                    |
| Media                            | 5.5 – 12.0                   |
| Moderada                         | 12.0 – 20.0                  |
| Pequeña                          | > 20.0                       |

**Cuadro 1.2** : Rangos de corrosividad del medio ambiente Costero de localizaciones específicas en ultramar (zona costera hasta la cota 500m).

Redes urbanas al borde de mar próximas hasta en 2.0 Km., y dotadas de conductores de Cobre forrado de pequeñas sección recta, han sufrido extensos daños del aislamiento, esporádicas roturas de hebras y colapsos después de 15 a 20 años de haber sido instalados.

A mayores distancias del mar, los conductores de cobre desnudo registran escasos incidentes similares, aun después de mas de 30 años de servicio.

La experiencia obtenida del desempeño de las instalaciones con conductores de Aluminio en las principales ciudades de la costa Peruana ha sido poco alentadora debido as su vulnerabilidad frente a los agentes abrasivos y corrosivos del litoral, que en algunos casos, muy rápidamente ocasionan roturas de hebras y aflojado de conectores dando lugar a sucesivos colapsos como los ocurridos en la década de 1980 en las ciudades de Trujillo y Chimbote que solo a 2 años de la instalación de redes con conductor de Aluminio empezaron a sufrir deterioros graves con incontables roturas y colapsos de conductores.

| INTALACIONES ELÉCTRICAS AÉREAS | MATERIAL DE LOS CONDUCTORES | DURACIÓN INICIAL SIN ROTURAS (Años) | DURACIÓN MÁXIMA CON REEMPLAZO X N (Años) |
|--------------------------------|-----------------------------|-------------------------------------|--|
| Redes de Media Tensión         | ALUMINIO                    | 7.0 - 10.0                          | 15 AÑOS CON REEMPLAZO TOTAL.             |
| Redes de Media Tensión         | COBRE                       | SUPERA 30 AÑOS                      | SUPERA 30 AÑOS SOLO MANTENIMIENTO.       |

**Cuadro Nº 1.3** : Duración promedio inicial y máxima con reemplazos de los conductores de las redes eléctricas aéreas en las ciudades de la costa Peruana.

## 1.4 Pautas complementarias de Diseño

La selección de los conductores y accesorios de conexión de las redes de distribución, deberá estar supeditada en primer lugar a la localización del proyecto y a las características del entorno que incidirán directamente en la infraestructura. Dichos aspectos permiten la adecuada elección del material mediante un análisis detenido, especialmente cuando intervienen fuentes de contaminación y microclimas. A continuación indicamos algunas pautas a tomarse en cuenta al momento de seleccionar el conductor:

### a) Examen de la ubicación geográfica

Cuando la ubicación se halla en la zona de litoral, es fundamental el análisis del entorno. La posible agresividad del medio ambiente puede ser inferida a priori del **cuadro 1.2** a partir de la distancia al mar de las futuras instalaciones. Luego, dicho indicador será verificado "insitu" con respecto a la corrosión si la ubicación corresponde a áreas de Sierra o Selva, el examen procede en caso de presencia de fuentes de contaminación.

### b) Examen de las Fuentes de contaminación

Se hace en la zona de localización del proyecto indistintamente si se trata de áreas costeras o de interior, basta tener conocimiento de su proximidad a fuentes de contaminación. Para inferir o corroborar la agresividad del medio ambiente y la extensión territorial de dicha condición, se toman muestras de contaminación depositadas en superficies no metálicas expuestas; luego se caracteriza el equivalente salino Mg Ci Na/cm<sup>2</sup>; el porcentaje de las sales solubles y el pH.

Todo contenido de cloro libres o cloruros próximos o superiores a 0.7 % o pH en los lados ácido o alcalino, denotara atmósfera corrosiva.

### **c) Examen de los Parámetros Ambientales**

Los parámetros meteorológicos y atmosféricos deben merecer un examen retrospectivo de por lo menos 5 años de registros de magnitudes absolutas máximas y mínimas. El resultado de dicho análisis permitirá inferir, principalmente, la incidencia de la humedad relativa, los gradientes de temperatura, las precipitaciones pluviales y la velocidad predominante del viento y su dirección. Esto ayudará a definir las áreas de dudosa condición o permitirá focalizar el grado de "corrosividad" del sitio.

## **CAPÍTULO II**

### **PRINCIPALES MECANISMOS DE DETERIORO DE LOS CONDUCTORES DE REDES ELÉCTRICAS**

#### **2.1 Prestaciones inherentes a los conductores eléctricos de redes aéreas**

Las solicitaciones a las que se someten los conductores de las Redes Aéreas, están relacionadas a los requerimientos del transporte de la energía Eléctrica, a las condiciones mecánicas iniciales y excepcionales de la instalación, y a las condiciones que impone el medio ambiente y el entorno.

Dichas exigencias que prevalecen durante la vida útil proyectada para la infraestructura, imponen las prestaciones a ser cubiertas eficientemente, lo cual depende en gran medida, de las propiedades de los metales base.

##### **a) Principales prestaciones Eléctricas**

La conductividad eléctrica y térmica con el mínimo de pérdida de energía y la mínima caída de tensión, constituyen las principales prestaciones a ser cubiertas. Tratándose netamente del Cobre y del Aluminio, entre calibres de 16 a 95 mm<sup>2</sup> se remarca que a igual sección, el cobre presenta una capacidad de transporte 28% mayor, con una conductividad térmica 77 % superior, que favorece la transferencia del calor mientras que a igual corriente de carga y, longitud de línea, el aluminio

presenta 60 % mas pérdida que el cobre, y considerando igual sección, igual corriente de carga e igual longitud de línea, el Aluminio presenta una caída de tensión entre el 45% y 55 % mayor que el cobre. La tecnología de las aleaciones en esos metales, solo permite lograr pequeñas variaciones en dicho esquema de prestaciones.

### **b) Principales prestaciones Mecánicas**

La resistencia a la tracción con el mínimo de dilatación lineal y el mínimo de elongación permanente especialmente bajo la tensión mecánica de instalación (Every Day Stress) y otras similares mayores sollicitaciones excepcionales que pueden ocurrir durante el servicio, constituyen, las principales prestaciones a ser cubiertas. En este caso, resulta que a igual sección de conductor el cobre presenta mas del doble de resistencia mecánica a la tracción.

Asimismo, frente a los incrementos de temperatura que ocurren cíclicamente durante el servicio, muestra un conveniente coeficiente de dilatación lineal 30% menor que el Aluminio, metal que debido a su bajo modulo de Elasticidad, 55 % por debajo del cobre, admite mayores relajaciones con deformaciones permanentes. No obstante, presenta como ventaja su peso especifico 70% menor que el cobre.

### **c) Principales prestaciones frente al Medio Ambiente**

La resistencia y durabilidad ante la erosión derivada de los ciclos térmicos y las radiaciones cotidianas, así como frente a la abrasión ocasionada por las partículas sólidas que arrastran los vientos, y el

establecimiento permanente de variados procesos electroquímicos incentivados por la contaminación y la humedad, constituyen las principales prestaciones a ser cubiertas por los conductores aéreos. Frente a estas sollicitaciones naturales, los metales generan una capa protectora de óxido, cuyo desempeño mecánico y eléctrico está relacionado a su vulnerabilidad intrínseca. En este caso la "Patina" del cobre posee cualidades de alta dureza y compacidad así como una gran Resistencia Eléctrica no propicia para el deterioro por corrosión.

## **2.2 Formas de Ataque del Medio Ambiente a los materiales de los conductores y accesorios**

La interacción del medio ambiente y el entorno, constituidos básicamente por las radiaciones externas así como por la variación de las condiciones meteorológicas y atmosféricas estacionales, y la morfología del suelo y sus características topográficas así como la presencia de fuentes de contaminación, inciden directamente sobre los materiales expuestos ocasionando su deterioro (envejecimiento). Este se traduce en pérdida de peso y disminución del alcance de sus prestaciones

### **a) Ataque por Erosión**

La intemperización de los metales, se refiere principalmente a su exposición permanente a las Radiaciones Cósmicas y a aquellas que se derivan de la Luz Solar, especialmente en la gama de ultravioleta, fenómenos a los cuales se asocian los variados gradientes térmicos diarios

y la acción de las corrientes de aire. Ante esta incidencia de factores de deterioro, los metales en general presentan una alta resistencia superficial por medio de la capa de Patina, óxido protector que desarrollan espontáneamente en forma inmediata, la cual amortigua el ataque haciendo muy lentas casi insignificantes sus consecuencias a largo plazo.

### **b) Ataque por Abrasión**

El proceso natural de abrasión que sufren los conductores y los accesorios, presupone la existencia de un elemento motriz que es el viento y un elemento proyectil constituido por las partículas sólidas tanto ligeras como pesadas que son levantadas, transportadas y proyectadas sobre la superficie metálica. Estos ocasionan ya sea el lento desgaste de la capa de óxido protector (con vientos moderados) que simultáneamente se va reconstituyendo en la interfase interior, o bien la rotura de la misma (con ráfagas de viento) que puede ocasionar procesos localizados de deterioro penetrante. En este caso, el desempeño de los metales, aparte de sus cualidades físicas propias y de la capa de óxido protector, estará supeditado a la presencia de vientos predominantes y suelos deleznable ó desérticos y otras condiciones electroquímicas creadas por el medio ambiente. Salvo casos excepcionales, la sola abrasión natural ocasiona pequeños desgastes, pero puede ser un acelerador para otros tipos de deterioro.

### **c) Ataque Electroquímico**

La corrosión atmosférica es básicamente una reacción electroquímica al potencial de Electrodo entre un metal o una aleación metálica con el medio

circundante, resultando el deterioro localizado. Químicamente, los átomos metálicos de las zonas afectadas o ANÓDICAS (donde ocurre la oxidación o acidación), se transforman en Iones ( $M^{n+}$ ), cediendo sus Electrones ( $ne^-$ ) a un no metal que puede ser ( $H^+$ ) o bien ( $O_2$ ), a través de las partes sanas o CATÓDICAS (donde ocurren la reducción o alcalinización). El circuito se cierra a través de la resistencia ohmica del Electrolito (en la superficie metálica).

## **2.3 Prevención de la corrosión y medios para contrarrestarla**

### **a) Prevención de la corrosión**

El objetivo principal del diseño de Ingeniería es asegurar la calidad del servicio basada en la operación confiable, segura y económica de la infraestructura, avizorando dicho desempeño por un plazo mínimo equivalente al asignado como vida útil (25 a 30); según lo cual el examen del medio ambiente y del entorno, conducirá a la elección de los materiales adecuadas que muchas veces deberán basarse en un análisis técnico económico que permita descartar la ilusión de la mínima inversión inicial que a la larga resulta contraproducente.

### **b) Medios para contrarrestar la corrosión**

Existen medios que permiten extender en algo el plazo del deterioro inexorable de los conductores ocasionado por la corrosión, tales recursos técnicos tienen eficacia cuando las condiciones del sitio presentan moderada o baja agresividad, los cual depende de los contenidos de

materias solubles de la contaminación atmosférica. No obstante, no es posible asegurar la confiabilidad de las instalaciones.

En los casos en que se determina un grado de agresividad corrosiva media severa o alta, los métodos artificiales para contrarrestar la corrosión de la infraestructura ya instalada, pasan a ser simples paliativos dado que las fallas por colapso en los conductores no ocurren por corrosión generalizada sino por corrosión localizada que puede ocurrir en cualquier punto.

## CAPÍTULO III EL PROYECTO DE ELECTRIFICACIÓN

### 3.1 Alcances del Análisis

El análisis económico comparativo, con un horizonte de evaluación de 20 años tiene por finalidad hacer las evaluaciones a partir de los cuadros de inversiones que resultan de los diseños y especificaciones ceñidos a las normas de Edelnor, de las previsiones oportunas de reemplazo de conductores y accesorios deteriorados y también de los cuadros de costos operativos estándares vigentes en Edelnor, considerando la Electrificación Proyecto Especial Pachacutec en el distrito de Ventanilla, este proyecto se ejecutará en dos etapas, en la primera se llevó a cabo la instalación de la red de Media Tensión y la segunda que considera la instalación del Subsistema de Distribución Secundaria y el Alumbrado Público se ejecutará en el año 2003; en el presente informe analizaremos solo la red de Media Tensión. Este proyecto esta ubicada muy cercana al mar en una zona de atmósfera y entorno agresivo para los materiales, con la siguiente infraestructura:

- ✓ 66 Subestaciones Aérea Biposte (SAB) Trifásico, 10/0.23 kV y potencia nominal 100 kVA cada uno.

- ✓ Dos Troncales en 10 kV, un nuevo alimentador MT desde la SET Ventanilla (V-10) de 7,89 km y refuerzo del alimentador MT W-04 que viene de la SET Zapallal de 2,59 km. Ambos incluyen un 5% adicional por flechado (cuando hablemos de MT nos estaremos refiriendo al nivel de tensión de 10 kV).
- ✓ Redes laterales MT que corresponden al Subsistema de Distribución Primaria de 14,57 km incluye un 5% por flechado.
- ✓ El servicio eléctrico está destinado a atender a un total de 10 000 lotes de servicio doméstico, distribuidos en los sectores A, B, C, D, E y AA.HH. Jaime Yoshiyama. De acuerdo al consumo promedio de la zona cada cliente consumirá 70 kWh mensual.
- ✓ Dado que las redes secundarias se ejecutarán en el año 2003, se atenderá el servicio en forma provisional instalando 200 Medidores Trifásicos colectivos, los que registrarán el consumo de energía eléctrica de 50 lotes cada uno.

### **3.2 Premisas Técnicas**

- a) El proyecto de electrificación que involucra solo redes de MT se aplica en un caso a conductores de Aleación de Aluminio de 70 y 240 mm<sup>2</sup> y en otro caso a conductores de Cobre de 35 y 120 mm<sup>2</sup>.

|                           | <b>Aleación de Aluminio<br/>(AA)</b> | <b>Cobre (Cu)<br/>Temple Duro</b> |
|---------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------|
| Sección Nominal           | 240 mm <sup>2</sup>                  | 120 mm <sup>2</sup>               |
| Diámetro Exterior         | 19.7 mm                              | 14.2 mm                           |
| Nº de alambres            | 37                                   | 37                                |
| Resisten. Eléctrica 60 °C | 0.1646 ohm/km                        | 0.1560 ohm/km                     |
| Capacidad de corriente    | 470 A                                | 495 A                             |
| Peso                      | 636.7 kg/km                          | 1086 kg/km                        |

**Cuadro 3.1** : comparación de algunas características técnicas entre conductores de 240 y 120 mm<sup>2</sup> de Aluminio y Cobre respectivamente:

- b) Al análisis técnico relacionado al diseño, ejecución y operación comercial de las redes eléctricas de MT, se basa en la eficiencia del desempeño eléctrico de los conductores respecto a dichas aplicaciones y en su durabilidad en servicio, dentro del horizonte de evaluación de 20 años.
- c) El diseño mecánico de los conductores se ha hecho en forma convencional, con sus exigencias aplicando las condiciones de estado que normalmente prevalecen, mediante los factores meteorológicos (velocidad del viento, temperatura, etc.), según la zonificación del territorio Peruano y las cargas mecánicas definidas por el Código Nacional de Electricidad (CNE), de tal manera de poder cumplir las exigencias de la Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos (NTCSE).

- d) Las inversiones necesarias para reemplazo de conductores desnudos de Aluminio se ajusta al intervalo promedio de duración por corrosión hasta el reemplazo total, lapsos que se conocen a partir de la experiencia de explotación de las redes eléctricas de MT en zonas costeras dentro de la zona de concesión de Edelnor.

| Material          | Cobre | Aluminio |
|-------------------|-------|----------|
| Conductor         | 20    | 15       |
| Poste de Concreto | 15    | 15       |
| Ferretería        | 10    | 10       |

**Cuadro 3.2** : Vida útil de los componentes de la Red Aérea MT en zona de Corrosión Severa en años.

Se estima 15 años de vida promedio hasta el reemplazo total para la red con conductor de aluminio, iniciándose en el año 5 las reinversiones (**Anexo 7**).

Para la red con conductor de Cobre solo se realiza reinversiones a partir del año 10, correspondiente solamente al poste de concreto y la ferretería puesto que el conductor puede durar incluso más de 20 años (**Anexo 7**).

- e) Para la determinación de las pérdidas de potencia y energía en las troncales de MT, se utilizó un Factor de Carga promedio de 0.61 y un Factor de Pérdida promedio de 0.41, dichos valores corresponden

a un valor promedio de todos los alimentadores de MT de Edelnor cuyo cálculo se muestra en los **anexos 9 y 10** respectivamente.

### 3.3 Premisas Administrativas

- a) Las inversiones que se realizan para llevar a cabo la evaluación económica están a cargo de la concesionaria Edelnor S.A.A., cuyas actividades según contrato se ciñen a la Ley de Concesiones Eléctricas; en la que se obliga al concesionario a suministrar energía a todo cliente que se encuentre dentro de su zona de concesión independientemente si el proyecto es o no rentable, siempre y cuando cumpla con los requisitos de ley.
- b) De acuerdo al informe Edelnor, Criterio de Decisión de Inversiones 2001, esta obra eléctrica recibe la calificación de "Proyecto por Demanda", puesto que se origina por la obligatoriedad de otorgar suministro a los clientes dentro de su zona de concesión, y se debe ejecutar así no sea rentable, de acuerdo al manual solo se debe evaluar calculando el Valor Actual de Costos (VAC) para las alternativas planteadas, en nuestro caso tenemos dos alternativas:
- ✓ Alternativa N°1: Red MT con conductor de Aluminio.
  - ✓ Alternativa N° 2: Red MT con conductor de Cobre.

Puesto que solo estamos analizando costos se ejecutará aquella alternativa que tiene el menor VAC. Por esta razón no se toman en

cuanta los ingresos correspondiente por venta de energía para la evaluación económica.

- c) Las partidas de inversiones, lo obtuvieron del sistema para valorización de proyectos de Edelnor, están dadas en moneda local (soles) con precios correspondiente al mes de abril del 2001, mismas que se pasaron a Dólares Americanos utilizando 3,61 S./US\$ como tipo de cambio. La tasa de descuento utilizado es de 15,73% de acuerdo al informe descrito en el ítem b).
- d) En la determinación de las inversiones solo se ha considerado los Costos Directos y no los Gastos Generales y Utilidades puesto que el proyecto es ejecutado por la misma empresa Edelnor S.A.A. Además para la evaluación económica no se tomó en cuenta el IGV.
- e) Para el cálculo de las pérdida de Potencia y Energía se utilizó el Precio de compra en barra equivalente de MT, de acuerdo los criterios utilizados por Edelnor S.A.A. en el año 2001 para sus evaluaciones económicas.

Precio de la Potencia      6.809 US\$/kW-mes

Precio de la Energía      0.029 US\$/kWh.

- f) Los costos de operación y mantenimiento para los proyectos es de 2,5% de la inversión total, porcentaje que resulta como un valor promedio para redes de MT, de acuerdo a experiencias de explotación en estas redes.

## CAPÍTULO IV CARACTERÍSTICAS DE LOS COMPONENTES DE LA RED DE MEDIA TENSIÓN

La red eléctrica de MT esta constituida por alimentadores en 10 kV con conductores desnudos suspendidos por Aisladores Poliméricos en los soportes teniendo en cuenta las recomendaciones de las Normas y del Reglamento (CNE); tanto la opción con conductores de Aluminio como la opción con conductores de Cobre en este caso tienen idéntica instalación.

### 4.1 Accesorios para Conductores

Dependiendo del material de los conductores la instalación de los mismos exige el uso de solo un reducido número de accesorios diferenciados igualmente disponibles en el mercado, cuya especificación se indica en el cuadro 4.1.

| <b>Accesorio</b>                      | <b>Aleación Aluminio AA</b>   | <b>Cu Temple Duro</b>  |
|---------------------------------------|---|--|
| <b>Uniones Tubulares a Compresión</b> | De AA.<br><br>Para Líneas sujetas a Tracción Plena.<br><br>Prensa Manual del tipo Hidráulico. | De cobre o Aleación<br><br>Para Líneas sujetas a Tracción Plena.<br><br>Prensa Manual del tipo hidráulico. |

|                                      |  |   |
|--------------------------------------|--|---|
| <b>Alambre de Amarre</b>             | De Aluminio Recocido<br>Diámetro 20 –25 mm<br>Amarre simple 70 mm <sup>2</sup><br>Amarre doble 240 mm <sup>2</sup> | De Cobre Recocido<br>Diámetro 20 –25 mm<br>Amarre simple 70 mm <sup>2</sup><br>Amarre doble 240 mm <sup>2</sup> |
| <b>Grapa de Anclaje tipo Pistola</b> | De AA .<br>Carga de rotura: 45 y 60 kN conductores 70 y 240 mm <sup>2</sup> .                                      | De Acero Bimetálico .<br>Carga de rotura: 45 y 60 kN conductores 70 y 240 mm <sup>2</sup> .                     |

**Cuadro 4.1** : Accesorios para conductores de Aluminio y Cobre.

#### 4.2 Aisladores Poliméricos

Los Aisladores y sus accesorios para las redes MT, se dimensionan en igual forma cualquiera que sea el material de los conductores; en el presente proyecto se consideran Aisladores Poliméricos, libre de mantenimiento; en cuanto a las ferreterías serán siempre las mismas, grapas tipo pistola, pernos de ojo, arandelas cuadradas curvas, ojal roscado de Acero y adaptadores horquilla bola de acero forjado, todos galvanizados en caliente.

**Para ambos materiales conductores**

**Aisladores Poliméricos de Anclaje**

**Norma de fabricación:** ANSI C29.1, ANSI C29.11, IEC 1109, IEC 383, LIWIWG-01.

**Tensión Nominal:** 25 kV.

**Material:** Polimérico.

**Línea de fuga:** 600mm.

**Tensión Disruptiva en Seco/Húmedo:** 130/110 kV

**Aisladores Poliméricos tipo Pin**

**Tensión Nominal:** 15 kV.

**Material:** Polimérico.

**Línea de Fuga:** 545 mm.

**Tensión Disruptiva en Seco/Húmedo:** 75/50 kV .

**Cuadro 4.2 :** Aisladores Poliméricos para zonas de contaminación severa, Normalizados

#### **4.3 Postes y Crucetas de concreto y cables de acero para retenidas**

Los postes de concreto tienen que tener un tamaño adecuado para asegurar vanos largos, en este caso vanos de 70 a 80 m, y las distancias de guarda para paso de vehículo. Las estructura de ángulo y terminales requieren de armados de vientos de cables de acero.

|   |
|---|
| <b>Para ambos materiales conductores</b>                                |
| <b>Postes</b>   |
| <b>Normas de Fabricación:</b> ITINTEC 339.027 (Indecopi) y DGE 015-PD-1 |
| <b>Características:</b> Postes de 11/400/180/345 y 13/400/180/375       |
| <b>Factor de seguridad:</b> 2.  |
| <b>Proceso de fabricación:</b> Centrifugado                             |
| <b>Crucetas</b>   |
| <b>Característica:</b> Cruceta Z/1.20/300 y Z/2.0/500.                  |
| <b>Número de agujeros:</b> 5, de 20mm de diámetro c/u, Pasantes.        |

**Cuadro 4.3 : Postes y Crucetas de Concreto**

#### **4.4 Componentes de la Puesta a Tierra**

El diseño del Aterramiento considera una instalación sencilla en cada soporte, están conformados por un pozo con un Electrodo vertical de Cobre conectado al punto de unión de los vástagos de los Aisladores; incluye un conector Bimetálico de bajada para la opción con conductor de Aleación de Aluminio.

|   |
|---|
| <b>Para ambos materiales conductores</b>                                    |
| <b>Conductor:</b> Cu desnudo de 70 mm <sup>2</sup>                          |
| <b>Resistencia eléctrica:</b> 0.27 ohm/km.                                  |
| <b>Electrodo:</b> Varilla COPPER WELD 5/8" de diámetro y 2.4 m de longitud. |
| <b>Borne de presión:</b> Bronce, conexión Electrodo-Conductor.              |
| <b>Resistencia total de Puesta a Tierra:</b> No excederá a los 25 ohm.      |

**Cuadro 4.4 :** Componentes de la Puesta a Tierra

## CAPÍTULO V COSTO DE LAS OBRAS E INSTALACIONES

### 5.1 Costo de la red de Media Tensión con conductor de Aluminio y Cobre

El importe de las inversiones correspondiente según el tipo de conductor, en este caso presenta una ligera diferencia de menor costo del orden de 8% a favor de la red con conductor de Aluminio. El resumen de las inversiones se muestra en el anexo 2, mientras que un mayor detalle se puede observar en los anexos 3 y 4 para el Aluminio y Cobre respectivamente.

| Descripción                  | Conductor de Aluminio |              |              | Conductor de Cobre |              |              |
|------------------------------|-----------------------|--------------|--------------|--------------------|--------------|--------------|
|                              | Red MT                | SED          | Total        | Red MT             | SED          | Total        |
| Materiales y Equipos         | 362.5                 | 279.9        | 642.4        | 400.5              | 279.9        | 680.4        |
| Mano de Obra                 | 68.8                  | 25.6         | 94.4         | 68.8               | 25.6         | 94.4         |
| Transporte                   | 0.0                   | 0.0          | 0.0          | 0.0                | 0.0          | 0.0          |
| <b>Total sin imprevistos</b> | <b>431.3</b>          | <b>305.5</b> | <b>736.8</b> | <b>469.2</b>       | <b>305.5</b> | <b>774.8</b> |
| Imprevistos                  | 32.3                  | 22.9         | 55.3         | 32.3               | 22.9         | 55.3         |
| <b>Total Costos Directos</b> | <b>463.6</b>          | <b>328.4</b> | <b>792.0</b> | <b>501.6</b>       | <b>328.4</b> | <b>830.0</b> |
| Gastos Generales             | 0.0                   | 0.0          | 0.0          | 0.0                | 0.0          | 0.0          |
| Utilidades                   | 0.0                   | 0.0          | 0.0          | 0.0                | 0.0          | 0.0          |
| <b>Total</b>                 | <b>463.6</b>          | <b>328.4</b> | <b>792.0</b> | <b>501.6</b>       | <b>328.4</b> | <b>830.0</b> |

**Cuadro 5.1** : Inversiones realizadas con ambos tipos de conductores. Cifras en miles de Dólares Americanos.

## **CAPÍTULO VI EVALUACIÓN ECONÓMICA**

### **6.1 Método de análisis – cálculo del Valor Actual de Costos (VAC)**

El presente proyecto es calificado como un “Proyecto por Demanda” por lo tanto, Edelnor S.A.A. lo tendrá que ejecutar independientemente de su rentabilidad, de acuerdo a las exigencias de la Ley de Concesiones Eléctricas, este es motivo por lo que se optó por analizar las dos alternativas determinando solamente el Valor Actual de Costos (VAC) y elegir el menor.

Para llevar a cabo la evaluación económica se compararon dos alternativas: la primera considera la utilización de conductores de Aluminio de 70 y 240 mm<sup>2</sup> y la segunda considera el uso de conductores de Cobre de 35 y 120 mm<sup>2</sup>. Para ambos materiales de los conductores que se comparan se consideran los costos por pérdidas de Potencia y Energía, los costos de operación y mantenimiento así como las reinversiones necesarias para poder seguir brindando un servicio eléctrico de calidad. Los ingresos por venta de energía no se consideran puesto que la ejecución del proyecto es independiente de la rentabilidad del mismo; el horizonte de evaluación es de 20 años, periodo que corresponde al intervalo de vida útil que se espera de los conductores de Aluminio instalados en condiciones ambientales

normales, la tasa de descuento a considerar es de 15.73%, de acuerdo a la política adoptado por Edelnor S.A.A. para sus proyectos.

## **6.2 Cuantificación de las pérdidas de Potencia y Energía**

A partir de la demanda calculada para cada año se obtienen las pérdidas de Potencia y Energía en valores físicos y monetarios tal como se muestra en el **Anexo 8**, para ello se utilizaron un Factor de Pérdida promedio de 0.41 y un Factor de Potencia promedio de 0.61, valores calculados a partir de la información de corriente (Amperios) proporcionada por el Centro de Control para todos los Alimentadores de MT de Edelnor S.A.A., con la cual se determinaron estos factores para cada uno de estos Alimentadores (ver **Anexos 9 y 10**).

Los valores monetarios se obtuvieron aplicando la tarifa en barra equivalente de Media Tensión para la misma empresa concesionaria, utilizada para que evalúen sus proyectos para el año 2001:

Precio de la Potencia      6.809 US\$/kW-mes

Precio de la Energía      0.029 US\$/kWh.

## **6.3 Cuantificación de los Costos Comparativos**

Las inversiones iniciales no consideran el pago por derecho de Servidumbre; las reinversiones por renovación de conductores se hacen con las partidas del conductor de Aleación de Aluminio y Accesorios, adicionando los costos de reinstalación para el horizonte de evaluación, mientras que en el caso de la red con conductor de Cobre no se toma en

cuenta el cambio del conductor puesto que en zonas costeras este puede durar más de 20 años; para el caso del Aluminio este se cambia completamente en el lapso de 15 años, en tanto que para el cobre solo se considera el cambio de los postes y la ferretería en un intervalo de 5 años.

Los costos por pérdida de Potencia y Energía se obtienen aplicando a las perdidas físicas (kW y kWh) el precio de compra reflejado en la barra equivalente de Media Tensión, este precio se mantiene constante en el horizonte de evaluación variando solamente las perdidas físicas; los costos de operación y mantenimiento representan el 2.5% de la inversión inicial también se mantienen constante en el periodo de evaluación; la depreciación para las inversiones y reinversiones realizadas se considera en el periodo de 10 años de acuerdo a los criterios de la empresa Edelnor S.A.A. para evaluar proyectos de inversión.

Tomando en cuenta los criterios antes mencionados se realiza el cálculo del Flujo de Caja que mostramos en el Anexo 1.

|               | <b>Red MT con<br/>Conductor de</b> | <b>VAC (15.73%)<br/>(MUS\$)</b> |
|---------------|------------------------------------|---------------------------------|
| Alternativa 1 | Aluminio                           | 889.4                           |
| Alternativa 2 | Cobre                              | 854.2                           |

**Cuadro 6.1** : Valor Actual de Costos para las dos alternativas.

## CONCLUSIONES

- 1.** La experiencia que ha tenido Edelnor en el desempeño de los conductores en Redes de Distribución Eléctrica Aérea, muestra que la atmósfera costera es agresiva para los materiales debido a su ubicación respecto del mar; por lo que es necesario un análisis adecuado del material de los conductores a partir de la correlación de la variación de los parámetros del entorno y de los mecanismos de deterioro asociados a los mismos. Por lo tanto la elección del material de los conductores teniendo en cuenta el criterio de mínima inversión inicial, sin el examen de la agresividad del medio ambiente, puede conducir a una instalación vulnerable, no confiable insegura y de corta vida útil.
- 2.** Las prestaciones más importantes que deben cubrir los conductores eléctricos de Redes Aéreas se relacionan principalmente con su desempeño frente a la agresividad del medio ambiente y del entorno en cuyo caso la correcta elección del material resulta fundamental. Los mecanismos más comunes del ataque corrosivo a los conductores Aéreos, conducen todos al deterioro localizado o puntual de las hebras, a partir del cual se inicia la falla por colapso; ante tal situación el cobre por ser un metal noble asegura una larga duración.

3. La evaluación económica realizada comparando el uso de conductores de Aluminio y Cobre en zonas costeras, a partir de un proyecto real ejecutado por Edelnor en el distrito de Ventanilla con conductor de Aluminio, no confirma para este conductor las ventajas de mejor costo de oportunidad del capital para el periodo de evaluación puesto que en el **cuadro A1.1** se puede observar que el menor VAC lo tiene la alternativa con conductor de Cobre, es decir los costos asociados a la red con conductor de Cobre resulta ser menor en el tiempo. La inversión inicial con conductores de Aluminio resulta ser solo 8% menor que el Cobre, no siendo una diferencia significativa para tomar una decisión en función a este parámetro, además los indicadores económicos (VAC) se muestran más favorables para el Cobre al incrementarse el periodo de evaluación. La elección del Cobre como material para redes de MT Aéreas en zonas de ambiente agresivo como es el caso de Ventanilla, muestran mayores ventajas para periodos de 20 años o mayores y permitirá a la empresa concesionaria una mejor eficiencia en el negocio eléctrico, porque se reducirán la pérdida técnicas, los mantenimiento preventivos y correctivos y al mismo tiempo se conseguirá mayor confiabilidad, mejor calidad del suministro y mayor seguridad de las redes eléctricas.

## **ANEXO 1**

### **FLUJO DE CAJA – CÁLCULO DEL VALOR ACTUAL DE COSTOS (VAC)**

**Cuadro A1.1 : Evaluación Económica Comparativo para determinar el uso de Conductor de Aluminio o Cobre en redes de Media Tensión**  
Flujo de Costos en miles de dólares

| Descripción                                  | Años         |              |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |               |
|--|--------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|---------------|
|  | 0            | 1            | 2           | 3           | 4           | 5           | 6           | 7           | 8           | 9           | 10          | 11          | 12          | 13          | 14          | 15          | 16          | 17          | 18          | 19          | 20          |               |
| <b>Alternativa 1 : Conductor de Aluminio</b> |              |              |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |               |
| <u>Costos</u>                                |              |              |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |               |
| Operación y Mantenimiento                    | 2.5%         |              | 19.8        | 19.8        | 19.8        | 19.8        | 19.8        | 19.8        | 19.8        | 19.8        | 19.8        | 19.8        | 19.8        | 19.8        | 19.8        | 19.8        | 19.8        | 19.8        | 19.8        | 19.8        | 19.8        |               |
| Pérdidas Técnicas de Potencia y Energía      |              |              | 11.8        | 12.3        | 12.8        | 13.3        | 13.9        | 14.4        | 15.0        | 15.6        | 16.2        | 16.9        | 17.6        | 18.3        | 19.0        | 19.8        | 20.6        | 21.4        | 22.3        | 23.2        | 24.1        | 25.1          |
| <b>Total Costos</b>                          | <b>C</b>     |              | 31.6        | 32.1        | 32.6        | 33.1        | 33.7        | 34.2        | 34.8        | 35.4        | 36.0        | 36.7        | 37.4        | 38.1        | 38.8        | 39.6        | 40.4        | 41.2        | 42.1        | 43.0        | 43.9        | 44.9          |
| Depreciación                                 | D            |              | 79.2        | 79.2        | 79.2        | 79.2        | 79.2        | 79.2        | 83.8        | 88.5        | 93.1        | 97.7        | 23.2        | 27.8        | 32.5        | 37.1        | 41.7        | 46.4        | 46.4        | 46.4        | 46.4        | 46.4          |
| Flujo costos totales                         | FCT          |              | 110.8       | 111.3       | 111.8       | 112.3       | 112.9       | 113.4       | 118.6       | 123.9       | 129.2       | 134.4       | 60.6        | 65.9        | 71.3        | 76.7        | 82.1        | 87.6        | 88.5        | 89.4        | 90.3        | 91.3          |
| Ahorro pago de impuestos                     | APIM         |              | 37.1        | 37.3        | 37.5        | 37.6        | 37.8        | 38.0        | 39.7        | 41.5        | 43.3        | 45.0        | 20.3        | 22.1        | 23.9        | 25.7        | 27.5        | 29.3        | 29.6        | 29.9        | 30.2        | 30.6          |
| Inversión                                    | I            | 792.0        |             |             |             |             |             | 46.4        | 46.4        | 46.4        | 46.4        | 46.4        | 46.4        | 46.4        | 46.4        | 46.4        | 46.4        | 46.4        | 46.4        | 46.4        | 46.4        | 46.4          |
| Valor residual                               | VR           |              |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             | 367.8         |
| <b>Flujo Costos Netos con Provento</b>       | <b>FCNCP</b> | <b>792.0</b> | <b>-5.5</b> | <b>-5.2</b> | <b>-4.8</b> | <b>-4.5</b> | <b>-4.1</b> | <b>42.6</b> | <b>41.4</b> | <b>40.3</b> | <b>39.1</b> | <b>38.0</b> | <b>63.5</b> | <b>62.4</b> | <b>61.3</b> | <b>60.3</b> | <b>59.2</b> | <b>58.2</b> | <b>58.8</b> | <b>59.4</b> | <b>60.0</b> | <b>-307.1</b> |
| <b>Alternativa 2 : Conductor de Cobre</b>    |              |              |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |               |
| <u>Costos</u>                                |              |              |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |               |
| Operación y Mantenimiento                    | 2.5%         |              | 20.8        | 20.8        | 20.8        | 20.8        | 20.8        | 20.8        | 20.8        | 20.8        | 20.8        | 20.8        | 20.8        | 20.8        | 20.8        | 20.8        | 20.8        | 20.8        | 20.8        | 20.8        | 20.8        | 20.8          |
| Pérdidas Técnicas de Potencia y Energía      |              |              | 11.2        | 11.7        | 12.1        | 12.6        | 13.1        | 13.7        | 14.2        | 14.8        | 15.4        | 16.0        | 16.7        | 17.3        | 18.0        | 18.8        | 19.5        | 20.3        | 21.1        | 22.0        | 22.9        | 23.8          |
| <b>Total Costos</b>                          | <b>C</b>     |              | 32.0        | 32.4        | 32.9        | 33.4        | 33.9        | 34.4        | 35.0        | 35.5        | 36.1        | 36.8        | 37.4        | 38.1        | 38.8        | 39.5        | 40.3        | 41.1        | 41.9        | 42.7        | 43.6        | 44.5          |
| Depreciación                                 | D            |              | 83.0        | 83.0        | 83.0        | 83.0        | 83.0        | 83.0        | 83.0        | 83.0        | 83.0        | 83.0        | 0.0         | 4.0         | 8.0         | 12.0        | 16.0        | 20.0        | 20.0        | 20.0        | 20.0        | 20.0          |
| Flujo costos totales                         | FCT          |              | 115.0       | 115.0       | 115.9       | 116.4       | 116.9       | 117.4       | 118.0       | 118.5       | 119.1       | 119.8       | 37.4        | 42.1        | 46.8        | 51.5        | 56.3        | 61.1        | 61.9        | 62.8        | 63.6        | 64.6          |
| Ahorro pago de impuestos                     | APIM         |              | 38.5        | 38.5        | 38.8        | 39.0        | 39.2        | 39.3        | 39.5        | 39.7        | 39.9        | 40.1        | 12.5        | 14.1        | 15.7        | 17.3        | 18.9        | 20.5        | 20.7        | 21.0        | 21.3        | 21.6          |
| Inversión                                    | I            | 830.0        |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             | 40.0        | 40.0        | 40.0        | 40.0        | 40.0        | 40.0        | 40.0        | 40.0        | 40.0        | 40.0          |
| Valor residual                               | VR           |              |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             | 106.79        |
| <b>Flujo Costos Netos con Proyecto</b>       | <b>FCNCP</b> | <b>830.0</b> | <b>-6.5</b> | <b>-6.1</b> | <b>-5.9</b> | <b>-5.6</b> | <b>-5.3</b> | <b>-4.9</b> | <b>-4.5</b> | <b>-4.2</b> | <b>-3.8</b> | <b>-3.4</b> | <b>64.9</b> | <b>64.0</b> | <b>63.2</b> | <b>62.3</b> | <b>61.5</b> | <b>20.6</b> | <b>21.1</b> | <b>21.7</b> | <b>22.3</b> | <b>-83.9</b>  |

| Tasa de descuento | 12%   | 15%   | 15.73%       | 17%   | 18%   |
|-------------------|-------|-------|--------------|-------|-------|
| VAC Alternativa 1 | 929.7 | 898.8 | <b>889.4</b> | 880.8 | 871.1 |
| VAC Alternativa 2 | 876.6 | 859.2 | <b>854.2</b> | 849.9 | 845.1 |

Donde:

FCT = C + D  
 APIM = 0,335\*FCT  
 FCNCP = C + I - PIM - VR

## **ANEXO 2**

### **RESUMEN DE INVERSIONES CON CONDUCTOR DE ALUMINIO Y COBRE**

### Cuadro A2.1 : Resumen de Inversiones con Conductor de Aluminio

| Descripción                  | Soles              |                    |                    | Miles de dólares |              |              |
|------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|------------------|--------------|--------------|
|                              | Red MT             | SED                | Total              | Red MT           | SED          | Total        |
| Materiales y Equipos         | 1 308 548.0        | 1 010 575.0        | 2 319 123.0        | 362.5            | 279.9        | 642.4        |
| Mano de Obra                 | 248 328.0          | 92 326.0           | 340 654.0          | 68.8             | 25.6         | 94.4         |
| <b>Total sin imprevistos</b> | <b>1 556 876.0</b> | <b>1 102 901.0</b> | <b>2 659 777.0</b> | <b>431.3</b>     | <b>305.5</b> | <b>736.8</b> |
| Imprevistos                  | 116 766.0          | 82 718.0           | 199 484.0          | 32.3             | 22.9         | 55.3         |
| <b>Total Costos Directos</b> | <b>1 673 642.0</b> | <b>1 185 619.0</b> | <b>2 859 261.0</b> | <b>463.6</b>     | <b>328.4</b> | <b>792.0</b> |
| Gastos Generales             | 0.0                | 0.0                | 0.0                | 0.0              | 0.0          | 0.0          |
| Utilidades                   | 0.0                | 0.0                | 0.0                | 0.0              | 0.0          | 0.0          |
| <b>Total</b>                 | <b>1 673 642.0</b> | <b>1 185 619.0</b> | <b>2 859 261.0</b> | <b>463.6</b>     | <b>328.4</b> | <b>792.0</b> |

### Cuadro A2.2 : Resumen de Inversiones con Conductor de Cobre

| Descripción                  | Soles              |                    |                    | Miles de dólares |              |              |
|------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|------------------|--------------|--------------|
|                              | Red MT             | SED                | Total              | Red MT           | SED          | Total        |
| Materiales y Equipos         | 1 445 639.3        | 1 010 575.0        | 2 456 214.3        | 400.5            | 279.9        | 680.4        |
| Mano de Obra                 | 248 328.0          | 92 326.0           | 340 654.0          | 68.8             | 25.6         | 94.4         |
| <b>Total sin imprevistos</b> | <b>1 693 967.3</b> | <b>1 102 901.0</b> | <b>2 796 868.3</b> | <b>469.2</b>     | <b>305.5</b> | <b>774.8</b> |
| Imprevistos                  | 116 766.0          | 82 718.0           | 199 484.0          | 32.3             | 22.9         | 55.3         |
| <b>Total Costos Directos</b> | <b>1 810 733.3</b> | <b>1 185 619.0</b> | <b>2 996 352.3</b> | <b>501.6</b>     | <b>328.4</b> | <b>830.0</b> |
| Gastos Generales             | 0.0                | 0.0                | 0.0                | 0.0              | 0.0          | 0.0          |
| Utilidades                   | 0.0                | 0.0                | 0.0                | 0.0              | 0.0          | 0.0          |
| <b>Total</b>                 | <b>1 810 733.3</b> | <b>1 185 619.0</b> | <b>2 996 352.3</b> | <b>501.6</b>     | <b>328.4</b> | <b>830.0</b> |

TC = 3,61 S./US\$

## **ANEXO 3**

### **DETALLE DE INVERSIONES CON CONDUCTOR DE ALUMINIO POR SECTOR**

**Cuadro A3.1 : Detalle de las Inversiones con Conductor de Aluminio por Sector**  
(Importe en soles)

| Descripción                  | Sector A         |                  | Sector B        |                  | Sector C         |                  | Sector D         |                  | Sector E         |                  |
|------------------------------|------------------|------------------|-----------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
|                              | Red MT           | SED              | Red MT          | SED              | Red MT           | SED              | Red MT           | SED              | Red MT           | SED              |
| Materiales y Equipos         | 88 233.0         | 199 980.0        | 71 069.0        | 177 861.0        | 77 842.0         | 167 269.0        | 84 456.0         | 164 004.0        | 87 935.0         | 255 499.0        |
| Mano de Obra                 | 19 592.0         | 17 893.0         | 15 127.0        | 16 574.0         | 17 966.0         | 14 836.0         | 19 829.0         | 14 726.0         | 20 701.0         | 24 143.0         |
| Transporte                   | 0 0.0            | 0 0.0            | 0 0.0           | 0 0.0            | 0 0.0            | 0 0.0            | 0 0.0            | 0 0.0            | 0 0.0            | 0 0.0            |
| <b>Total sin Imprevistos</b> | <b>107 825.0</b> | <b>217 873.0</b> | <b>86 196.0</b> | <b>194 435.0</b> | <b>95 808.0</b>  | <b>182 105.0</b> | <b>104 285.0</b> | <b>178 730.0</b> | <b>108 636.0</b> | <b>279 642.0</b> |
| Imprevistos                  | 8 087.0          | 16 340.0         | 6 465.0         | 14 583.0         | 7 186.0          | 13 658.0         | 7 821.0          | 13 405.0         | 8 148.0          | 20 973.0         |
| <b>Total Costos Directos</b> | <b>115 912.0</b> | <b>234 213.0</b> | <b>92 661.0</b> | <b>209 018.0</b> | <b>102 994.0</b> | <b>195 763.0</b> | <b>112 106.0</b> | <b>192 135.0</b> | <b>116 784.0</b> | <b>300 615.0</b> |
| Gastos Generales             | 0 0.0            | 0 0.0            | 0 0.0           | 0 0.0            | 0 0.0            | 0 0.0            | 0 0.0            | 0 0.0            | 0 0.0            | 0 0.0            |
| Utilidades                   | 0 0.0            | 0 0.0            | 0 0.0           | 0 0.0            | 0 0.0            | 0 0.0            | 0 0.0            | 0 0.0            | 0 0.0            | 0 0.0            |
| <b>Total</b>                 | <b>115 912.0</b> | <b>234 213.0</b> | <b>92 661.0</b> | <b>209 018.0</b> | <b>102 994.0</b> | <b>195 763.0</b> | <b>112 106.0</b> | <b>192 135.0</b> | <b>116 784.0</b> | <b>300 615.0</b> |
| Total por Sector             | 350 125.0        |                  | 301 679.0       |                  | 298 757.0        |                  | 304 241.0        |                  | 417 399.0        |                  |

| Descripción                  | A.H. Jaime Yoshiyama |                 | Troncal Plaza Pachac. | Compl. Troncal Plz Pach. | Total              |
|------------------------------|----------------------|-----------------|-----------------------|--------------------------|--------------------|
|                              | Red MT               | SED             | Red Aérea             | Red Aérea                |                    |
| Materiales y Equipos         | 29 690.0             | 45 962.0        | 123 557.0             | 43 102.0                 | 1 616 459.0        |
| Mano de Obra                 | 6 354.0              | 4 154.0         | 17 425.0              | 0 423.0                  | 209 743.0          |
| Transporte                   | 0 0.0                | 0 0.0           | 0 0.0                 | 0 0.0                    | 0 0.0              |
| <b>Total sin Imprevistos</b> | <b>36 044.0</b>      | <b>50 116.0</b> | <b>140 982.0</b>      | <b>43 525.0</b>          | <b>1 826 202.0</b> |
| Imprevistos                  | 2 703.0              | 3 759.0         | 10 574.0              | 3 264.0                  | 136 966.0          |
| <b>Total Costos Directos</b> | <b>38 747.0</b>      | <b>53 875.0</b> | <b>151 556.0</b>      | <b>46 789.0</b>          | <b>1 963 168.0</b> |
| Gastos Generales             | 0 0.0                | 0 0.0           | 0 0.0                 | 0 0.0                    | 0 0.0              |
| Utilidades                   | 0 0.0                | 0 0.0           | 0 0.0                 | 0 0.0                    | 0 0.0              |
| <b>Total</b>                 | <b>38 747.0</b>      | <b>53 875.0</b> | <b>151 556.0</b>      | <b>46 789.0</b>          | <b>1 963 168.0</b> |
| Total por Sector             | 92 622.0             |                 | 151 556.0             | 46 789.0                 |                    |

| Descripción                  | Enlace W-04      |                 | Enlace V-10      |                 | Compl. Enlace V-10 | Total            |
|------------------------------|------------------|-----------------|------------------|-----------------|--------------------|------------------|
|                              | Red Aérea        | Red Subt.       |                  |                 |                    |                  |
| Materiales y Equipos         | 180 604.0        | 50 311.0        | 332 019.0        | 17 402.0        | 122 328.0          | 702 664.0        |
| Mano de Obra                 | 31 107.0         | 8 517.0         | 64 305.0         | 4 951.0         | 22 031.0           | 130 911.0        |
| <b>Total sin Imprevistos</b> | <b>211 711.0</b> | <b>58 828.0</b> | <b>396 324.0</b> | <b>22 353.0</b> | <b>144 359.0</b>   | <b>833 575.0</b> |
| Imprevistos                  | 15 949.0         | 4 341.0         | 29 870.0         | 1 531.0         | 10 827.0           | 62 518.0         |
| <b>Total Costos Directos</b> | <b>227 660.0</b> | <b>63 169.0</b> | <b>426 194.0</b> | <b>23 884.0</b> | <b>155 186.0</b>   | <b>896 093.0</b> |
| Gastos Generales             | 0 0.0            | 0 0.0           | 0 0.0            | 0 0.0           | 0 0.0              | 0 0.0            |
| Utilidades                   | 0 0.0            | 0 0.0           | 0 0.0            | 0 0.0           | 0 0.0              | 0 0.0            |
| <b>Total</b>                 | <b>227 660.0</b> | <b>63 169.0</b> | <b>426 194.0</b> | <b>23 884.0</b> | <b>155 186.0</b>   | <b>896 093.0</b> |
|                              | 290 829.0        |                 | 450 078.0        |                 | 155 186.0          |                  |

## **ANEXO 4**

### **DETALLE DE INVERSIONES CON CONDUCTOR DE COBRE POR SECTOR**

**Cuadro A4.1 : Detalle de las Inversiones con Conductor de Cobre por Sector**  
(Importe en soles)

| Descripción                  | Sector A         |                  | Sector B         |                  | Sector C         |                  | Sector D         |                  | Sector E         |                  |
|------------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
|                              | Red MT           | SED              |
| Materiales y Equipos         | 92 521.3         | 199 980.0        | 75 833.8         | 177 861.0        | 82 167.5         | 167 269.0        | 89 938.5         | 164 004.0        | 93 722.1         | 255 499.0        |
| Mano de Obra                 | 19 592.0         | 17 893.0         | 15 127.0         | 16 574.0         | 17 966.0         | 14 836.0         | 19 829.0         | 14 726.0         | 20 701.0         | 24 143.0         |
| <b>Total sin Imprevistos</b> | <b>112 113.3</b> | <b>217 873.0</b> | <b>90 960.8</b>  | <b>194 435.0</b> | <b>100 133.5</b> | <b>182 105.0</b> | <b>109 767.5</b> | <b>178 730.0</b> | <b>114 423.1</b> | <b>279 642.0</b> |
| Imprevistos                  | 8 087.0          | 16 340.0         | 6 465.0          | 14 583.0         | 7 186.0          | 13 658.0         | 7 821.0          | 13 405.0         | 8 148.0          | 20 973.0         |
| <b>Total Costos Directos</b> | <b>120 200.3</b> | <b>234 213.0</b> | <b>97 425.8</b>  | <b>209 018.0</b> | <b>107 319.5</b> | <b>195 763.0</b> | <b>117 588.5</b> | <b>192 135.0</b> | <b>122 571.1</b> | <b>300 615.0</b> |
| Gastos Generales             | 0 0.0            | 0 0.0            | 0 0.0            | 0 0.0            | 0 0.0            | 0 0.0            | 0 0.0            | 0 0.0            | 0 0.0            | 0 0.0            |
| Utilidades                   | 0 0.0            | 0 0.0            | 0 0.0            | 0 0.0            | 0 0.0            | 0 0.0            | 0 0.0            | 0 0.0            | 0 0.0            | 0 0.0            |
| <b>Total</b>                 | <b>120 200.3</b> | <b>234 213.0</b> | <b>97 425.8</b>  | <b>209 018.0</b> | <b>107 319.5</b> | <b>195 763.0</b> | <b>117 588.5</b> | <b>192 135.0</b> | <b>122 571.1</b> | <b>300 615.0</b> |
| <b>Total por Sector</b>      | <b>354 413.3</b> |                  | <b>306 443.8</b> |                  | <b>303 082.5</b> |                  | <b>309 723.5</b> |                  | <b>423 186.1</b> |                  |

| Descripción                  | A.H. Jaime Yoshiyama |                 | Troncal Plaza Pachac. | Compl. Troncal Plz Pach | Total              |
|------------------------------|----------------------|-----------------|-----------------------|-------------------------|--------------------|
|                              | Red MT               | SED             | Red Aérea             | Red Aérea               |                    |
| Materiales y Equipos         | 30 795.8             | 45 962.0        | 135 264.2             | 43 102.0                | 1 653 920.1        |
| Mano de Obra                 | 6 354.0              | 4 154.0         | 17 425.0              | 0 423.0                 | 209 743.0          |
| Transporte                   | 0 0.0                | 0 0.0           | 0 0.0                 | 0 0.0                   | 0 0.0              |
| <b>Total sin Imprevistos</b> | <b>37 149.8</b>      | <b>50 116.0</b> | <b>152 689.2</b>      | <b>43 525.0</b>         | <b>1 863 663.1</b> |
| Imprevistos                  | 2 703.0              | 3 759.0         | 10 574.0              | 3 264.0                 | 136 966.0          |
| <b>Total Costos Directos</b> | <b>39 852.8</b>      | <b>53 875.0</b> | <b>163 263.2</b>      | <b>46 789.0</b>         | <b>2 000 629.1</b> |
| Gastos Generales             | 0 0.0                | 0 0.0           | 0 0.0                 | 0 0.0                   | 0 0.0              |
| Utilidades                   | 0 0.0                | 0 0.0           | 0 0.0                 | 0 0.0                   | 0 0.0              |
| <b>Total</b>                 | <b>39 852.8</b>      | <b>53 875.0</b> | <b>163 263.2</b>      | <b>46 789.0</b>         | <b>2 000 629.1</b> |
| <b>Total por Sector</b>      | <b>93 727.8</b>      |                 | <b>163 263.2</b>      | <b>46 789.0</b>         |                    |

| Descripción                  | Enlace W-04      |                 | Enlace V-10      |                 | Compl. Enlace V-10 |           | Total            |
|------------------------------|------------------|-----------------|------------------|-----------------|--------------------|-----------|------------------|
|                              | Red Aérea        | Red Subt.       | Red Aérea        | Red Subt.       | Red Aérea          | Red Subt. |                  |
| Materiales y Equipos         | 203 393.6        | 50 311.0        | 389 711.9        | 17 402.0        | 141 475.7          |           | 802 294.2        |
| Mano de Obra                 | 31 107.0         | 8 517.0         | 64 305.0         | 4 951.0         | 22 031.0           |           | 130 911.0        |
| Transporte                   | 0 0.0            | 0 0.0           | 0 0.0            | 0 0.0           | 0 0.0              |           | 0 0.0            |
| <b>Total sin Imprevistos</b> | <b>234 500.6</b> | <b>58 828.0</b> | <b>454 016.9</b> | <b>22 353.0</b> | <b>163 506.7</b>   |           | <b>933 205.2</b> |
| Imprevistos                  | 15 949.0         | 4 341.0         | 29 870.0         | 1 531.0         | 10 827.0           |           | 62 518.0         |
| <b>Total Costos Directos</b> | <b>250 449.6</b> | <b>63 169.0</b> | <b>483 886.9</b> | <b>23 884.0</b> | <b>174 333.7</b>   |           | <b>995 723.2</b> |
| Gastos Generales             | 0 0.0            | 0 0.0           | 0 0.0            | 0 0.0           | 0 0.0              |           | 0 0.0            |
| Utilidades                   | 0 0.0            | 0 0.0           | 0 0.0            | 0 0.0           | 0 0.0              |           | 0 0.0            |
| <b>Total</b>                 | <b>250 449.6</b> | <b>63 169.0</b> | <b>483 886.9</b> | <b>23 884.0</b> | <b>174 333.7</b>   |           | <b>995 723.2</b> |
|                              | <b>313 618.6</b> |                 | <b>507 770.9</b> |                 | <b>174 333.7</b>   |           |                  |

## **ANEXO 5**

### **REINVERSIONES Y DEPRECIACION CON CONDUCTOR DE ALUMINIO**



## **ANEXO 6**

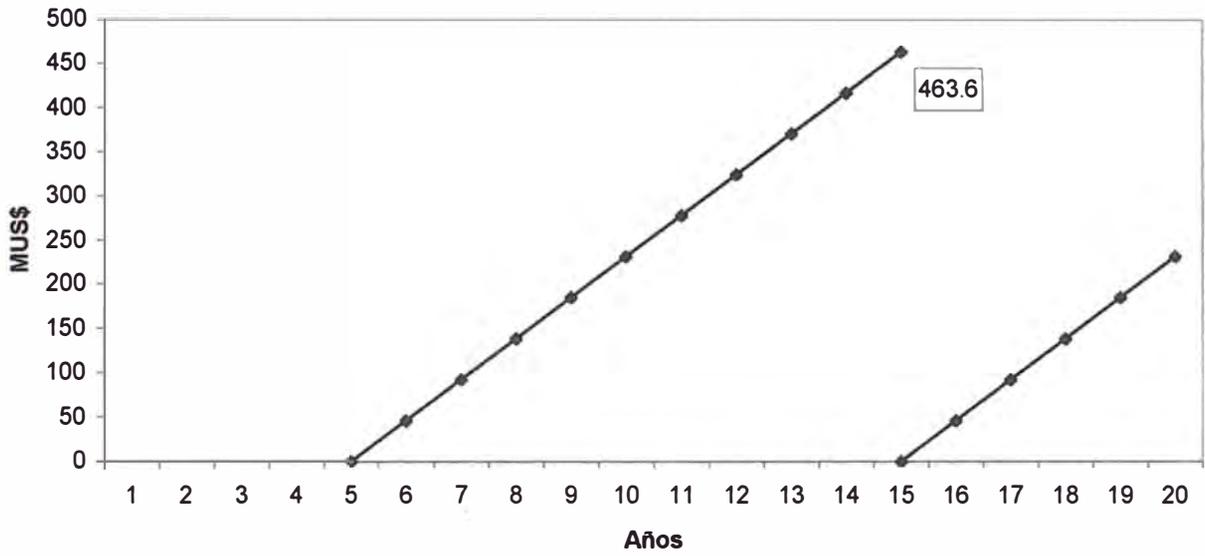
# **REINVERSIONES Y DEPRECIACIÓN CON CONDUCTOR DE COBRE**



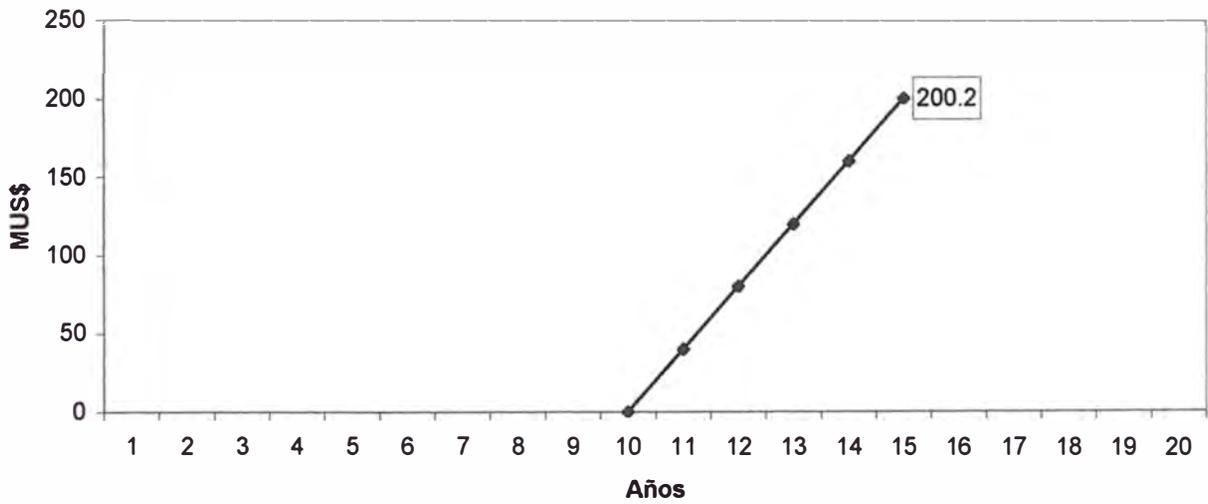
## **ANEXO 7**

### **GRÁFICO DE REINVERSIONES CON CONDUCTOR DE ALUMINIO Y COBRE**

**Gráfico A7.1 : Reinversiones necesarias utilizando Conductor de Aluminio**



**Gráfico A7.2 : Reinversiones necesarias utilizando Conductor de Cobre**



## **ANEXO 8**

### **CÁLCULO DE PÉRDIDAS TÉCNICAS EN CONDUCTORES DE ALUMNIO Y COBRE**

### Cuadro A8.1 : Cálculo de Pérdidas Técnicas en Conductores de Aluminio y Cobre

Precios de Compra en Barra Equivalente de MT :

|                                   |       |             |
|-----------------------------------|-------|-------------|
| Precio de Potencia                | 6.809 | US\$/kW-mes |
| Precio Promedio de Energía        | 0.029 | US\$/kWh    |
| Factor de Pérdida                 | 0.41  |             |
| Tasa de Crecimiento Demanda Anual | 2%    |             |

|               |                    |
|---------------|--------------------|
| Consumo       | 70 kWh/lote-mes    |
| Consumo total | 700000 kWh mensual |
| FC            | 0.61               |
| Potencia      | 1594 kW            |
| I             | 108.26 Amp.        |

Alternativa 1 : Conductor de Aluminio 240 mm<sup>2</sup>

|                           |          |        |
|---------------------------|----------|--------|
| R 60 °C                   | 0.164600 | Ohm/km |
| Corriente en cada Troncal | 108.26   | Amp.   |

| Periodo                                     | 0    | 1           | 2           | 3           | 4           | 5           | 6           | 7           | 8           | 9           | 10          |
|---|------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Año   | 2000 | 2001        | 2002        | 2003        | 2004        | 2005        | 2006        | 2007        | 2008        | 2009        | 2010        |
| Demanda (Amp.)                              |      | 108.3       | 110.4       | 112.6       | 114.9       | 117.2       | 119.5       | 121.9       | 124.4       | 126.8       | 129.4       |
| Pérdidas Técnicas de Potencia (kW)          |      | 63.7        | 66.2        | 68.9        | 71.7        | 74.6        | 77.6        | 80.7        | 84.0        | 87.4        | 90.9        |
| Pérdidas Técnicas de Energía (kWh)          |      | 228 635.7   | 237 872.6   | 247 482.6   | 257 480.9   | 267 883.2   | 278 705.6   | 289 965.4   | 301 680.0   | 313 867.8   | 326 548.1   |
| Importe Pérdida por Potencia (MUS\$)        |      | 5.2         | 5.4         | 5.6         | 5.9         | 6.1         | 6.3         | 6.6         | 6.9         | 7.1         | 7.4         |
| Importe Pérdida por Energía (MUS\$)         |      | 6.6         | 6.9         | 7.2         | 7.5         | 7.8         | 8.1         | 8.4         | 8.7         | 9.1         | 9.5         |
| <b>Total Pérdidas Alternativa 1 (MUS\$)</b> |      | <b>11.8</b> | <b>12.3</b> | <b>12.8</b> | <b>13.3</b> | <b>13.9</b> | <b>14.4</b> | <b>15.0</b> | <b>15.6</b> | <b>16.2</b> | <b>16.9</b> |

| Periodo                                     | 11          | 12          | 13          | 14          | 15          | 16          | 17          | 18          | 19          | 20          |
|---|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Año   | 2011        | 2012        | 2013        | 2014        | 2015        | 2016        | 2017        | 2018        | 2019        | 2020        |
| Demanda (Amp.)                              | 132.0       | 134.6       | 137.3       | 140.0       | 142.8       | 145.7       | 148.6       | 151.6       | 154.6       | 157.7       |
| Pérdidas Técnicas de Potencia (kW)          | 94.6        | 98.4        | 102.4       | 106.5       | 110.8       | 115.3       | 120.0       | 124.8       | 129.9       | 135.1       |
| Pérdidas Técnicas de Energía (kWh)          | 339 740.6   | 353 466.1   | 367 746.2   | 382 603.1   | 398 060.3   | 414 141.9   | 430 873.3   | 448 280.5   | 466 391.1   | 485 233.3   |
| Importe Pérdida por Potencia (MUS\$)        | 7.7         | 8.0         | 8.4         | 8.7         | 9.1         | 9.4         | 9.8         | 10.2        | 10.6        | 11.0        |
| Importe Pérdida por Energía (MUS\$)         | 9.9         | 10.3        | 10.7        | 11.1        | 11.5        | 12.0        | 12.5        | 13.0        | 13.5        | 14.1        |
| <b>Total Pérdidas Alternativa 1 (MUS\$)</b> | <b>17.6</b> | <b>18.3</b> | <b>19.0</b> | <b>19.8</b> | <b>20.6</b> | <b>21.4</b> | <b>22.3</b> | <b>23.2</b> | <b>24.1</b> | <b>25.1</b> |

Alternativa 2 : Conductor de Cobre 120 mm<sup>2</sup>

|                           |          |        |
|---------------------------|----------|--------|
| R 60 °C                   | 0.156000 | Ohm/km |
| Corriente en cada Troncal | 108.26   | Amp.   |

| Periodo                                     | 0    | 1           | 2           | 3           | 4           | 5           | 6           | 7           | 8           | 9           | 10          |
|---|------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Año   | 2000 | 2001        | 2002        | 2003        | 2004        | 2005        | 2006        | 2007        | 2008        | 2009        | 2010        |
| Demanda (Amp.)                              |      | 108.3       | 110.4       | 112.8       | 114.9       | 117.2       | 119.5       | 121.9       | 124.4       | 126.8       | 129.4       |
| Pérdidas Técnicas de Potencia (kW)          |      | 60.3        | 62.8        | 65.3        | 67.9        | 70.7        | 73.5        | 76.5        | 79.6        | 82.8        | 86.2        |
| Pérdidas Técnicas de Energía (kWh)          |      | 216 690.0   | 225 444.2   | 234 552.2   | 244 028.1   | 253 886.8   | 264 143.9   | 274 815.3   | 285 917.8   | 297 468.9   | 309 488.6   |
| Importe Pérdida por Potencia (MUS\$)        |      | 4.9         | 5.1         | 5.3         | 5.6         | 5.8         | 6.0         | 6.3         | 6.5         | 6.8         | 7.0         |
| Importe Pérdida por Energía (MUS\$)         |      | 6.3         | 6.5         | 6.8         | 7.1         | 7.4         | 7.7         | 8.0         | 8.3         | 8.8         | 9.0         |
| <b>Total Pérdidas Alternativa 2 (MUS\$)</b> |      | <b>11.2</b> | <b>11.7</b> | <b>12.1</b> | <b>12.6</b> | <b>13.1</b> | <b>13.7</b> | <b>14.2</b> | <b>14.8</b> | <b>15.4</b> | <b>16.0</b> |

| Periodo                                     | 11          | 12          | 13          | 14          | 15          | 16          | 17          | 18          | 19          | 20          |
|---|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Año   | 2011        | 2012        | 2013        | 2014        | 2015        | 2016        | 2017        | 2018        | 2019        | 2020        |
| Demanda (Amp.)                              | 132.0       | 134.8       | 137.3       | 140.0       | 142.8       | 145.7       | 148.6       | 151.6       | 154.6       | 157.7       |
| Pérdidas Técnicas de Potencia (kW)          | 89.7        | 93.3        | 97.0        | 101.0       | 105.0       | 109.3       | 113.7       | 118.3       | 123.1       | 128.0       |
| Pérdidas Técnicas de Energía (kWh)          | 321 989.9   | 334 998.3   | 348 532.2   | 362 612.9   | 377 262.5   | 392 503.9   | 408 361.0   | 424 858.8   | 442 023.1   | 459 880.9   |
| Importe Pérdida por Potencia (MUS\$)        | 7.3         | 7.6         | 7.9         | 8.2         | 8.6         | 8.9         | 9.3         | 9.7         | 10.1        | 10.5        |
| Importe Pérdida por Energía (MUS\$)         | 9.3         | 9.7         | 10.1        | 10.5        | 10.9        | 11.4        | 11.8        | 12.3        | 12.8        | 13.3        |
| <b>Total Pérdidas Alternativa 2 (MUS\$)</b> | <b>16.7</b> | <b>17.3</b> | <b>18.0</b> | <b>18.8</b> | <b>19.5</b> | <b>20.3</b> | <b>21.1</b> | <b>22.0</b> | <b>22.9</b> | <b>23.8</b> |

## **ANEXO 9**

### **FACTOR DE CARGA EN ALIMENTADORES MT DE EDELNOR AÑO 2001**

**Cuadro A9.1: Factor de Carga en Alimentadores  
Edelnor año 2001**

| ALIM. | Julio | Agosto | Setiembre |
|-------|-------|--------|-----------|
|-------|-------|--------|-----------|

**Canto Grande**

|      |      |      |      |
|------|------|------|------|
| CG02 | 0.57 | 0.58 | 0.58 |
| CG03 | 0.59 | 0.61 | 0.62 |
| CG04 | 0.57 | 0.59 | 0.60 |
| CG05 | 0.68 | 0.68 | 0.67 |
| CG06 | 0.55 | 0.55 | 0.57 |
| CG09 | 0.61 | 0.63 | 0.63 |
| CG10 | 0.55 | 0.56 | 0.57 |
| CG11 | 0.58 | 0.59 | 0.60 |
| CG12 | 0.57 | 0.58 | 0.59 |

**Chavarría**

|      |      |      |      |
|------|------|------|------|
| CH01 | 0.55 | 0.56 | 0.55 |
| CH04 | 0.62 | 0.64 | 0.65 |
| CH05 | 0.57 | 0.59 | 0.58 |
| CH07 | 0.75 | 0.78 | 0.68 |
| CH10 | 0.62 | 0.69 | 0.70 |
| CH11 | 0.57 | 0.58 | 0.58 |
| CH12 | 0.70 | 0.71 | 0.73 |
| CH14 | 0.64 | 0.62 | 0.59 |
| CH15 | 0.59 | 0.60 | 0.59 |
| CH16 | 0.79 | 0.80 | 0.79 |
| CH17 | 0.59 | 0.60 | 0.58 |
| CH18 | 0.61 | 0.61 | 0.62 |
| CH20 | 0.60 | 0.60 | 0.60 |
| CH21 | 0.61 | 0.63 | 0.62 |
| CH22 | 0.68 | 0.68 | 0.67 |
| CH23 | 0.60 | 0.62 | 0.61 |
| CH24 | 0.57 | 0.59 | 0.59 |

**Caudivilla**

|      |      |      |      |
|------|------|------|------|
| CV01 | 0.58 | 0.59 | 0.59 |
| CV02 | 0.58 | 0.59 | 0.59 |
| CV03 | 0.59 | 0.60 | 0.60 |
| CV04 | 0.54 | 0.55 | 0.55 |
| CV05 | 0.49 | 0.51 | 0.51 |
| CV06 | 0.58 | 0.60 | 0.60 |
| CV07 | 0.56 | 0.57 | 0.58 |

**Santa Marina**

|     |      |      |      |
|-----|------|------|------|
| F01 | 0.58 | 0.59 | 0.59 |
| F03 | 0.62 | 0.63 | 0.60 |
| F04 | 0.59 | 0.59 | 0.59 |
| F05 | 0.63 | 0.61 | 0.63 |
| F06 | 0.51 | 0.52 | 0.45 |
| F07 | 0.71 | 0.71 | 0.65 |
| F08 | 0.51 | 0.56 | 0.55 |
| F09 | 0.61 | 0.65 | 0.66 |
| F11 | 0.44 | 0.44 | 0.43 |
| F12 | 0.51 | 0.52 | 0.51 |
| F14 | 0.56 | 0.62 | 0.58 |

|     |      |      |      |
|-----|------|------|------|
| F16 | 0.66 | 0.63 | 0.71 |
| F17 | 0.59 | 0.59 | 0.59 |
| F18 | 0.60 | 0.60 | 0.59 |
| F19 | 0.61 | 0.62 | 0.62 |
| F21 | 0.52 | 0.54 | 0.58 |

#### Infantas

|     |      |      |      |
|-----|------|------|------|
| I02 | 0.67 | 0.68 | 0.69 |
| I03 | 0.61 | 0.65 | 0.65 |
| I04 | 0.68 | 0.73 | 0.74 |
| I05 | 0.73 | 0.74 | 0.73 |
| I07 | 0.74 | 0.77 | 0.75 |
| I08 | 0.57 | 0.59 | 0.59 |
| I11 | 0.52 | 0.54 | 0.55 |
| I12 | 0.69 | 0.60 | 0.68 |
| I13 | 0.54 | 0.58 | 0.58 |
| I14 | 0.57 | 0.57 | 0.59 |
| I15 | 0.55 | 0.57 | 0.58 |
| I16 | 0.56 | 0.56 | 0.57 |
| I17 | 0.61 | 0.66 | 0.67 |
| I18 | 0.55 | 0.57 | 0.59 |
| I19 | 0.53 | 0.55 | 0.56 |

#### Industrial

|      |      |      |      |
|------|------|------|------|
| ID01 | 0.65 | 0.63 | 0.64 |
| ID02 | 0.59 | 0.52 | 0.70 |
| ID03 | 0.50 | 0.37 | 0.39 |
| ID04 | 0.48 | 0.39 | 0.78 |
| ID05 | 0.62 | 0.64 | 0.66 |
| ID07 | 0.64 | 0.65 | 0.67 |

#### Jicamarca

|     |      |      |      |
|-----|------|------|------|
| J03 | 0.51 | 0.53 | 0.54 |
| J05 | 0.63 | 0.66 | 0.60 |
| J06 | 0.55 | 0.57 | 0.52 |

#### Barsi

|     |      |      |      |
|-----|------|------|------|
| K01 | 0.78 | 0.79 | 0.82 |
| K02 | 0.62 | 0.67 | 0.64 |
| K03 | 0.47 | 0.53 | 0.53 |
| K04 | 0.34 | 0.30 | 0.30 |
| K07 | 0.61 | 0.63 | 0.63 |
| K09 | 0.61 | 0.62 | 0.64 |
| K10 | 0.77 | 0.65 | 0.62 |
| K12 | 0.60 | 0.59 | 0.64 |
| K13 | 0.59 | 0.59 | 0.60 |
| K16 | 0.61 | 0.58 | 0.57 |
| K19 | 0.64 | 0.67 | 0.71 |
| K20 | 0.52 | 0.53 | 0.54 |
| K21 | 0.51 | 0.49 | 0.51 |
| K23 | 0.72 | 0.62 | 0.66 |
| K24 | 0.55 | 0.55 | 0.54 |
| K25 | 0.58 | 0.60 | 0.59 |

#### Maranga

|      |      |      |      |
|------|------|------|------|
| MA01 | 0.68 | 0.73 | 0.65 |
| MA03 | 0.61 | 0.61 | 0.60 |
| MA04 | 0.82 | 0.84 | 0.77 |
| MA05 | 0.52 | 0.51 | 0.51 |

|      |      |      |      |
|------|------|------|------|
| MA06 | 0.64 | 0.62 | 0.63 |
| MA08 | 0.63 | 0.64 | 0.64 |
| MA09 | 0.55 | 0.55 | 0.55 |
| MA10 | 0.63 | 0.63 | 0.64 |
| MA11 | 0.61 | 0.61 | 0.61 |
| MA12 | 0.62 | 0.62 | 0.62 |
| MA16 | 0.58 | 0.57 | 0.57 |

Mirones

|     |      |      |      |
|-----|------|------|------|
| M01 | 0.61 | 0.56 | 0.57 |
| M02 | 0.64 | 0.63 | 0.64 |
| M03 | 0.62 | 0.52 | 0.74 |
| M04 | 0.69 | 0.70 | 0.70 |
| M05 | 0.64 | 0.65 | 0.64 |
| M06 | 0.67 | 0.66 | 0.63 |
| M07 | 0.68 | 0.62 | 0.58 |
| M08 | 0.59 | 0.48 | 0.53 |
| M09 | 0.62 | 0.61 | 0.62 |
| M11 | 0.73 | 0.71 | 0.72 |
| M12 | 0.65 | 0.66 | 0.65 |
| M13 | 0.60 | 0.61 | 0.60 |
| M14 | 0.62 | 0.63 | 0.64 |
| M15 | 0.59 | 0.61 | 0.60 |
| M16 | 0.42 | 0.64 | 0.65 |
| M17 | 0.70 | 0.68 | 0.70 |
| M19 | 0.58 | 0.60 | 0.61 |
| M20 | 0.58 | 0.54 | 0.57 |
| M21 | 0.57 | 0.58 | 0.59 |
| M22 | 0.74 | 0.67 | 0.69 |
| M23 | 0.53 | 0.54 | 0.54 |
| M24 | 0.82 | 0.77 | 0.79 |
| M25 | 0.65 | 0.62 | 0.64 |
| M26 | 0.57 | 0.58 | 0.57 |
| M29 | 0.68 | 0.67 | 0.61 |

Naranjal

|      |      |      |      |
|------|------|------|------|
| NJ01 | 0.61 | 0.64 | 0.63 |
| NJ02 | 0.79 | 0.82 | 0.81 |
| NJ10 | 0.56 | 0.58 | 0.58 |
| NJ11 | 0.68 | 0.68 | 0.70 |
| NJ12 | 0.63 | 0.66 | 0.64 |

Oquendo

|     |      |      |      |
|-----|------|------|------|
| O01 | 0.69 | 0.68 | 0.70 |
| O02 | 0.22 | 0.31 | 0.27 |
| O03 | 0.70 | 0.76 | 0.75 |
| O05 | 0.59 | 0.52 | 0.63 |
| O08 | 0.31 | 0.52 | 0.44 |
| O09 | 0.62 | 0.62 | 0.67 |
| O10 | 0.57 | 0.57 | 0.59 |

Santa Rosa

|     |      |      |      |
|-----|------|------|------|
| P01 | 0.72 | 0.71 | 0.70 |
| P06 | 0.62 | 0.63 | 0.64 |
| P07 | 0.72 | 0.73 | 0.76 |
| P13 | 0.58 | 0.60 | 0.61 |
| P14 | 0.64 | 0.64 | 0.65 |
| P15 | 0.63 | 0.65 | 0.62 |
| P18 | 0.63 | 0.64 | 0.63 |

|     |      |      |      |
|-----|------|------|------|
| P19 | 0.63 | 0.60 | 0.63 |
| P21 | 0.69 | 0.70 | 0.67 |
| P22 | 0.53 | 0.60 | 0.57 |
| P23 | 0.65 | 0.63 | 0.63 |
| P24 | 0.65 | 0.66 | 0.66 |
| P25 | 0.88 | 0.82 | 0.81 |
| P27 | 0.58 | 0.59 | 0.60 |
| P28 | 0.56 | 0.58 | 0.59 |
| P29 | 0.57 | 0.53 | 0.58 |
| P31 | 0.60 | 0.62 | 0.63 |
| P32 | 0.82 | 0.85 | 0.85 |
| P33 | 0.59 | 0.60 | 0.60 |
| P34 | 0.61 | 0.63 | 0.66 |

Pando

|      |      |      |      |
|------|------|------|------|
| PA02 | 0.58 | 0.74 | 0.66 |
| PA03 | 0.59 | 0.60 | 0.60 |
| PA04 | 0.58 | 0.58 | 0.58 |
| PA05 | 0.73 | 0.76 | 0.78 |
| PA06 | 0.62 | 0.62 | 0.62 |
| PA07 | 0.86 | 0.81 | 0.80 |
| PA09 | 0.60 | 0.62 | 0.62 |
| PA10 | 0.64 | 0.64 | 0.63 |
| PA11 | 0.62 | 0.61 | 0.61 |
| PA12 | 0.61 | 0.65 | 0.61 |
| PA13 | 0.66 | 0.66 | 0.67 |
| PA14 | 0.49 | 0.60 | 0.58 |

Puente Piedra

|      |      |      |      |
|------|------|------|------|
| PP02 | 0.70 | 0.70 | 0.71 |
| PP04 | 0.62 | 0.69 | 0.67 |
| PP05 | 0.77 | 0.79 | 0.80 |

Pershing

|     |      |      |      |
|-----|------|------|------|
| Q02 | 0.66 | 0.65 | 0.64 |
| Q03 | 0.68 | 0.67 | 0.69 |
| Q04 | 0.67 | 0.67 | 0.66 |
| Q06 | 0.58 | 0.57 | 0.57 |
| Q07 | 0.61 | 0.61 | 0.60 |
| Q08 | 0.67 | 0.67 | 0.66 |
| Q11 | 0.63 | 0.60 | 0.60 |
| Q12 | 0.56 | 0.56 | 0.56 |
| Q13 | 0.64 | 0.64 | 0.65 |
| Q14 | 0.62 | 0.62 | 0.62 |
| Q15 | 0.59 | 0.59 | 0.59 |
| Q16 | 0.62 | 0.62 | 0.61 |
| Q17 | 0.64 | 0.63 | 0.63 |
| Q18 | 0.65 | 0.63 | 0.63 |
| Q20 | 0.58 | 0.55 | 0.56 |

Tacna

|     |      |      |      |
|-----|------|------|------|
| T01 | 0.55 | 0.56 | 0.55 |
| T02 | 0.50 | 0.49 | 0.50 |
| T03 | 0.54 | 0.54 | 0.53 |
| T04 | 0.50 | 0.49 | 0.49 |
| T05 | 0.66 | 0.65 | 0.63 |
| T06 | 0.62 | 0.62 | 0.62 |
| T07 | 0.65 | 0.63 | 0.62 |
| T08 | 0.64 | 0.63 | 0.62 |

|     |      |      |      |
|-----|------|------|------|
| T09 | 0.52 | 0.50 | 0.51 |
| T10 | 0.54 | 0.54 | 0.53 |
| T11 | 0.57 | 0.58 | 0.57 |
| T12 | 0.58 | 0.59 | 0.59 |
| T13 | 0.65 | 0.65 | 0.64 |
| T14 | 0.54 | 0.54 | 0.55 |
| T15 | 0.57 | 0.56 | 0.53 |
| T16 | 0.52 | 0.50 | 0.51 |
| T17 | 0.55 | 0.55 | 0.55 |
| T18 | 0.52 | 0.51 | 0.51 |
| T19 | 0.43 | 0.42 | 0.42 |
| T21 | 0.58 | 0.58 | 0.59 |
| T22 | 0.60 | 0.60 | 0.60 |
| T23 | 0.63 | 0.64 | 0.63 |
| T24 | 0.59 | 0.61 | 0.61 |
| T25 | 0.57 | 0.58 | 0.59 |

Tomas Valle

|      |      |      |      |
|------|------|------|------|
| TV01 | 0.58 | 0.58 | 0.58 |
| TV02 | 0.67 | 0.66 | 0.65 |
| TV03 | 0.58 | 0.59 | 0.59 |
| TV04 | 0.63 | 0.55 | 0.55 |
| TV05 | 0.70 | 0.74 | 0.71 |
| TV07 |      |      |      |
| TV08 | 0.42 | 0.43 | 0.43 |
| TV09 | 0.77 | 0.77 | 0.79 |
| TV14 | 0.56 | 0.57 | 0.56 |
| TV15 | 0.59 | 0.59 | 0.58 |
| TV16 | 0.59 | 0.59 | 0.59 |
| TV17 | 0.59 | 0.62 | 0.61 |

Ventanilla

|     |      |      |      |
|-----|------|------|------|
| V04 | 0.59 | 0.60 | 0.59 |
| V05 | 0.54 | 0.55 | 0.55 |
| V06 | 0.57 | 0.57 | 0.58 |
| V07 | 0.58 | 0.57 | 0.58 |

Zapallar

|     |      |      |      |
|-----|------|------|------|
| W02 | 0.56 | 0.58 | 0.59 |
| W03 | 0.65 | 0.64 | 0.63 |
| W04 | 0.57 | 0.57 | 0.56 |

|                         |      |      |      |             |
|-------------------------|------|------|------|-------------|
| <b>Promedio Edelnor</b> | 0.61 | 0.61 | 0.61 | <b>0.61</b> |
|-------------------------|------|------|------|-------------|

## **ANEXO 10**

### **FACTOR DE PÉRDIDAS EN ALIMENTADORES MT DE EDELNOR AÑO 2001**

**Cuadro A10.1 : Factor de Pérdidas en Alimentadores  
Edelnor año 2001**

| Alimentador | Julio | Agosto | Setiembre |
|-------------|-------|--------|-----------|
|-------------|-------|--------|-----------|

**Canto Grande**

|      |      |      |      |
|------|------|------|------|
| CG02 | 0.35 | 0.37 | 0.37 |
| CG03 | 0.37 | 0.39 | 0.41 |
| CG04 | 0.35 | 0.37 | 0.38 |
| CG05 | 0.48 | 0.48 | 0.47 |
| CG06 | 0.33 | 0.34 | 0.36 |
| CG09 | 0.40 | 0.43 | 0.42 |
| CG10 | 0.33 | 0.35 | 0.36 |
| CG11 | 0.37 | 0.38 | 0.39 |
| CG12 | 0.36 | 0.37 | 0.38 |

**Chavarría**

|      |      |      |      |
|------|------|------|------|
| CH01 | 0.34 | 0.35 | 0.33 |
| CH04 | 0.42 | 0.44 | 0.46 |
| CH05 | 0.36 | 0.37 | 0.37 |
| CH07 | 0.59 | 0.63 | 0.50 |
| CH10 | 0.41 | 0.52 | 0.53 |
| CH11 | 0.35 | 0.36 | 0.37 |
| CH12 | 0.51 | 0.52 | 0.54 |
| CH14 | 0.46 | 0.43 | 0.40 |
| CH15 | 0.38 | 0.39 | 0.38 |
| CH16 | 0.63 | 0.65 | 0.63 |
| CH17 | 0.37 | 0.40 | 0.38 |
| CH18 | 0.40 | 0.40 | 0.41 |
| CH20 | 0.38 | 0.39 | 0.39 |
| CH21 | 0.40 | 0.43 | 0.42 |
| CH22 | 0.49 | 0.49 | 0.47 |
| CH23 | 0.38 | 0.41 | 0.40 |
| CH24 | 0.36 | 0.37 | 0.38 |

**Caudivilla**

|      |      |      |      |
|------|------|------|------|
| CV01 | 0.37 | 0.37 | 0.37 |
| CV02 | 0.37 | 0.38 | 0.38 |
| CV03 | 0.37 | 0.39 | 0.39 |
| CV04 | 0.32 | 0.33 | 0.34 |
| CV05 | 0.28 | 0.30 | 0.30 |
| CV06 | 0.37 | 0.39 | 0.39 |
| CV07 | 0.34 | 0.36 | 0.37 |

**Santa Marina**

|     |      |      |      |
|-----|------|------|------|
| F01 | 0.37 | 0.37 | 0.38 |
| F03 | 0.42 | 0.44 | 0.40 |
| F04 | 0.37 | 0.37 | 0.37 |
| F05 | 0.42 | 0.41 | 0.43 |
| F06 | 0.32 | 0.34 | 0.26 |
| F07 | 0.52 | 0.53 | 0.45 |
| F08 | 0.29 | 0.34 | 0.33 |
| F09 | 0.40 | 0.46 | 0.47 |
| F11 | 0.25 | 0.24 | 0.23 |

|     |      |      |      |
|-----|------|------|------|
| F12 | 0.30 | 0.31 | 0.30 |
| F14 | 0.34 | 0.41 | 0.37 |
| F16 | 0.49 | 0.47 | 0.56 |
| F17 | 0.38 | 0.38 | 0.37 |
| F18 | 0.39 | 0.39 | 0.38 |
| F19 | 0.41 | 0.41 | 0.41 |
| F21 | 0.30 | 0.32 | 0.36 |

Infantas

|     |      |      |      |
|-----|------|------|------|
| I02 | 0.48 | 0.49 | 0.51 |
| I03 | 0.39 | 0.45 | 0.45 |
| I04 | 0.48 | 0.54 | 0.57 |
| I05 | 0.57 | 0.58 | 0.56 |
| I07 | 0.56 | 0.60 | 0.58 |
| I08 | 0.35 | 0.37 | 0.37 |
| I11 | 0.30 | 0.32 | 0.34 |
| I12 | 0.50 | 0.39 | 0.48 |
| I13 | 0.32 | 0.37 | 0.37 |
| I14 | 0.35 | 0.35 | 0.38 |
| I15 | 0.33 | 0.35 | 0.37 |
| I16 | 0.34 | 0.35 | 0.36 |
| I17 | 0.39 | 0.45 | 0.47 |
| I18 | 0.33 | 0.35 | 0.37 |
| I19 | 0.31 | 0.33 | 0.34 |

Industrial

|      |      |      |      |
|------|------|------|------|
| ID01 | 0.45 | 0.42 | 0.44 |
| ID02 | 0.37 | 0.30 | 0.52 |
| ID03 | 0.30 | 0.19 | 0.21 |
| ID04 | 0.26 | 0.20 | 0.62 |
| ID05 | 0.42 | 0.44 | 0.47 |
| ID07 | 0.44 | 0.44 | 0.47 |

Jicamarca

|     |      |      |      |
|-----|------|------|------|
| J03 | 0.29 | 0.31 | 0.32 |
| J05 | 0.44 | 0.46 | 0.37 |
| J06 | 0.35 | 0.37 | 0.29 |

Barsi

|     |      |      |      |
|-----|------|------|------|
| K01 | 0.61 | 0.65 | 0.68 |
| K02 | 0.41 | 0.47 | 0.43 |
| K03 | 0.27 | 0.31 | 0.33 |
| K04 | 0.19 | 0.18 | 0.19 |
| K07 | 0.41 | 0.43 | 0.43 |
| K09 | 0.42 | 0.43 | 0.44 |
| K10 | 0.61 | 0.48 | 0.45 |
| K12 | 0.39 | 0.38 | 0.44 |
| K13 | 0.38 | 0.38 | 0.39 |
| K16 | 0.40 | 0.36 | 0.36 |
| K19 | 0.44 | 0.48 | 0.53 |
| K20 | 0.31 | 0.32 | 0.33 |
| K21 | 0.31 | 0.30 | 0.31 |
| K23 | 0.54 | 0.41 | 0.46 |
| K24 | 0.34 | 0.34 | 0.33 |
| K25 | 0.37 | 0.39 | 0.38 |

Maranga

|      |      |      |      |
|------|------|------|------|
| MA01 | 0.48 | 0.55 | 0.44 |
| MA03 | 0.39 | 0.40 | 0.39 |

|      |      |      |      |
|------|------|------|------|
| MA04 | 0.69 | 0.71 | 0.60 |
| MA05 | 0.40 | 0.38 | 0.39 |
| MA06 | 0.44 | 0.42 | 0.43 |
| MA08 | 0.42 | 0.43 | 0.43 |
| MA09 | 0.33 | 0.34 | 0.34 |
| MA10 | 0.42 | 0.42 | 0.43 |
| MA11 | 0.40 | 0.40 | 0.40 |
| MA12 | 0.41 | 0.41 | 0.41 |
| MA16 | 0.38 | 0.36 | 0.37 |

#### Mirones

|     |      |      |      |
|-----|------|------|------|
| M01 | 0.40 | 0.36 | 0.37 |
| M02 | 0.45 | 0.43 | 0.44 |
| M03 | 0.44 | 0.31 | 0.57 |
| M04 | 0.50 | 0.51 | 0.51 |
| M05 | 0.44 | 0.45 | 0.45 |
| M06 | 0.48 | 0.47 | 0.44 |
| M07 | 0.49 | 0.41 | 0.37 |
| M08 | 0.39 | 0.27 | 0.34 |
| M09 | 0.42 | 0.42 | 0.43 |
| M11 | 0.56 | 0.54 | 0.54 |
| M12 | 0.45 | 0.47 | 0.46 |
| M13 | 0.39 | 0.40 | 0.40 |
| M14 | 0.42 | 0.43 | 0.43 |
| M15 | 0.38 | 0.40 | 0.40 |
| M16 | 0.22 | 0.44 | 0.45 |
| M17 | 0.51 | 0.47 | 0.50 |
| M19 | 0.37 | 0.40 | 0.40 |
| M20 | 0.36 | 0.32 | 0.36 |
| M21 | 0.36 | 0.37 | 0.38 |
| M22 | 0.56 | 0.47 | 0.49 |
| M23 | 0.34 | 0.36 | 0.36 |
| M24 | 0.68 | 0.61 | 0.64 |
| M25 | 0.47 | 0.42 | 0.46 |
| M26 | 0.36 | 0.37 | 0.36 |
| M29 | 0.48 | 0.49 | 0.42 |

#### Naranjal

|      |      |      |      |
|------|------|------|------|
| NJ01 | 0.40 | 0.44 | 0.43 |
| NJ02 | 0.62 | 0.68 | 0.65 |
| NJ10 | 0.35 | 0.37 | 0.37 |
| NJ11 | 0.50 | 0.50 | 0.52 |
| NJ12 | 0.43 | 0.47 | 0.45 |

#### Oquendo

|     |      |      |      |
|-----|------|------|------|
| O01 | 0.50 | 0.49 | 0.51 |
| O02 | 0.07 | 0.14 | 0.13 |
| O03 | 0.51 | 0.59 | 0.59 |
| O05 | 0.39 | 0.31 | 0.42 |
| O08 | 0.16 | 0.35 | 0.28 |
| O09 | 0.42 | 0.41 | 0.47 |
| O10 | 0.35 | 0.35 | 0.37 |

#### Santa Rosa

|     |      |      |      |
|-----|------|------|------|
| P01 | 0.55 | 0.53 | 0.52 |
| P06 | 0.40 | 0.42 | 0.43 |
| P07 | 0.54 | 0.55 | 0.59 |
| P13 | 0.37 | 0.39 | 0.40 |
| P14 | 0.44 | 0.43 | 0.44 |

|     |      |      |      |
|-----|------|------|------|
| P15 | 0.44 | 0.46 | 0.43 |
| P18 | 0.43 | 0.45 | 0.44 |
| P19 | 0.42 | 0.39 | 0.43 |
| P21 | 0.50 | 0.51 | 0.48 |
| P22 | 0.35 | 0.43 | 0.38 |
| P23 | 0.46 | 0.43 | 0.43 |
| P24 | 0.45 | 0.46 | 0.46 |
| P25 | 0.78 | 0.69 | 0.67 |
| P27 | 0.40 | 0.40 | 0.41 |
| P28 | 0.35 | 0.37 | 0.38 |
| P29 | 0.41 | 0.35 | 0.42 |
| P31 | 0.39 | 0.41 | 0.42 |
| P32 | 0.68 | 0.72 | 0.73 |
| P33 | 0.38 | 0.39 | 0.39 |
| P34 | 0.42 | 0.44 | 0.46 |

Pando

|      |      |      |      |
|------|------|------|------|
| PA02 | 0.37 | 0.56 | 0.46 |
| PA03 | 0.38 | 0.39 | 0.39 |
| PA04 | 0.38 | 0.38 | 0.38 |
| PA05 | 0.56 | 0.60 | 0.62 |
| PA06 | 0.41 | 0.41 | 0.41 |
| PA07 | 0.75 | 0.70 | 0.69 |
| PA09 | 0.39 | 0.42 | 0.41 |
| PA10 | 0.44 | 0.44 | 0.43 |
| PA11 | 0.41 | 0.40 | 0.40 |
| PA12 | 0.40 | 0.45 | 0.40 |
| PA13 | 0.47 | 0.47 | 0.48 |
| PA14 | 0.29 | 0.40 | 0.38 |

Puente Piedra

|      |      |      |      |
|------|------|------|------|
| PP02 | 0.51 | 0.51 | 0.52 |
| PP04 | 0.41 | 0.50 | 0.46 |
| PP05 | 0.60 | 0.63 | 0.65 |

Pershing

|     |      |      |      |
|-----|------|------|------|
| Q02 | 0.46 | 0.45 | 0.44 |
| Q03 | 0.50 | 0.49 | 0.51 |
| Q04 | 0.48 | 0.48 | 0.47 |
| Q06 | 0.37 | 0.35 | 0.36 |
| Q07 | 0.41 | 0.40 | 0.39 |
| Q08 | 0.48 | 0.47 | 0.46 |
| Q11 | 0.44 | 0.39 | 0.40 |
| Q12 | 0.36 | 0.36 | 0.36 |
| Q13 | 0.44 | 0.44 | 0.44 |
| Q14 | 0.41 | 0.40 | 0.41 |
| Q15 | 0.40 | 0.40 | 0.40 |
| Q16 | 0.42 | 0.41 | 0.40 |
| Q17 | 0.44 | 0.43 | 0.42 |
| Q18 | 0.45 | 0.43 | 0.44 |
| Q20 | 0.37 | 0.33 | 0.35 |

Tacna

|     |      |      |      |
|-----|------|------|------|
| T01 | 0.37 | 0.38 | 0.36 |
| T02 | 0.35 | 0.34 | 0.35 |
| T03 | 0.34 | 0.33 | 0.33 |
| T04 | 0.33 | 0.32 | 0.31 |
| T05 | 0.48 | 0.47 | 0.45 |
| T06 | 0.41 | 0.41 | 0.41 |

|     |      |      |      |
|-----|------|------|------|
| T07 | 0.47 | 0.44 | 0.43 |
| T08 | 0.44 | 0.43 | 0.41 |
| T09 | 0.36 | 0.35 | 0.36 |
| T10 | 0.38 | 0.38 | 0.37 |
| T11 | 0.36 | 0.37 | 0.36 |
| T12 | 0.37 | 0.38 | 0.38 |
| T13 | 0.47 | 0.46 | 0.45 |
| T14 | 0.39 | 0.39 | 0.40 |
| T15 | 0.37 | 0.35 | 0.32 |
| T16 | 0.36 | 0.35 | 0.36 |
| T17 | 0.37 | 0.37 | 0.36 |
| T18 | 0.36 | 0.35 | 0.34 |
| T19 | 0.30 | 0.29 | 0.29 |
| T21 | 0.36 | 0.37 | 0.39 |
| T22 | 0.39 | 0.39 | 0.39 |
| T23 | 0.43 | 0.44 | 0.42 |
| T24 | 0.38 | 0.40 | 0.40 |
| T25 | 0.36 | 0.37 | 0.38 |

Tomas Valle

|      |      |      |      |
|------|------|------|------|
| TV01 | 0.37 | 0.37 | 0.38 |
| TV02 | 0.48 | 0.47 | 0.45 |
| TV03 | 0.37 | 0.38 | 0.38 |
| TV04 | 0.41 | 0.33 | 0.33 |
| TV05 | 0.51 | 0.56 | 0.52 |
| TV07 |      |      |      |
| TV08 | 0.23 | 0.25 | 0.25 |
| TV09 | 0.60 | 0.61 | 0.64 |
| TV14 | 0.34 | 0.36 | 0.35 |
| TV15 | 0.38 | 0.38 | 0.37 |
| TV16 | 0.38 | 0.38 | 0.38 |
| TV17 | 0.38 | 0.42 | 0.41 |

Ventanilla

|     |      |      |      |
|-----|------|------|------|
| V04 | 0.37 | 0.38 | 0.38 |
| V05 | 0.32 | 0.34 | 0.33 |
| V06 | 0.36 | 0.36 | 0.36 |
| V07 | 0.36 | 0.35 | 0.36 |

Zapallar

|     |      |      |      |
|-----|------|------|------|
| W02 | 0.34 | 0.36 | 0.38 |
| W03 | 0.45 | 0.43 | 0.42 |
| W04 | 0.35 | 0.35 | 0.35 |

|                  |      |      |      |      |
|------------------|------|------|------|------|
| Promedio Edelnor | 0.41 | 0.41 | 0.42 | 0.41 |
|------------------|------|------|------|------|

## BIBLIOGRAFÍA

1. EDELNOR S.A.A  
:"Criterio de Decisión de Inversiones 2001", Lima 2001.  
  
"Normas de Distribución, Libro de Líneas Aéreas de Media y Baja Tensión", Lima 2001.  
  
"Sistema para valorización de proyectos de Inversión", Lima 2001.  
  
"Reportes Mensuales de Carga en Alimentadores de MT", Lima 2001.
2. JUSTO YANQUE M.  
:"Electroredes", Informes Procobre años 1997, 1998 y 200, Lima-Perú.
3. JUSTO YANQUE M.  
:"Problemas de corrosión en infraestructura Eléctrica", UNI, Lima 1985.
4. CARLOS HUAYLLASCO M.  
:"Instalaciones Eléctricas II", UNI, Lima 1994.