

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA



**INGENIERÍA DE LA LÍNEA DE TRANSMISIÓN EN 138 kV S.E.
CHIMBOTE SUR – S.E. TRAPECIO**

INFORME DE SUFICIENCIA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO ELECTRICISTA

PRESENTADO POR:

JHON GROVEER CHACON ALCANTARA

**PROMOCIÓN
2002 – I**

**LIMA – PERÚ
2007**

**INGENIERÍA DE LA LÍNEA DE TRANSMISIÓN EN 138 kV S.E. CHIMBOTE
SUR – S.E. TRAPECIO**

*A mis queridos padres Rosa y Julio,
por sus enseñanzas y apoyo incondicional que
hicieron posible mi desarrollo profesional.*

SUMARIO

La transmisión de la energía eléctrica por líneas aéreas es uno de los elementos más importantes de los sistemas de energía eléctrica de la actualidad. La existencia de potencial hidráulico en nuestra sierra y ceja de selva, conjuntamente con el crecimiento del desarrollo industrial conllevan a la necesidad de construir más líneas de transmisión que suministren la energía eléctrica hacia las cargas y otras que aseguren la continuidad del servicio frente a diversas contingencias. Es así que surge la necesidad de desarrollar métodos y técnicas para su diseño y construcción.

El presente informe desarrolla la Ingeniería de la Línea de Transmisión en 138 kV S.E. Chimbote Sur - S.E. Trapecio, basado en los cálculos justificativos, aplicación de normas y reglamentos nacionales e internacionales así como la utilización de programas computacionales para el análisis de flujo de potencia y también para el desarrollo del cálculo mecánico del conductor y la distribución de estructuras.

La creciente accesibilidad a los programas computacionales especializados permiten cada día agilizar y refinar los cálculos que otrora eran usualmente obviados y que en la actualidad son muy utilizados.

ÍNDICE

PRÓLOGO	01
CAPÍTULO I	
MEMORIA DESCRIPTIVA	03
1.1 Antecedentes	03
1.2 Objetivo	03
1.3 Descripción del Área del Proyecto	03
1.3.1 Ubicación	03
1.3.2 Trazo de Ruta de la Línea	04
1.4 Principales Características y Materiales de la Línea	04
1.5 Impacto Ambiental	05
CAPÍTULO II	
CRITERIOS GENERALES DE DISEÑO	06
2.1 Generalidades	06
2.2 Consideraciones de Cálculo	06
2.2.1 Características Climatológicas	06
2.2.2 Fuente de Suministro de Energía	07
2.2.3 Demanda Eléctrica	07
CAPÍTULO III	
SELECCIÓN DEL CONDUCTOR	08
3.1 Criterios para la Definición del Conductor	08
3.1.1 Grasa de Protección	08
3.2 Análisis del Flujo de Potencia	09
3.2.1 Premisas	09
3.2.2 Considerando uso de conductor AAAC de 200 mm ²	11
3.2.3 Considerando uso de conductor AAAC de 236 mm ²	12

3.2.4	Considerando uso de conductor AAAC de 283 mm ²	13
CAPÍTULO IV		
PARÁMETROS DE LA LÍNEA DE TRANSMISIÓN		15
4.1	Generalidades	15
4.2	Resistencia Eléctrica	15
4.3	Reactancia Inductiva	16
4.4	Reactancia Capacitiva	17
CAPÍTULO V		
CÁLCULO MECÁNICO DEL CONDUCTOR		18
5.1	Generalidades	18
5.2	Hipótesis de Cálculo	18
5.3	Ecuación de Cambio de Estado	18
5.4	Efecto Creep del Conductor	20
5.5	Distancias de Seguridad	20
5.5.1	Distancia al Suelo	20
5.5.2	Distancias de los Conductores entre sí y estos al suelo	21
5.6	Vibración de Conductores	22
CAPÍTULO VI		
CÁLCULO MECÁNICO DE ESTRUCTURAS		23
6.1	Generalidades	23
6.2	Longitud de Empotramiento	23
6.3	Hipótesis de Carga de las Estructuras	25
6.3.1	Estructura de Suspensión: Simple Terna (S1)	25
6.3.2	Estructura Angular: Simple Terna (SH1)	25
6.3.3	Estructura Terminal: Simple Terna (AT)	25
6.4	Cálculo de Cargas en la Estructura	26
6.4.1	Cargas Transversales	26
6.4.2	Cargas Verticales	27
6.4.3	Cargas Longitudinales	28
6.5	Cálculo de Cargas de los Tipos de Estructuras	28

6.5.1	Cálculo de las Estructuras “S”	28
6.5.2	Cálculo de las Estructuras “SH1”	31
6.5.3	Cálculo de las Estructuras “AT”	35
6.6	Calculo de Retenidas	37

CAPÍTULO VII

DISEÑO DE AISLAMIENTO	39	
7.1	Premisas de Diseño	39
7.2	Diseño del Aislamiento por Sobretensión a Frecuencia Industrial	39
7.3	Diseño del Aislamiento por Distancia de Fuga	40
7.4	Esfuerzos Mecánicos sobre los Aisladores	40
7.4.1	Aislador Tipo Suspensión	40
7.4.2	Aislador Horizontal Tipo Poste	41

CAPÍTULO VIII

DISEÑO DE LA PUESTA A TIERRA	43	
8.1	Introducción	43
8.2	Disposición I	43
8.3	Disposición II	44
8.4	Disposición III	45
8.5	Disposición IV	46

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	47
---------------------------------------	-----------

ANEXOS	49
---------------	-----------

ANEXO A

Reportes de cálculos de flujo de potencia	50
---	----

ANEXO B

Reportes del cálculo mecánico del conductor	54
---	----

ANEXO C

Cálculos mecánicos de estructuras	62
-----------------------------------	----

ANEXO D

Registro Fotográfico

71

ANEXO E

Planos

75

BIBLIOGRAFÍA

85

PRÓLOGO

El presente informe tiene como marco general el desarrollo de la ingeniería de la Línea de Transmisión en 138 kV S.E. Chimbote Sur - S.E. Trapecio, realizando los cálculos justificativos correspondientes, cumpliendo las condiciones técnicas y garantizando las distancias permisibles de seguridad para las personas y las propiedades.

En el capítulo I se realiza una introducción al tema ampliando el sumario. Se describen los antecedentes y se señala el objetivo del informe. También se describe la ubicación del proyecto, condiciones ambientales, consideraciones para el trazo de la ruta de la línea y el impacto ambiental que tendría.

En el capítulo II se exponen los criterios generales de diseño, consideraciones de cálculo, normas y reglamentos a ser utilizados, fuente de suministro de energía de la línea, demanda eléctrica y características principales de la línea.

En el capítulo III, en primera instancia se plantean varias alternativas para el tipo de conductor a ser utilizado en la línea, teniendo en cuenta la potencia proyectada, el nivel de tensión y las recomendaciones del REA BULLETIN 62-1, determinándose la sección del conductor óptimo para la línea, para lo cual se utiliza el programa computacional WINFLU para realizar simulaciones de flujo de potencia para varias secciones del conductor y una potencia proyectada para 20 años según los requerimientos de la concesionaria. Los reportes del flujo de potencia del programa computacional se muestran en los respectivos anexos.

En el capítulo IV, se calculan los parámetros eléctricos de la línea de transmisión, los parámetros principales son la Resistencia, la Reactancia Inductiva, la Reactancia Capacitiva y la Perditancia, este último parámetro toma en cuenta las pérdidas transversales en la línea, la cual se desprecia debido a que la línea en estudio es una línea relativamente corta.

Los fabricantes de conductores de aluminio realizan pruebas en sus laboratorios para diferentes tipos de conductores y secciones, por lo que para la obtención de la Resistencia del conductor se ha utilizado catálogos de los fabricantes.

Para el cálculo de las Reactancias Inductiva y Capacitiva se ha utilizado las fórmulas simplificadas para el caso de un conductor por fase, que es el caso de la línea en estudio.

En el capítulo V, se realiza el cálculo mecánico del conductor utilizando el programa computacional DLT-CAD teniendo en consideración para las hipótesis de cálculo las condiciones ambientales en la zona del proyecto, el trazo de la ruta de línea y las distancias mínimas de seguridad de acuerdo a las recomendaciones del REA BULLETIN 62-1. Los planos correspondientes al recorrido de la línea y los reportes del programa computacional se muestran en los respectivos anexos.

En el capítulo VI se desarrolla una breve descripción de la selección del tipo de estructuras a utilizarse, determinándose la utilización de postes de madera debido a que la zona es considerada altamente corrosiva., luego se desarrolla el cálculo mecánico de estructuras para los armados típicos de la línea, armado tipo “S” de alineamiento (hasta 5°), armado tipo “SH1” (de 5° hasta 25°) y armado tipo “AT” y sus variantes como estructuras angulares y terminales. Las prestaciones de cálculo se muestran en los respectivos anexos.

En el capítulo VII se desarrolla el diseño del aislamiento de la línea, partiendo de unas premisas de diseño se selecciona los tipos de aislador a utilizarse, luego se desarrolla el diseño de aislamiento por sobretensión a frecuencia industrial y el diseño del aislamiento por distancia de fuga de acuerdo a las Normas IEC. También se desarrollan los cálculos de los esfuerzos mecánicos sobre los aisladores.

En el capítulo VIII se desarrolla el diseño de la puesta a tierra para un desempeño seguro para el sistema de protección y principalmente para garantizar los límites de seguridad personal, los diseños varían de acuerdo al tipo de terreno.

Finalmente se efectúa un resumen de las conclusiones y recomendaciones más importantes del informe.

CAPÍTULO I

MEMORIA DESCRIPTIVA

1.1. Antecedentes

Antes de la construcción de la Subestación Trapecio 138/13.8 kV, 30 MVA y la Línea de Transmisión en 138 kV S.E. Chimbote Sur – S.E. Trapecio en la ciudad de Chimbote, el suministro de energía eléctrica a las zonas industriales Gran Trapecio y 27 de octubre, así como a las urbanizaciones aledañas, se efectuaba mediante alimentadores radiales que salían de las Subestaciones Chimbote Norte y Chimbote Sur, los cuales presentaban fuertes caídas de tensión y pérdidas de potencia y energía debido a que dichas cargas importantes se encuentran al extremo de las redes primarias mencionadas.

Con la finalidad de superar estas dificultades y adoptar una solución definitiva a la situación presentada, la empresa responsable del suministro de energía eléctrica después de una evaluación técnico-económica, declara viable la construcción de una Subestación de Potencia ubicada cerca del centro de carga, la cual se alimentará de la Subestación Chimbote Sur a través de una Línea de Transmisión en 138 kV.

1.2. Objetivo

El objetivo del presente informe es desarrollar los cálculos justificativos de la Línea de Transmisión en 138 kV S.E. Chimbote Sur – S.E. Trapecio, cumpliendo las condiciones técnicas y garantizando las distancias permisibles de seguridad para las personas y las propiedades.

1.3. Descripción del Área del Proyecto

1.3.1. Ubicación

El Proyecto materia del presente informe se ubica en el departamento de Ancash, sale de la SE Chimbote Sur y llega a la SE Trapecio, según la Tabla N° 1.1.

TABLA N° 1.1. Coordenadas de las Sub Estaciones

DESCRIPCION	NORTE	ESTE
SE CHIMBOTE SUR	8992961.1	773516.6
SE TRAPECIO	8993282.4	768430.2

1.3.2. Trazo de Ruta de la Línea

El trazo de la línea fue definida teniendo en cuenta las siguientes premisas básicas:

- Escoger una franja a lo largo de las futuras avenidas definidas por el Municipio de Chimbote.
- Evitar pasar por la zona de las lagunas, con la finalidad de no alterar el sistema ecológico existente.
- Reducir la afectación a plantaciones y propiedades privadas existentes.
- Aprovechar al máximo los accesos existentes a lo largo de todo el trazo.
- Seleccionar una poligonal corta, utilizando al máximo las avenidas existentes.

1.4. Principales Características y Materiales de la Línea

Para el diseño de la Línea se han considerado diferentes aspectos como son la selección del conductor, el tipo de estructura, tipo de aisladores, distancias mínimas de seguridad, etc., los cuales están desarrollados en los capítulos correspondientes.

Entre las características más importantes de la línea podemos citar los siguientes:

Nivel de Tensión	138 kV
Número de ternas	1
Potencia	30 MW
Longitud	7 Km. aprox.
Estructuras	Postes de madera tratada tipo Southern Pine Yellow o Douglas Fir de 70 pies - clases 1 y 2.
Conductor	Aleación de aluminio AAAC de 236 mm ² con grasa protectora
Ferretería y Accesorios	Varillas de armar para conductor AAAC, junta de empalme para conductor AAAC, manguito de reparación tipo compresión para conductor AAAC, amortiguadores de vibración tipo

	Stockbridge.
Aisladores	Horizontal tipo poste y tipo suspensión poliméricos de goma de silicón
Puesta a Tierra	Conductor tipo copperweld 7 N° 10 AWG, electrodo copperweld de 5/8"Ø x 2.4 m, conector electrodo-conector de bronce, grapas en "U" de copperweld.
Retenidas	Conductor tipo copperweld 7 N° 6 AWG, varilla de anclaje de 3/4"Ø x 2.4 m, bloque de concreto de 0.6x0.3x1.5 m

1.5. Impacto Ambiental

Según estudios recientes el nivel de tensión de 138 kV, no constituye peligro ni provoca efectos nocivos en el ser humano, ni al medio ambiente bajo las condiciones y normas de seguridad establecidas. Las instalaciones del Sistema de Transmisión no alterarán la estabilidad de la geografía existente, por lo tanto se puede concluir que la contaminación que producirá la línea en 138 kV es mínima.

CAPÍTULO II

CRITERIOS GENERALES DE DISEÑO

2.1. Generalidades

Para la elaboración de la memoria de cálculos de la LT 138 kV S.E. Chimbote Sur - S.E Trapecio, se han tomado en cuenta las prescripciones de las siguientes normas:

- Código Nacional de Electricidad Suministro 2001 de la Dirección General de Electricidad del Ministerio de Energía y Minas.
- Norma DGE RD 028 2003 EMDGE – Especificaciones Técnicas para el Suministro de Materiales y Equipos de Líneas de Transmisión para Electrificación Rural.
- REA BULLETIN 62–1 (Desing Manual For High Voltage Transmission Lines)
- VDE (Verband Deutscher Electrotechniker)
- IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers)
- CIGRE (Conference International des Grands Resseaux Electriques)
- ANSI (American National Standard Institute)
- IEC (International Electrotechnical Comission)
- NEMA (National Electric Manufacturers Association)

2.2. Consideraciones de Cálculo

2.2.1. Características Climatológicas

El clima es típico de las zonas costeras, es decir, con alta humedad y contaminación salina presentando las siguientes características metereológicas:

Temperatura máxima	: 35.7 °C
Temperatura media	: 21 °C
Temperatura mínima	: 5 °C
Velocidad máxima del viento	: 81.65 km/h
Velocidad media del viento	: 17.45 km/h
Humedad relativa promedio	: 77.72%

2.2.2. Fuente de Suministro de Energía

El punto de alimentación de la Línea en 138 kV se ubica en la S.E. de Chimbote Sur y sirve para energizar la nueva Subestación Trapecio.

2.2.3. Demanda Eléctrica

Con la finalidad de dimensionar los principales componentes del Sistema de Transmisión, se ha tomado como base la información proporcionada por la concesionaria, en donde se ha definido la Línea de Transmisión en 138 kV S.E. Chimbote Sur – S.E. Trapecio para una capacidad nominal de 50 MW, mientras que las instalaciones de la S.E. Trapecio se ha previsto para 30 MVA.

CAPÍTULO III

SELECCIÓN DEL CONDUCTOR

3.1. Criterios para la Definición del Conductor

En el principio de la transmisión de la potencia eléctrica, los conductores eran principalmente de cobre. Estos han sido reemplazados por conductores de aluminio para líneas aéreas debido a su menor costo y ligereza con respecto a los de cobre para un mismo valor de resistencia. Los conductores de aleación de aluminio tienen mayor resistencia a la tensión que los conductores eléctricos de aluminio de grado normal.

Los símbolos que identifican los diferentes tipos de conductores de aluminio son los siguientes:

AAC : todos los conductores de aluminio

AAAC: todos los conductores de aleación de aluminio

ACSR: conductores de aluminio con alma de acero

ACAR: conductores de aluminio con alma de aleación

Para la Línea de Transmisión en 138 kV S.E. Chimbote Sur-S.E. Trapecio se ha considerado utilizar postes de madera, debido a que la zona costera de Chimbote es de alta contaminación salina y muy corrosiva, por lo que no se recomienda utilizar estructuras metálicas (torres), esto conlleva a que los vanos de dicha línea sean relativamente cortos, por lo que es recomendable utilizar conductor AAAC (de aleación de aluminio) con grasa protectora.

3.1.1. Grasa de Protección

Para proteger los conductores de aleación de aluminio contra el peligro de corrosión, será empleada una grasa especial químicamente estable, que cumple con las Normas ASTM D-127, ASTM 117 y NVC 1758-81; la cual tendrá un alto coeficiente de fricción, resistente a las condiciones ambientales prevalecientes en el sitio y a una temperatura permanente de 80 °C sin alteración de sus propiedades. Además cumple con los siguientes requerimientos:

Inhibidor de la corrosión.

Contenido de azufre nulo.

Punto de goteo no menor de 140 °C.

Punto de inflamación no menor a 220 °C.

Concentración de sal al 5% mayor a 500 horas (ASTM 117)

Ser compatible con otros productos grasos o gelatinosos utilizados en juntas y conexiones.

Absorción de agua nula.

Mantener características inalterables al ser calentado 200 °C por encima del punto de goteo durante 168 horas.

Las pérdidas de evaporación serán mínimas durante ciclos prolongados de sobrecarga térmica.

3.2. Análisis del Flujo de Potencia

3.2.1. Premisas

Para la selección del conductor se ha tomado el criterio de determinar el conductor de sección mínima que permita transmitir la potencia proyectada.

De acuerdo a los requerimientos de la concesionaria, se proyectará la potencia en 20 años, según la Tabla 3.1.

También se tendrá en cuenta las recomendaciones del REA BULLETIN 62-1, el cual describe la sección mínima del conductor a utilizarse dependiendo del nivel de tensión, los cuales se muestran en la Tabla 3.2.

Se tendrá en consideración pérdidas técnicas menores o iguales a 3% y niveles de tensión aceptables de $\pm 5\%$.

El flujo de potencia se desarrollará haciendo uso del programa computacional WINFLU versión 3.0, cuyos reportes se muestran en el Anexo A.

Se ha considerado una configuración triangular por ser más económico que una configuración horizontal, debido a que esta última involucraría la utilización de dos postes en cada armado, lo cual elevaría el costo de la línea de transmisión.

Por tratarse de una Línea de Transmisión relativamente corta, se despreciará las pérdidas transversales y solo se considerará las pérdidas longitudinales.

La simulación de flujo de potencia se realizará para la estructura predominante tipo "S", la cual se muestra en la Fig. 3.1.

TABLA 3.1. Potencia Proyectada

Año	Potencia (MW)
01	18.29
02	20.17
03	21.81
04	22.91
05	24.05
06	24.65
07	25.26
08	25.89
09	26.54
10	27.21
11	27.48
12	27.75
13	28.03
14	28.31
15	28.59
16	28.88
17	29.17
18	29.46
19	29.75
20	30.00

TABLA 3.2. Sección a utilizar según la REA BULLETIN 62-1

Tensión (kV)	ACSR	AAAC - 6201
34.5	1/0 (53.51 mm ²)	123.3 MCM (62.48 mm ²)
46	2/0 (67.44 mm ²)	155.4 MCM (78.74 mm ²)
69	3/0 (85.02 mm ²)	195.7 MCM (99.16 mm ²)
115	266.8 MCM (135 mm ²)	312.8 MCM (158 mm ²)
138	336.4 MCM (171 mm²)	394.5 MCM (200 mm²)
161	397.5 MCM (201 mm ²)	465.4 MCM (236 mm ²)
230	795 MCM (403 mm ²)	927.2 MCM (470 mm ²)

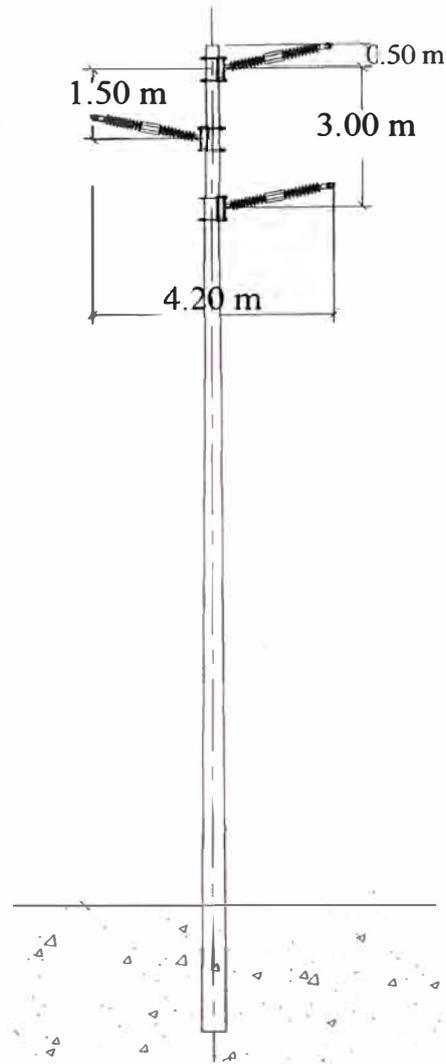


Fig. 3.1. Estructura Tipo "S"

3.2.2. Considerando uso de conductor de 200 mm²

Para este caso ingresamos los valores de los parámetros mostrados en la Tabla 3. 3.

TABLA 3.3. Parámetros a utilizar para Conductor Tipo AAAC 200 mm²

Sección del Conductor	Disposición de Fases	Impedancias Eléctricas			
		R (Ω/Km)	X (Ω/Km)	G (uS/Km)	B (uF/Km)
AAAC 200 mm ²	Triangular	0.1675	0.4750	0.00	3.4683

El diagrama unifilar utilizado en el programa computacional WINFLU, se muestra a continuación:

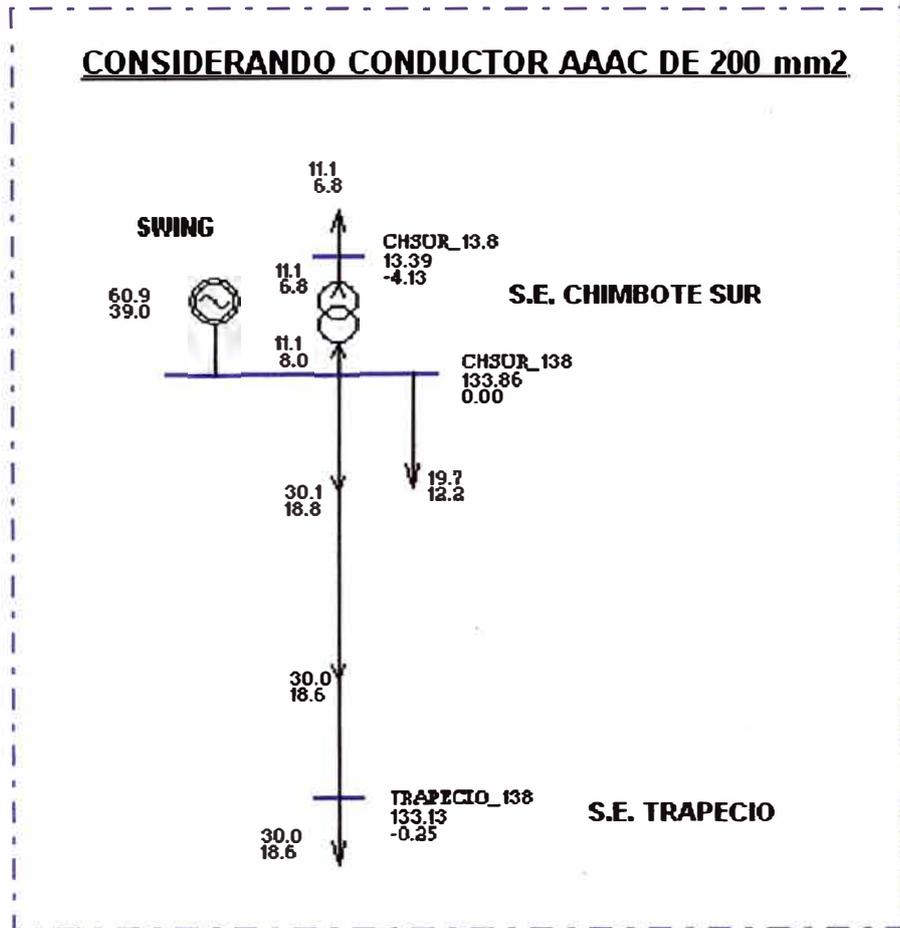


Fig. 3.2. Diagrama Unifilar considerando Conductor AAAC de 200 mm²

Los resultados se muestran en la Tabla 3.4.

TABLA 3.4. Resumen del Flujo de Carga para conductor de 200 mm².

Demanda SE Trapecio		Potencia Activa (MW)			Tensiones en Barra (KV)	
(MW)	(MVAR)	ENVIO	Pérdidas	% Pérdidas	SE Trapecio	% Caída Tensión
30.00	18.59	30.08	0.08	0.27%	133.13	3.53%

3.2.3. Considerando uso de conductor de 236 mm²

Para este caso ingresamos los valores de los parámetros mostrados en la Tabla 3.5.

TABLA 3.5. Parámetros a utilizar para Conductor AAAC 236 mm²

Sección del Conductor	Disposición de Fases	Impedancias Eléctricas			
		R (Ω /Km)	X (Ω /Km)	G (μ S/Km)	B (μ F/Km)
AAAC 236 mm ²	Triangular	0.1421	0.4688	0.00	3.5163

El diagrama unifilar utilizado en el Programa computacional WINFLU, se muestra a continuación:

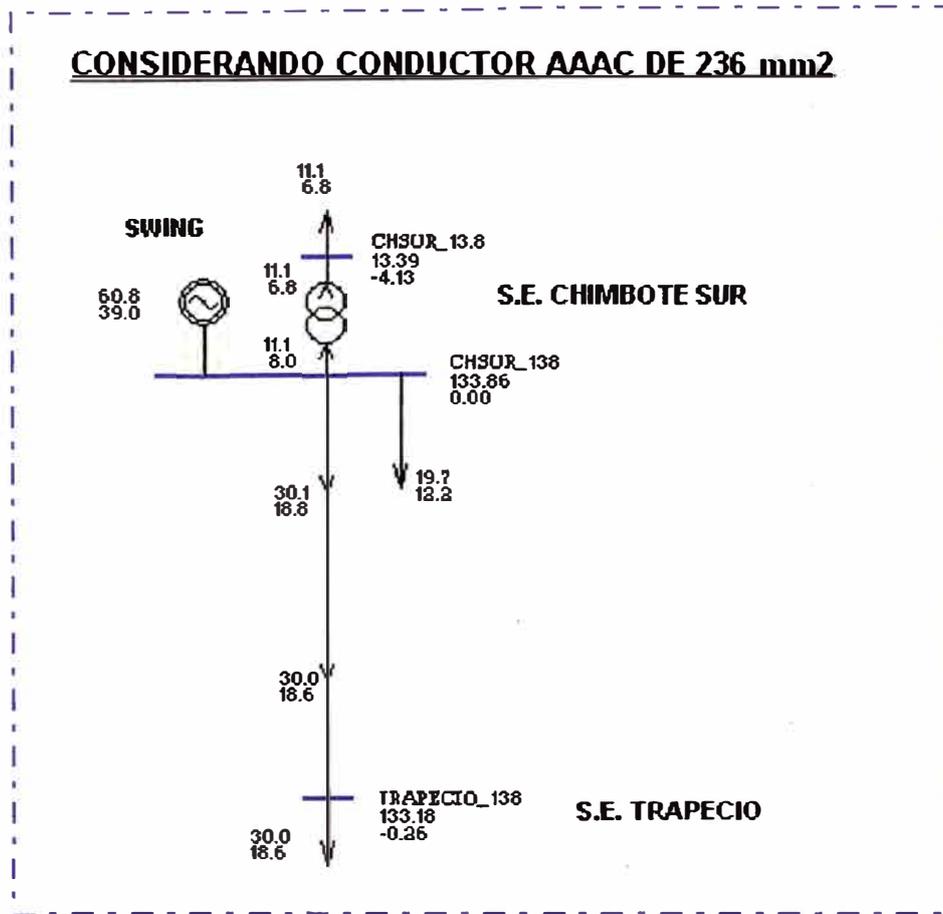


Fig. 3.3. Diagrama Unifilar considerando Conductor AAAC de 236 mm²

Los resultados se muestran en la Tabla 3.6.

TABLA 3.6. Resumen del Flujo de Carga para conductor de 236 mm².

Demanda SE Trapecio		Potencia Activa (MW)			Tensiones en Barra (KV)	
(MW)	(MVAR)	ENVIO	Pérdidas	% Pérdidas	SE Trapecio	% Caída Tensión
30.00	18.59	30.07	0.07	0.23%	133.18	3.49%

3.2.4. Considerando uso de conductor de 283 mm²

Para este caso ingresamos los valores de los parámetros mostrados en la Tabla 3.7.

TABLA 3.7. Parámetros a utilizar para Conductor Tipo AAAC 283 mm²

Sección del Conductor	Disposición de Fases	Impedancias Eléctricas			
		R (Ω/Km)	X (Ω/Km)	G (uS/Km)	B (uF/Km)
AAAC 283 mm ²	Triangular	0.1181	0.4619	0.00	3.5712

El diagrama unifilar utilizado en el Programa computacional WINFLU, se muestra a continuación:

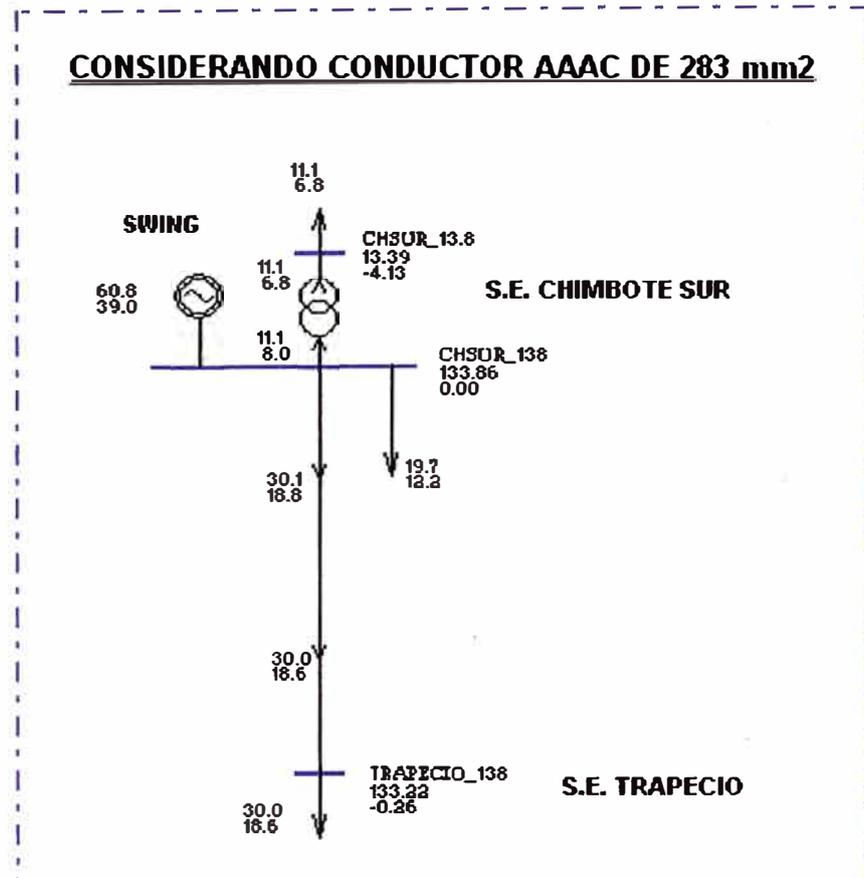


Fig. 3.4. Diagrama Unifilar considerando Conductor AAAC de 283m²

Los resultados se muestran en la Tabla 3.8.

TABLA 3.8. Resumen del Flujo de Carga para conductor de 283 mm².

Demanda SE Trapecio		Potencia Activa (MW)			Tensiones en Barra (KV)	
(MW)	(MVAR)	ENVIO	Pérdidas	% Pérdidas	SE Trapecio	% Caída Tensión
30.00	18.59	30.06	0.06	0.20	133.22	3.46

De los cuadros resúmenes de flujo de carga y también teniendo en consideración la estandarización de la sección del conductor para este nivel de tensión, se concluye que la sección del conductor optimo es 236 mm². Los reportes del programa computacional WINFLU, se detallan en el anexo A.

CAPÍTULO IV

PARÁMETROS DE LA LÍNEA DE TRANSMISIÓN

4.1. Generalidades

En el capítulo anterior se ha simulado el flujo de potencia para las configuraciones típicas en disposición triangular, en este capítulo se desarrollará los cálculos eléctricos correspondiente, los parámetros principales son la Resistencia, la Reactancia Inductiva, la Reactancia Capacitiva y la Perditancia. Estos parámetros afectan la capacidad de la línea de transmisión para cumplir su función como parte de un sistema de potencia. La Perditancia toma en cuenta las pérdidas transversales en la línea, la cual para efecto de la línea en estudio se desprecia por tratarse de una línea relativamente corta.

Los cálculos de los parámetros eléctricos se realizará para la estructura predominante tipo “S” (disposición triangular).

4.2. Resistencia Eléctrica

La expresión general para la resistencia ohmica de un conductor de longitud l y sección transversal S está dado como:

$$R = \frac{\rho * l}{S} \quad (4.1)$$

Donde ρ es la resistividad que no depende solo del material, también del cambio en la temperatura.

Si R y R_0 son las resistencias a una temperatura t y t_0 , entonces:

$$R = R_0 [1 + \alpha(t - t_0)] \quad (4.2)$$

Donde α es el coeficiente de temperatura para la resistencia de un material determinado.

Es necesario considerar que la expresión (4.2) está desarrollada para conductores sólidos, en el caso de los conductores usados en las líneas de transmisión en los que se tiene un grupo de conductores de pequeña sección trenzados para dar el área equivalente referida, la resistencia se incrementa del 1 al 2%.

De las simulaciones de flujo de carga realizadas para la Línea de Transmisión en 138 kV S.E. Chimbote Sur – S.E. Trapecio, se ha concluido que el conductor óptimo es AAAC de 236 mm² de sección, para lo cual utilizando catálogos de los fabricantes y considerando una temperatura máxima de operación de 75 °C, el valor de la resistencia es 0.1421 ohm/Km.

4.3. Reactancia Inductiva

Para una línea trifásica con un conductor por fase la reactancia inductiva está dada por la siguiente expresión:

$$X_L = 2 * \pi * f * L = 2 * \pi * f * \left[0.5 + 4.6 \text{Log} \left(\frac{D}{r} \right) \right] * 10^{-4} \quad (\Omega/\text{Km}) \quad (4.3)$$

Donde, f es la frecuencia (60 Hz.), L la inductancia, r el radio del conductor (9.94 mm), D la distancia media geométrica (en mm) y está dado por la siguiente expresión:

$$D = \sqrt[3]{d_{12} d_{13} d_{23}} \quad (4.4)$$

Donde d_{12} es la distancia entre los conductores (1) y (2), d_{13} es la distancia entre los conductores (1) y (3), d_{23} es la distancia entre los conductores (2) y (3), según la Fig. 4.1.

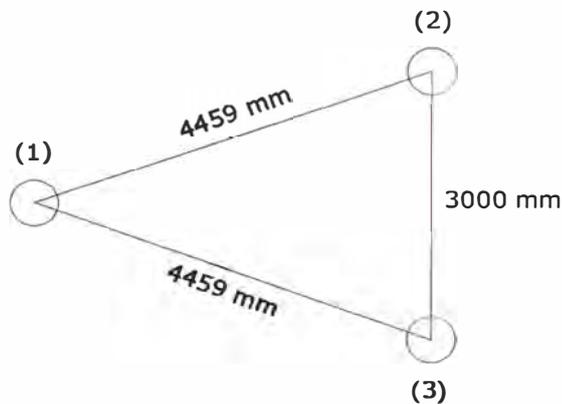


Fig. 4.1. Distancia entre conductores

Reemplazando valores en la expresión (4.3), tenemos:

$$X_L = 2 * \pi * 60 * \left[0.5 + 4.6 \text{Log} \left(\frac{\sqrt[3]{4459 * 4459 * 3000}}{9.94} \right) \right] * 10^{-4} \quad (\Omega/\text{Km})$$

Luego obtenemos el valor:

$$X_L = 0.46877 \quad \Omega/\text{Km}$$

4.4. Reactancia Capacitiva

Para una línea trifásica con un conductor por fase la reactancia capacitiva está dada por la siguiente expresión:

$$X_C = \frac{1}{2 * \pi * f * C} = \frac{1}{2 * \pi * f * \frac{24.2 * 10^{-9}}{\text{Log}\left(\frac{D}{r}\right)}} \Omega.Km \quad (4.5)$$

Donde, **f** es la frecuencia (60 Hz.), **C** la capacidad, **r** el radio del conductor (9.94 mm), **D** la distancia media geométrica (en mm).

Reemplazando valores en la fórmula (4.5), obtenemos:

$$X_C = 0.2844 * 10^6 \Omega.Km .$$

Un término muy utilizado en las simulaciones de flujo de potencia, es la Suceptancia (B_C) y está dado por la inversa de la reactancia capacitiva, que reemplazando valores tenemos:

$$B_C = \frac{1}{0.2844 * 10^6} \text{ F/Km.}$$

$$B_C = 3.5163 \mu\text{F/Km.}$$

CAPÍTULO V

CÁLCULO MECÁNICO DEL CONDUCTOR

5.1. Generalidades

Para el cálculo mecánico de los conductores se utilizó el programa computacional DLT-CAD versión 2.5 “Diseño de Líneas de Transmisión Aéreas” y las consideraciones que se tuvieron son las que se muestran a continuación.

5.2. Hipótesis de Cálculo

Primera Hipótesis (Tensión de Cada Día - EDS)

Temperatura	:	21 °C
Presión del viento	:	No se considera
Esfuerzo Unitario inicial	:	5.4 Kg/mm ²

Segunda Hipótesis (Máximo Esfuerzo c/v)

Temperatura	:	5 °C
Presión del viento	:	28 Kg/mm ² (Velocidad del Viento = 81.65 Km/h)

Tercera Hipótesis (Máximo Esfuerzo s/v)

Temperatura	:	5 °C
Presión del viento	:	No se considera

Cuarta Hipótesis (Máxima Temperatura)

Temperatura	:	60 °C
Presión del viento	:	No se considera

5.3. Ecuación de Cambio de Estado

La ecuación de cambio de estado del conductor es la que se muestra a continuación:

$$L_2 - L_1 = \alpha \cdot (\theta_2 - \theta_1) L_1 + \frac{T_{02} - T_{01}}{AE} L_1 \quad (5.1)$$

Donde:

$L_2 - L_1$: Variación total de longitud del cable conductor

$\theta_2 - \theta_1$: Variación de temperatura en °C

α : Coeficiente de dilatación térmica (1/°C)

$T_{02} - T_{01}$: Diferencia de Tiros horizontales (kg)

A : Sección del cable (mm²)

E : Módulo de elasticidad del cable (kg / mm²)

Haciendo: $\sigma_{01} = \frac{T_{01}}{A}$; $\sigma_{02} = \frac{T_{02}}{A}$

Se tiene la ecuación:

$$\frac{E \sqrt{4 \frac{\sigma_{02}^2 A}{w_{r2}^2} \text{Senh}^2 \left(\frac{aw_{r2}}{2\sigma_{02}A} \right) + h^2}}{\sqrt{4C_1^2 \text{Senh}^2 \left(\frac{a}{2C_1} \right) + h^2}} = E [1 + \alpha \cdot (\theta_2 - \theta_1)] - \sigma_{01} + \sigma_{02} \quad (5.2)$$

Considerando los datos iniciales y haciendo:

$$N = \frac{E}{\sqrt{4C_1^2 \text{Senh}^2 \left(\frac{a}{2C_1} \right) + h^2}}$$

$$M = E[1 + \alpha \cdot (\theta_2 - \theta_1)] - \sigma_{01}$$

$$P = \frac{2A}{W_{r2}}$$

Se tiene la ecuación:

$$N \sqrt{P \cdot \sigma_{02}^2 \text{Senh}^2 \left(\frac{a}{P \cdot \sigma_{02}} \right) + h^2} - M + \sigma_{02} = 0 \quad (5.3)$$

La cual se resuelve mediante métodos numéricos y se obtiene el valor del esfuerzo en la condición final (σ_{02}).

Y finalmente se obtiene el parámetro de la catenaria:

$$C_2 = \frac{\sigma_{02} A}{W_{r2}} \quad (5.4)$$

Los cálculos mecánicos del conductor se ha desarrollado haciendo uso del programa computacional DLT-CAD versión 2.5, cuyos reportes se muestran en el Anexo B, en el cual para cada vano seleccionado se presentan los siguientes resultados:

- Tiro horizontal final del conductor.
- Tiro máximo del conductor
- Flecha del conductor en estado final
- Tabla de tensado de los conductores

5.4. Efecto CREEP del Conductor

Para el cálculo de la elongación inelástica (CREEP) de conductor de aleación de aluminio, se estima un período de tiempo de quince años. Se toma en cuenta los distintos estados que asumirá el conductor entre los cuales mencionaremos los siguientes: desenrollado, tendido, operación en máxima carga, operación en máxima temperatura y operación a temperatura media., no habiéndose considerado el pretensado de los conductores.

Para la línea de transmisión en estudio, se tiene en consideración la revista ELECTRA N° 75 comité N° 2 del grupo de trabajo 22-05 del CIGRE, el cual calcula mediante un programa computacional la temperatura equivalente por efecto Creep para diversos vanos, presentando una temperatura por efecto Creep igual a 20 °C para vanos que oscilan entre 100 y 250 metros.

5.5. Distancias de Seguridad

5.5.1. Distancia al Suelo

De acuerdo a las Normas REA BULLETIN 62-1 se considera para el presente estudio los valores de la Tabla 5.1.

TABLA 5.1. Distancias Mínimas de Seguridad

Descripción	Longitud (m)
En cruce de: carreteras y avenidas	9.80
A lo largo : Carreteras y avenidas	9.00

5.5.2. Distancia de los conductores entre sí y estos al suelo

La distancia de los conductores entre sí sometidos a tensión mecánica, así como entre los conductores y los apoyos, debe ser tal que no haya riesgo alguno de cortocircuito ni entre fases a tierra; para tales efectos nos regiremos a las Norma IEC.

Para determinar la separación mínima entre conductores se utilizará la siguiente expresión:

$$D = K\sqrt{(f + L)} + \frac{V}{150} \text{ metros} \quad (5.5)$$

Donde:

$K = 0.6$ para estructuras de suspensión y 0.7 para estructuras de anclaje

f = Flecha máxima del conductor (m)

L = Longitud de la cadena (m). Para el caso de aisladores rígidos $L=0$

V = Tensión Nominal (kV)

Los valores obtenidos se muestran en la tabla 5.2

TABLA 5.2. Separación mínima entre conductores

Vano (m)	Flecha Máxima (m)	Distancia Mínima entre Conductores (m)	
		Estructuras de Alineamiento	Estructuras de Anclaje
125	1.95	1.75	1.89
150	2.54	1.87	2.03
175	3.20	1.99	2.17
200	3.92	2.10	2.30
225	4.71	2.22	2.43
250	5.57	2.33	2.57
275	6.50	2.44	2.70
300	7.50	2.56	2.83
325	8.56	2.67	2.96
350	9.70	2.78	3.10
375	10.91	2.90	3.23
400	12.20	3.01.	3.36

La separación mínima entre los conductores y sus accesorios en tensión y los apoyos, está dado por la siguiente expresión:

$$d = 0.1 + \frac{V}{150} \text{ metros} \quad (5.6)$$

Donde:

V = Tensión Nominal (kV)

Luego reemplazando valores en la expresión (5.6) obtenemos:

$d = 1.02$ metros

5.6. Vibración de Conductores

Con la finalidad de evitar la vibración de los conductores se aplicará los siguientes métodos:

- Reforzar el conductor en el punto de suspensión, mediante varillas de armar
- Emplear amortiguadores de vibración Stockbridge y/o
- Reducir la tensión mecánica.

La utilización de las varillas de armar evitará la abrasión en los aisladores de montaje rígido, asimismo “engrosan” la sección del conductor el cual le permite protegerlo en los puntos de mayor trabajo evitando así su irremediable desgaste y atenuar el movimiento vertical generada por la vibración.

El amortiguador de Stockbridge consiste en un par de pesas soportadas elásticamente y colgadas del conductor cerca del punto de suspensión. Los amortiguadores se instalarán de acuerdo a la Tabla 5.3.

TABLA 5.3. Recomendaciones de los fabricantes

	No Requiere	1 Amortiguador	2 Amortiguadores
Longitud de Vano Protegido (m.)	82	396	792

Utilizando el método de reducción de tensión mecánica, se evitará la vibración en el cable al dejar el conductor el estado de "cuerda vibrante".

CAPÍTULO VI

CÁLCULO MECÁNICO DE ESTRUCTURAS

6.1. Generalidades

La línea de transmisión 138 kV, S.E. Chimbote Sur – Trapecio se desplaza por una zona costera de alta polución, de gran actividad industrial y es considerada altamente corrosiva, por lo tanto se prefiere utilizar postes de madera.

Por razones de espaciamiento lateral, las estructuras a diseñar para simple terna tendrán disposición triangular.

En todas las estructuras de suspensión y ángulo pequeño se usarán aisladores horizontales tipo poste (Line Post), que permitirá una franja de servidumbre angosta.

En las estructuras angulares y terminales se usarán aisladores tipo suspensión de goma de silicón.

En la Fig. 6.1. se presentan las diferentes disposiciones de las estructuras soporte para la línea de transmisión en 138 kV.

6.2. Longitud de Empotramiento

El empotramiento de los postes al terreno esta dado por:

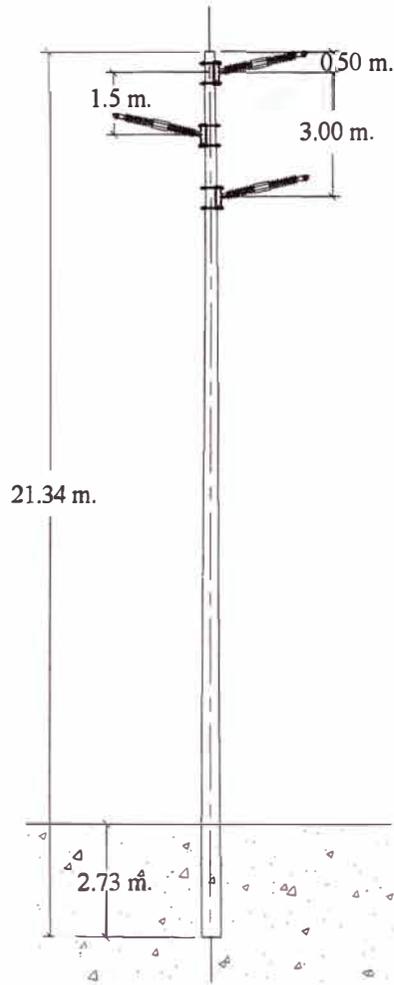
$$h_d = \frac{h}{10} + 0.60 \quad (6.1)$$

Donde:

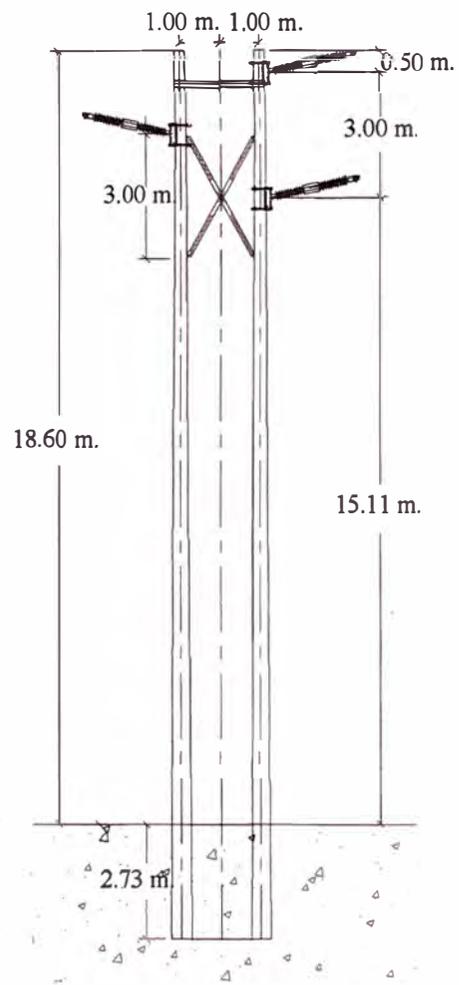
hd = Altura de empotramiento

h = Altura total del poste en m.

ESTRUCTURA TIPO "S"



ESTRUCTURA TIPO "SH1"



ESTRUCTURA TIPO "AT"

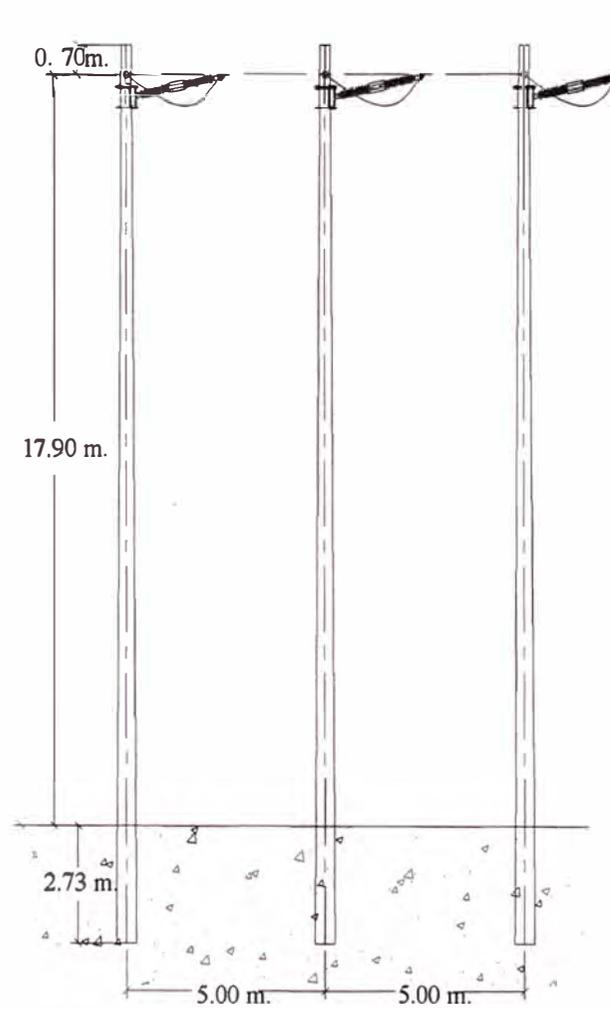


Fig. 6.1. Estructuras Típicas

6.3. Hipótesis de Carga de las Estructuras

6.3.1. Estructura de suspensión: Simple terna (S1)

Hipótesis A (Condiciones Normales)

Conductores sanos

Temperatura mínima

Viento máximo perpendicular al eje de la misma

Hipótesis B (Condiciones de Falla)

Un conductor de la fase superior roto

Temperatura mínima

Viento promedio, normalmente $P_v \cong 0 \text{ kg/m}^2$

6.3.2. Estructura angular: Simple terna (SH1)

Hipótesis A (Condiciones Normales)

Conductores sanos

Temperatura mínima

Viento máximo perpendicular al eje de la misma

Hipótesis B (Condiciones de Falla)

Un conductor de la fase superior roto

Temperatura mínima

Viento promedio, normalmente $P_v \cong 0$

6.3.3. Estructura Terminal: Simple terna (AT)

Hipótesis A

Conductores sanos, tiro principal del lado de la línea.

Temperatura mínima

Viento máximo transversal al eje de la línea

Hipótesis B (Condiciones de Falla)

Rotura de un conductor de fase, de lado del pórtico

Viento promedio $P_v \cong 0 \text{ kg/m}^2$

Tiro laterales de los vanos flojos opuestos.

6.4. Cálculo de Cargas en la Estructura

- Fuerza del viento sobre el poste:

$$F_v = \left(\frac{1}{200} \right) * H_l * (C_1 + C_2) * \frac{P_v}{\pi} \quad (Kg) \quad (6.2)$$

Donde:

H_l : Longitud visible del poste (m)

C_1 y C_2 : Circunferencia mínima en la cabeza y en la línea de tierra respectivamente.

P_v : Presión del viento

- Punto de aplicación de la fuerza del viento:

$$Z = \left(\frac{1}{3} \right) * H_l * (C_1 + C_2) * \frac{P_v}{\pi} \quad (Kg) \quad (6.3)$$

6.4.1. Cargas Transversales

Debido a la acción del viento sobre los conductores, sobre los aisladores y debido al ángulo topográfico de desvío en la ruta de la línea.

$$T = P_v * a_v * \frac{(\varphi + 2h)}{1000} * \cos \frac{\alpha}{2} + A_a * P_v + 2T_m * \sin \frac{\alpha}{2} \quad (Kg) \quad (6.4)$$

Donde:

P_v : Presión del viento, en Kg/m²

a_v : Vano viento, en m

φ : Diámetro del conductor en mm

h : Espesor del manguito de hielo (0) por no existir en la zona, en mm

α : Angulo topográfico de desvío, en grados sexagesimales

A_a : Área efectiva de la cadena de la cadena de aisladores, en m²

T_m : Tense del conductor en máximo tiro, en Kg.

Debido a la acción del viento sobre el conductor:

$$T = P_v * a_v * \frac{(\varphi + 2h)}{1000} * \cos \frac{\alpha}{2} \quad (Kg) \quad (6.5)$$

Debido a la acción del viento sobre la cadena de aisladores:

$$T = A_a * P_v \quad (\text{Kg}) \quad (6.6)$$

Debido al ángulo topográfico de desvío de la línea:

$$T = 2T_m * \text{Sen} \frac{\alpha}{2} \quad (\text{Kg}) \quad (6.7)$$

6.4.2. Cargas Verticales

- Cargas verticales debido al peso del conductor:

$$V = a_g * W_c \quad (6.8)$$

Donde:

a_g : Vano gravante (m)

$W_c = w_c$: Peso unitario del conductor (kg/m)

Peso unitario del conductor con presencia de viento (Kg/m)

$$w_c = \sqrt{w_c^2 + \left(P_v * \frac{\varphi^2}{1000} \right)} \quad (6.9)$$

- Cargas verticales debido al peso de un hombre más herramientas y aisladores:

$$V = Va + Vh \quad (6.10)$$

Donde:

Va : Peso de los aisladores (kg)

Vh : Peso eventual de un hombre + equipos y herramientas

- Cargas verticales debido al peso de la estructura

$$V_p = p * V \quad (6.11)$$

Donde:

V_p : Peso del poste

p : Peso específico del poste (Kg/m³)

V : Volumen (m³)

De lo anterior se tiene que la carga vertical total será:

$$V = a_g * W_c + V_p + Va + Vh \quad (6.12)$$

6.4.3. Cargas Longitudinales

Debido a la rotura de un conductor (en hipótesis de falla)

$$L_R = T_m * \text{Sen} \frac{\alpha}{2} * f \quad (\text{Kg}) \quad (6.13)$$

Donde:

L_R : Carga longitudinal por rotura del conductor, en kg. Para el caso de los aisladores rígidos será igual al esfuerzo de cantilever.

f : Factor de disminución del tense por desplazamiento de la cadena de suspensión (normalmente para cadenas cortas es igual a 0.8), en nuestro no se cuenta con cadenas de suspensión.

6.5. Cálculo de Cargas de los Tipos de Estructuras

6.5.1. Cálculo de las Estructuras “S”

A.- Cálculo en Condiciones Normales (Condiciones de máximo viento transversal, temperatura mínima)

- Cálculo de los momentos respecto al empotramiento.

$$T = 2.T_m * \text{sen} \frac{\alpha}{2} \quad (6.14)$$

Reemplazando en la ecuación (6.14) se obtuvo lo siguiente:

$$T = 2(1757.41) * \text{sen} \frac{5}{2} = 153.31$$

Momento respecto al empotramiento:

$$M_o = T * (h_a + h_b + h_c) + F_v * z \quad (6.15)$$

Los resultados de utilizar la formula anterior se muestran en la Tabla 6.1.

Tabla 6.1. Momentos respecto al empotramiento en Condiciones Normales

Long. de Poste	T (Kg)	Fv (kg)	ha (m)	hb (m)	hc (m)	hL (m)	z (m)	Mo (kg.m)
21.34	153.31	162.51	15.11	16.61	18.11	18.61	8.23	8976.89

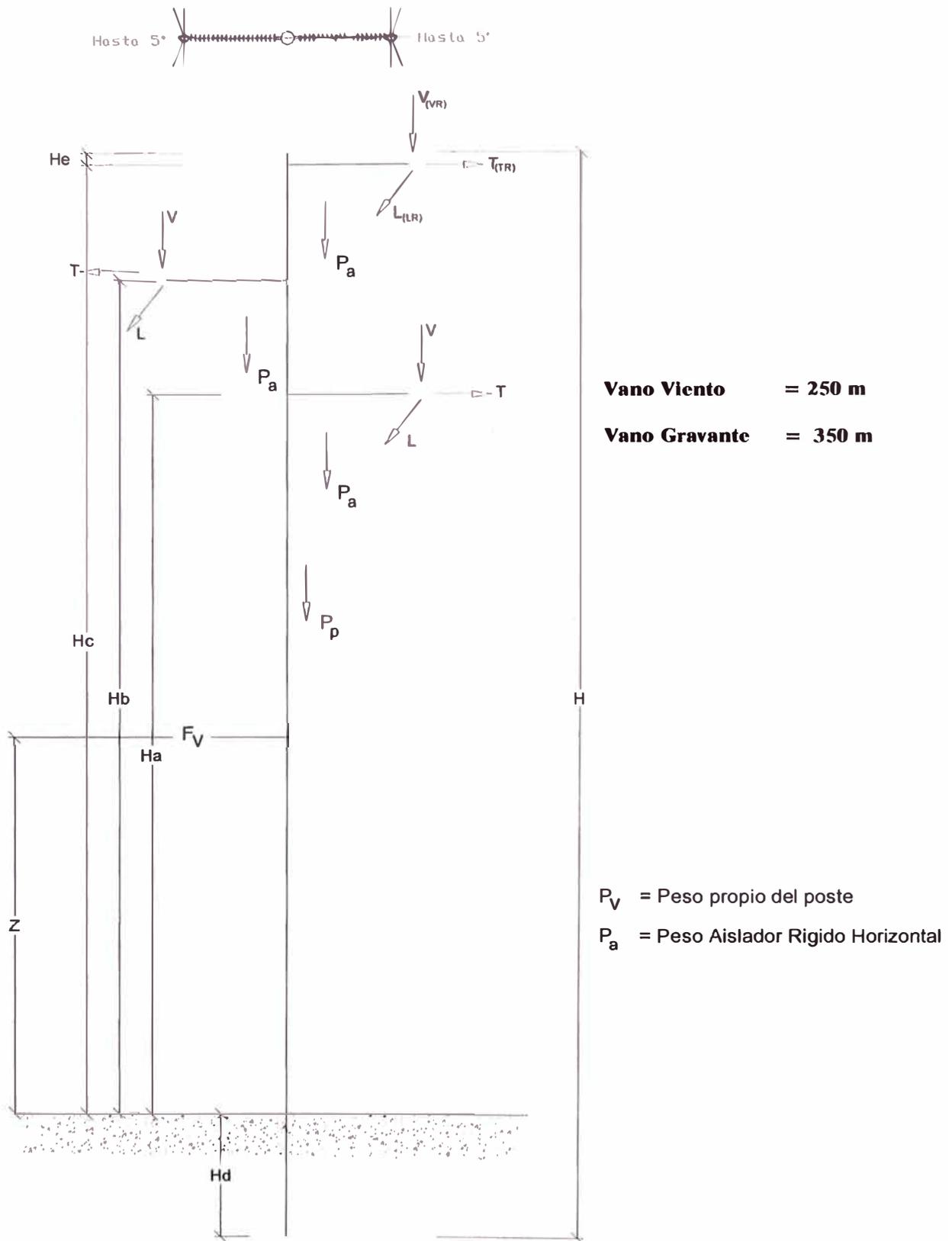


Fig. 6.2. Diagrama Isométrico de Cargas – Estructura Tipo S

- Cálculo de la fuerza en la punta

$$F_p = \frac{3M_o}{h_L} \quad (6.16)$$

De la cual se obtuvo:

$$F_p = \frac{3(8976.89)}{18.61} = 1447.11 \text{ kg}$$

B. Cálculo en Condiciones de Falla (temperatura mínima, viento promedio $P_v \cong 0$

kg/m^2 y rotura del conductor de la fase superior)

$$T = 2.T_m * \text{sen} \frac{\alpha}{2} \quad (6.17)$$

$$T_r = T_m * \text{sen} \frac{\alpha}{2} \quad (6.18)$$

Reemplazando en las formulas anteriores se obtuvo:

$$T = 2 (1532.1) * \text{sen} \frac{5}{2} = 133.658 \text{ kg}$$

$$T_r = (1532.1) * \text{sen} \frac{5}{2} = 66.829 \text{ kg}$$

$$L_r = 730 \text{ kg}$$

- Cálculo de momentos respecto al empotramiento.

$$M_{ox} = T_r (h_c) + T (h_a + h_b) \quad (6.19)$$

$$M_{oy} = L_r . h_c \quad (6.20)$$

$$M_o = \sqrt{(M_{ox})^2 + (M_{oy})^2} \quad (6.21)$$

Donde:

T : Tiro debido al ángulo topográfico (kg)

T_r : Tiro de rotura del conductor (kg.)

L_r : Carga longitudinal (kg)

Los resultados de utilizar las formulas anteriores se muestran en la Tabla 6.2.

Tabla 6.2. Momentos respecto al empotramiento en Condiciones de Falla

Long. de Poste	T (kg)	Tr (kg)	Lr (m)	Mox (kg.m)	Moy (kg.m)	Mo (kg)
21.34	133.66	66.83	730	5449.98	13220.3	14299.60

- Cálculo de la fuerza en la punta

$$F_p = \frac{2M_o}{h_L} \quad (6.22)$$

De la cual se obtuvo:

$$F_p = \frac{2(14299.6)}{18.61} = 1536.77 \text{ kg}$$

6.5.2. Cálculos de las Estructuras “SH1”**A.- Calculo en Condiciones Normales (máximo viento transversal, temperatura mínima)****- Cálculo del punto de inflexión**

$$X_o = h_L - \frac{(3h_L - X)(L + X) - L^2}{2(L + 2X)} \quad (6.23)$$

Donde:

X : Altura de la base inferior de las diagonales (m)

hL : Altura libre del poste (m)

L : Altura de la parte superior de las diagonales (m)

Los resultados de utilizar la formula anterior se muestran en la Tabla 6.3.

Tabla 6.3. Punto de Inflexión en Condiciones Normales

Long. de Poste	hL (m)	X (m)	L (m)	Xo (kg)
21.34	18.61	13.36	14.72	6.84

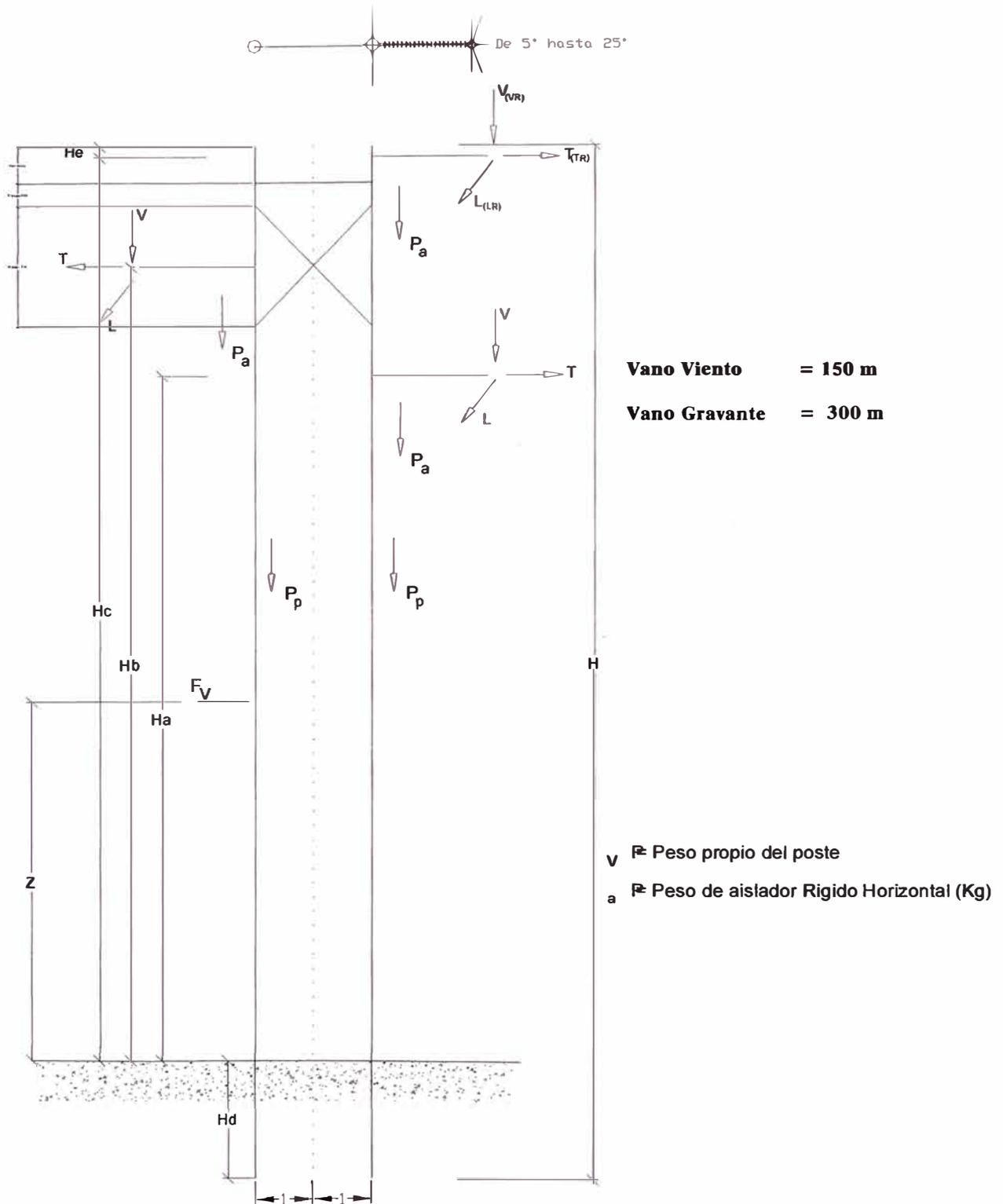


Fig. 6.3. Diagrama Isométrico de Cargas – Estructura Tipo SH1

- Cálculo de la Fuerza Máxima (Pmax) que soportará cada poste de la estructura.

El momento flector a que estará sometido el poste en el nivel de empotramiento, se calcula por medio de las siguientes ecuaciones:

$$M_o = X_o * \frac{Q}{2} = X_o * P \quad (Kg - m) \quad (6.24)$$

$$M_{max_o} = \frac{C_2^3 * Esf_{max.flex.}}{32 * \pi^2} \quad (Kg - m) \quad (6.25)$$

Donde:

- Q : Fuerza resultante exterior, actúa sobre la estructura en el nivel de a cruceta, Kg.
- P : Fuerza resultante exterior sobre cada poste y es igual a $\frac{Q}{2}$, en Kg
- Mo : Momento flector a que estará sometido el poste en el nivel de empotramiento, en Kg – m
- Mmáx o : Mayor Momento flector que puede soportar el poste en el nivel de empotramiento y que depende de las características internas del material y del tipo de poste.
- C2 : Circunferencia del poste en la línea de tierra.
- Esf. max.flex : Es el esfuerzo Máximo a la flexión del poste.

Se debe cumplir que:

$$M_o \leq M_{max_o}$$

Para determinar la fuerza máxima (Pmáx) que soportará cada poste de la estructura Tipo SH1 se igualan:

$$M_o = M_{max_o}$$

Reemplazando:

$$X_o * P_{max} = \frac{C_2^3 * Esf_{max.flex.}}{32 * \pi^2}$$

Obteniéndose la siguiente formula:

$$P_{\max} = \frac{C_2^3 * E_{sf} \cdot \max. flex.}{32 * \pi^2 * X_o} \quad (Kg) \quad (6.26)$$

Hallando Pmax para cada clase de poste:

Para Poste de Madera: Clase 1

$$P_{\max} = \frac{(126.00 \text{ cm})^3 * 562.46 \frac{Kg}{cm^2}}{32 * \pi^2 * 684cm}$$

$$P_{\max} = 5208.32 \text{ Kg}$$

Para Poste de Madera: Clase 2

$$P_{\max} = \frac{(124.00 \text{ cm})^3 * 562.46 \frac{Kg}{cm^2}}{32 * \pi^2 * 684cm}$$

$$P_{\max} = 4964.22 \text{ Kg}$$

B.- Calculo en Condiciones de Falla (temperatura mínima, viento promedio $P_v \cong 0$ kg/m^2 y rotura del conductor de fase superior)

- Cálculo de la Fuerza Máxima en la punta (Pmax) que soportará cada estructura.

$$M_x = T_r \cdot h_c + T \cdot (h_a + h_b) \quad (6.27)$$

$$M_y = L_r \cdot h_c \quad (6.28)$$

$$M = \sqrt{(M_x)^2 + (M_y)^2} \quad (6.29)$$

Los resultados de utilizar las formulas anteriores se muestran en la Tabla 6.4.

Tabla 6.4. Fuerza Máxima en la Punta en condiciones de Falla

Long. de Poste	Tr (kg)	Lr (kg)	Mx (kg.m)	My (kg.m)	M (kg.m)
21.34	363.72	730	29661.36	13220.3	32474.18

Hallando la Fuerza Máxima

$$P = \frac{M_o}{X_o} \quad (6.30)$$

De la cual se obtuvo:

$$P = \frac{32474.18}{6.84} = 4747.69 \text{ kg}$$

6.5.3. Cálculo de las Estructuras AT

A.- Calculo en Condiciones Normales (máximo viento transversal y temperatura mínima)

$$T = 2 * Tm * \text{sen} \frac{\alpha}{2} \quad (6.31)$$

Reemplazando en la formula anterior:

$$T = 2 * 1736.74 * \text{sen} \frac{5}{2} = 151.511 \text{ Kg.}$$

- Cálculo de los momentos respecto al empotramiento.

$$M_o = T(h_c) + F_v * z \quad (6.32)$$

Reemplazando valores en la formula anterior se tiene:

$$M_o = 151.511 * 8.22 + 533.39 * 17.91$$

$$M_o = 10798.44 \text{ kg.m}$$

- Cálculo de la fuerza en la punta

$$F_p = \frac{3M_o}{h_c} \quad (6.33)$$

Reemplazando valores se tiene:

$$F_p = \frac{3 * (10798.44)}{17.91} = 1808.78 \text{ kg}$$

B.- Cálculo en Condiciones de Falla (temperatura mínima, viento promedio $P_v \cong 0$ kg/m^2 y rotura del conductor de la fase superior).

$$T_r = T_m * \text{sen} \frac{\alpha}{2} \quad (6.34)$$

Reemplazando en la fórmula anterior:

$$T_r = 1437.6 * \text{sen} \frac{5}{2} = 62.71 \text{ kg}$$

- Cálculo de momentos respecto al empotramiento.

$$M_{ox} = T_r (h_c) \quad (6.35)$$

$$M_{oy} = L_r \cdot h_c \quad (6.36)$$

$$M_o = \sqrt{(M_{ox})^2 + (M_{oy})^2} \quad (6.37)$$

Reemplazando datos en la fórmulas anteriores se tiene:

$$M_{ox} = 62.71 * 17.91 = 1123.14$$

$$M_{oy} = 730 * 17.91 = 13074.30$$

$$M_o = 13122.45$$

- Cálculo de la fuerza en la punta

$$F_p = \frac{2M_o}{h_c} \quad (6.38)$$

De la cual se obtuvo:

$$F_p = \frac{2(13122.45)}{17.91} = 1465.38 \text{ kg}$$

Las prestaciones de cálculo de estructuras de muestrn en el Anexo C.

6.6. Cálculo de Retenidas

- Cálculo del esfuerzo de trabajo de la retenida

$$F_R = \frac{Q_{\text{ruptura del cable}}}{F \cdot S_{\text{Cable}}} \quad (6.39)$$

- Cálculo del esfuerzo de trabajo máximo en la punta

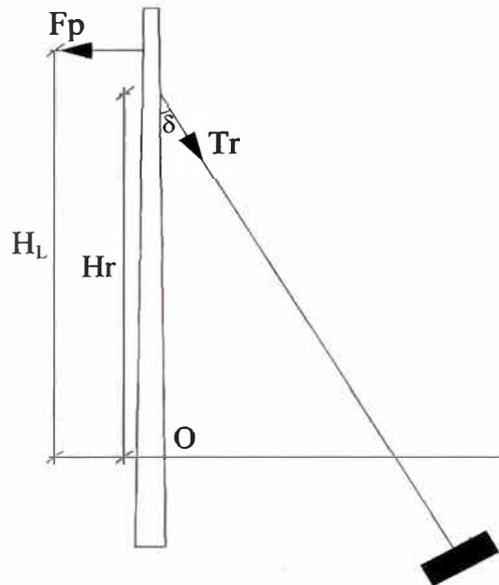


Fig. 6.5. Retenida

Aplicando momentos según la Fig. 6.5.

$$M_0 = 0$$

$$F_p * H_L = T_r * \text{Sen}\delta * H_r$$

De donde se obtiene:

$$T_r = \frac{F_p * H_L}{\text{Sen}\delta * H_r} \quad (6.40)$$

Donde:

H_r : Altura de la retenida (m)

H_L : Altura efectiva del poste (m)

F_p : Carga de rotura en el poste en la punta (Kg)

δ : Angulo de retenida con respecto a la vertical ($^\circ$)

Se utilizará retenidas en las estructuras angulares y terminales.

CAPÍTULO VII

DISEÑO DE AISLAMIENTO

7.1. Premisas de Diseño

En cuanto a los materiales a ser utilizados, en el mercado existen pocas variedades. Las alternativas comunes son los aisladores de porcelana, de vidrio y los aisladores poliméricos de goma de silicón. Para la línea en estudio se ha seleccionado los aisladores poliméricos debido a que nos ofrecen las siguientes ventajas:

- Resistencia a los factores climatológicos.
- Altamente resistente al vandalismo
- Fáciles de manipular e instalar debido a su menor peso comparado con los aisladores de porcelana, reduciendo de esta manera el costo de instalación y mantenimiento.
- Estructuras de soporte más económicas debido al menor peso de los aisladores.

Las cotas o elevaciones en la zona del proyecto son inferiores a los 1000 m.s.n.m. y está ubicado en la zona costera, por lo tanto no se requieren correcciones por altura de los valores estimados de sobretensiones ni verificación del comportamiento de la línea ante descargas atmosféricas.

7.2. Diseño del Aislamiento por Sobretensión a Frecuencia Industrial.

Se calcula el Voltaje Crítico Disruptivo (VCFO) y se verifica que este sea menor al Voltaje de Sostenimiento definido por las Normas IEC 71-2

El Voltaje Crítico Disruptivo se calcula mediante la expresión definida por la IEC:

$$V_{FCO} = \frac{V_{LL} * K_{sv} * K_f}{\sqrt{3}(1 - 3\sigma)} \quad (7.1)$$

Donde:

V_{LL} : Valor de la tensión de línea (138 kV)

K_{sv} : Sobretensión permitido en operación normal, 5% ($K_{sv} = 1.05$)

K_f Factor de incremento de la tensión en las fases sanas durante una falla monofásica a tierra ($K_f = 1.25$)

σ Desviación estándar (2% para tensión a frecuencia industrial, $\sigma = 0.02$)

Reemplazando valores en la ecuación (7.1), se obtiene:

$$V_{FCO} = 111.25 \text{ kV}$$

De acuerdo a la Normas IEC, la tensión de sostenimiento entre líneas es de 230 kV, luego comparando con el V_{FCO} tenemos:

$$111.25 \text{ kV} < \frac{230}{\sqrt{3}} \text{ kV}$$

De la relación se cumple que:

$$111.25 \text{ kV} < 132.79 \text{ kV}$$

Por lo tanto para el diseño del aislamiento a frecuencia industrial se utilizará el voltaje resistente definido por la Norma IEC.

7.3. Diseño del Aislamiento por Distancia de Fuga.

La línea de transmisión se caracteriza por atravesar áreas contaminadas (fábricas industriales, zona urbana) con lluvias escasas y alta contaminación salina. Por lo tanto, se les ubicó en el nivel de contaminación Muy Alto (Nivel IV) de la norma IEC-815, para el cual se recomienda una distancia de fuga mínima de 31 mm/kV para la tensión máxima de servicio.

Los voltajes máximos de operación se diseñan con apego a las normas ANSI C84 y C82 y es de 5% mayor que el valor nominal. Para nuestro caso obtenemos 145 kV como voltaje máximo de operación.

Luego la distancia mínima de fuga requerida D_f es igual a:

$$D_f = 145 \text{ kV} * 31 \text{ mm/kV}$$

$$D_f = 4495 \text{ mm}$$

7.4. Esfuerzos Mecánicos sobre los Aisladores

7.4.1. Aislador Tipo Suspensión

El aislador polimérico tipo suspensión actuará en posición de anclaje y se deberá cumplir lo siguiente:

$$L \leq \frac{P}{fs} \quad (7.2)$$

Donde:

L : Máximo tiro longitudinal del conductor ($L = 1829$ Kg.)

P : Esfuerzo de rotura del aislador

fs : Factor de seguridad ($fs = 2$)

Luego reemplazando valores en la ecuación (7.2) obtenemos:

$$P \geq 3658 \text{ Kg.}$$

7.4.2. Aislador Horizontal Tipo Poste

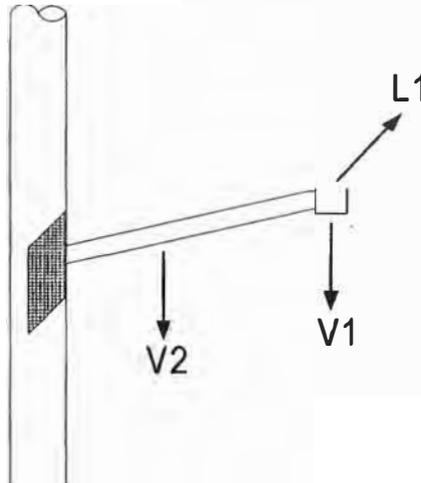


Fig. 7.1. Aislador Tipo Line Post

De acuerdo a la Fig. 7.1., tenemos:

En condiciones de máximo viento y condiciones normales, los esfuerzos de flexión del aislador rígido (line post) deberá cumplir la siguiente condición:

$$\frac{V_2}{2} + V_1 + V_h \leq \frac{P}{fs} \quad (7.3)$$

$$V_1 = V_g * P_{cond} \quad (7.4)$$

Se desprecia los valores de los esfuerzos de tracción o compresión

Donde:

V_2 : Peso del aislador

V_g : Vano gravante

V_h : Peso eventual de un hombre más equipos y herramientas ($V_h = 90$ Kg)

P_{cond} : Peso del conductor

P : Carga de ruptura del aislador

Fs : Factor de seguridad ($fs = 2$)

Para el aislador ISI-MAX-A32+31 con un esfuerzo de cantilever de 730 daN (744.13 Kg) catalogo Isoelectric, en la ecuación (7.3) la resultante de esfuerzo a la flexión será:

$$\frac{29.5}{2} + (300 * 0.646) + 90 \leq \frac{744.13}{2}$$

$$298.22 \text{ Kg} \leq 372.06 \text{ Kg}$$

El aislador propuesto cumple con las condiciones de trabajo al esfuerzo de flexión, el mismo que cuenta con una distancia de fuga de 5950 mm., superior a la distancia de fuga calculada de 4495 mm.

CAPÍTULO VIII

DISEÑO DE LA PUESTA A TIERRA

8.1. Introducción

Para que el sistema opere correctamente con una adecuada continuidad de servicio, con un desempeño seguro del sistema de protección y más aún para garantizar los límites de seguridad personal, es fundamental un buen diseño de puesta a tierra.

Las disposiciones de puesta a tierra para la línea de transmisión en 138 kV, se seleccionará de acuerdo a las resistividades del terreno y recomendaciones de las Normas, tomando en cuenta también las consideraciones establecidas en la Sección 3 del CNE-Suministro.

8.2. Disposición I

Consta de un electrodo, colocado en disposición vertical según la Fig. 8.1.

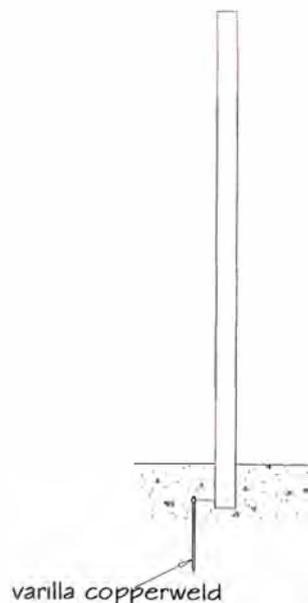


Fig. 8.1. Disposición I

La resistencia de puesta a tierra para esta disposición es:

$$R = \frac{\rho}{2\pi L} \left[\ln\left(\frac{4L}{r}\right) - 1 \right] (\Omega) \quad (8.1)$$

Donde:

ρ = resistividad del terreno, en $\Omega\text{-m}$

L = longitud del electrodo en metros

r = radio del electrodo en metros

8.3. Disposición II

Esta disposición se utiliza en la necesidad de utilizar más varillas dispuestas en línea recta, generalizando para “n” varillas copperweld ($n > 1$), colocados en posición vertical y separados entre si una distancia “d” metros según la Fig. 8.2.

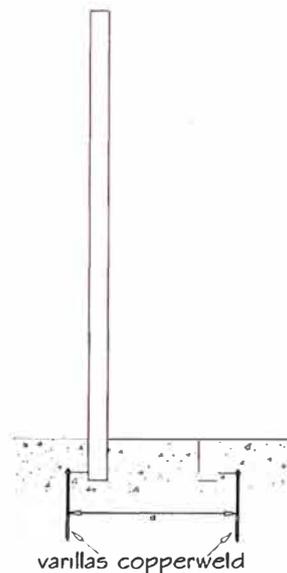


Fig. 8.2. Disposición II

La resistencia de puesta a tierra para esta disposición es:

$$R = \frac{\rho}{4\pi L} \left[\text{Ln} \left(\frac{4L}{r} \right) - 1 \right] \left(\frac{1 + 2\alpha + \frac{\alpha}{\sqrt{2}}}{n} \right) (\Omega) \quad (8.2)$$

En este caso se está utilizando el factor de agrupamiento “ α ”, el cual está dado por la siguiente expresión:

$$\alpha = \frac{L}{d \text{Ln} \left(\frac{nL}{2r} \right)} \quad (8.3)$$

Donde:

ρ = resistividad del terreno, en $\Omega\text{-m}$

L = longitud del electrodo en metros

r = radio del electrodo en metros

d = separación entre electrodos en metros

8.4 Disposición III

Conductor de copperweld, enterrado horizontalmente a una profundidad "S" en disposición de anillo horizontal según la Fig. 8.3.

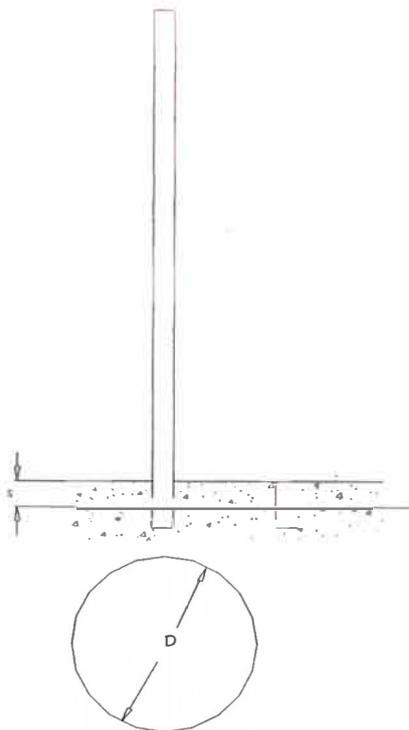


Fig. 8.3. Disposición III

La resistencia de puesta a tierra para esta disposición es:

$$R = \frac{\rho}{4\pi^2 D} \operatorname{Ln} \left(\frac{32D^2}{S * r} \right) \quad (\Omega) \quad (8.4)$$

Donde:

ρ = resistividad del terreno, en Ω -m

D = diámetro del anillo en metros

r = radio del conductor de copperweld en metros

S = profundidad de enterramiento en metros

8.5. Disposición IV

Contrapesos de conductor de copperweld, enterrado horizontalmente a una profundidad “S” según la Fig. 8.4.

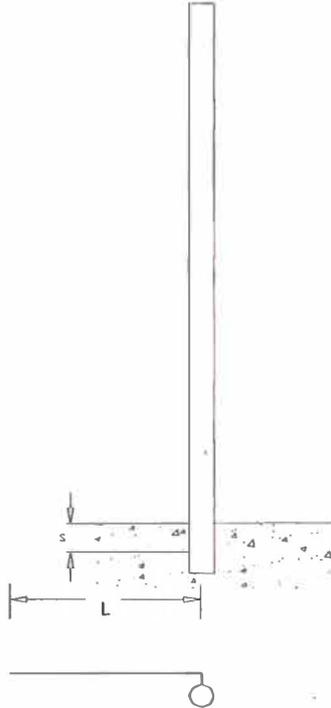


Fig. 8.4. Disposición IV

La resistencia de puesta a tierra para esta disposición es:

$$R = \frac{\rho}{\pi L} \left[\operatorname{Ln} \left(\frac{2L}{\sqrt{2S^* r}} \right) - 1 \right] \quad (\Omega) \quad (8.5)$$

Donde:

ρ = resistividad del terreno, en Ω -m

S = profundidad del terreno.

r = radio del conductor de copperweld.

L = longitud del conductor, según configuración en m.

En todos los casos, la resistencia de puesta a tierra máxima permisible será como máximo 25 Ω que son los valores que recomiendan las Normas.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

1. Para el caso del presente proyecto, se concluye que se debe utilizar conductores AAAC (de aleación de aluminio) debido a su menor costo y ligereza con respecto a los de cobre para un mismo valor de resistencia, asimismo para evitar el efecto de la corrosión dicho conductor AAAC deberá estar protegido con una grasa neutra especial inhibidor de la corrosión.
2. La manipulación de los conductores de aleación de aluminio deberá ser cuidadosa, particularmente en el tendido y montaje, ya que pequeños defectos superficiales pueden provocar efectos perjudiciales en el transporte de energía, esto debido a que el roce y la fricción con el suelo dañan el conductor volviéndolo rugoso en las zonas afectadas y en algunos casos puede producir la rotura de hilos, disminuyendo de esta manera su capacidad de transporte de energía.
3. El uso de aisladores poliméricos reduce el costo de la línea debido a su bajo costo en montaje y mantenimiento.
4. Se ha considerado una configuración triangular por ser más económico que una configuración horizontal, debido a que esta última involucraría la utilización de dos postes en cada armado, lo cual elevaría el costo de la línea de transmisión.
5. El valor de la resistencia de puesta a tierra no deberá ser mayor a 25 ohmios, tomándose en cuenta las consideraciones establecidas en la Sección 3 del Código Nacional de Electricidad Suministro 2001.
6. La utilización de las diferentes disposiciones de puesta a tierra dependerá del tipo de terreno y la resistencia de puesta tierra que se desea obtener.

RECOMENDACIONES

1. En zonas de alta corrosión y polución salina se recomienda el uso de postes de madera por su mayor durabilidad en el tiempo.
2. El conductor de contrapesos para puestas a tierra se recomienda llevar por lugares de menor resistividad.
3. Para el caso de zonas con terrenos de alta resistividad, para lograr la resistencia de puesta a tierra deseada se puede hacer uso de productos químicos adecuados tales como suelo artificial, cemento conductor, etc.

ANEXOS

ANEXO A

REPORTES DE CÁLCULOS DE FLUJO DE POTENCIA

1. CONSIDERANDO CONDUCTOR AAAC DE 200 mm²

 * REPORTE DEL FLUJO DE POTENCIA *

Número de Barras : 3
 Número de Generadores: 1

 * BARRAS DEL SISTEMA *

Nombre	Tipo	Tensión		Angulo (Grados)	F.Penalizacion	Carga		Shunt (MVAR)
		(KV)	(pu)			(MW)	(MVAR)	
TRAPECIO_138	0	133.131	0.965	-0.251	1.008007	30.00	18.59	
CHSUR_138	2	133.860	0.970	0.000	1.002471	19.72	12.22	
CHSUR_13.8	0	13.394	0.971	-4.132	1.002471	11.05	6.85	

 * FLUJOS ENTRE LÍNEAS Y TRANSFORMADORES *

ENVIO	RECEPCIÓN	Longitudinal		P.Transv. (MW)	P. Totales		Tap (visual)
		(MW)	(MVAR)		(MW)	(MVAR)	
TRAPECIO_138	CHSUR_138	-30.00	-18.56	0.00	0.08	0.23	
CHSUR_138	CHSUR_13.8	11.05	7.98	0.00	0.00	1.15	1.050x
CHSUR_13.8	TRAPECIO_138	30.08	18.80	0.00	0.08	0.23	
	CHSUR_138	-11.05	-6.82	0.00	0.00	1.15	1.050

 * GENERADORES *

BARRA	Tipo	Tension		Angulo (Grados)	Potencia Generada		Limites React.		f.p. (%)
		(KV)	(pu)		(MW)	(MVAR)	Min	Max	
CHSUR_138	2	133.9	0.970	0.00	60.85	38.99 H	0.00	0.00	84.20

 * GENERACIÓN Y CARGAS POR ÁREAS *

Área : 0 Carga : 0.00 MW 0.00 MVAR Generación : 0.00 MW 0.00 MVAR
 Área : 1 Carga : 60.77 MW 37.66 MVAR Generación : 60.85 MW 38.99 MVAR

 * PERDIDAS TOTALES *

Perdidas Totales del Sistema : 0.082 MW
 Perdidas Longitudinales : 0.082 MW
 Perdidas Transversales : 0.000 MW

 * FACTORES DE PENALIZACIÓN *

Nombre F. Penalización

 * TENSIONES FUERA DE LÍMITES *

Nombre	Tensión (pu)	Tensiones limites	
		Min	Max

 * POTENCIAS DE CORTOCIRCUITO TRIFÁSICO *

Nombre	Pcc 3F (MVA)	Icc (p.u.)
TRAPECIO_138	0.000	0.000
CHSUR_138	0.000	0.000
CHSUR_13.8	0.000	0.000

2. CONSIDERANDO CONDUCTOR AAAC DE 236 mm2

 * REPORTE DEL FLUJO DE POTENCIA *

Número de Barras 3
 Número de Generadores: 1

 * BARRAS DEL SISTEMA *

Nombre	Tipo	Tensión		Angulo (Grados)	F.Penalizacion	Carga		Shunt (MVAR)
		(KV)	(pu)			(MW)	(MVAR)	
TRAPECIO_138	0	133.177	0.965	-0.257	1.002741	30.00	18.59	
CHSUR_138	2	133.860	0.970	0.000	0.998071	19.72	12.22	
CHSUR_13.8	0	13.394	0.971	-4.132	0.998071	11.05	6.85	

 * FLUJOS ENTRE LÍNEAS Y TRANSFORMADORES *

ENVIO	RECEPCIÓN	Longitudinal		P.Transv. (MW)	P. Totales		Tap (visual)
		(MW)	(MVAR)		(MW)	(MVAR)	
TRAPECIO_138	CHSUR_138	-30.00	-18.56	0.00	0.07	0.23	
CHSUR_138	CHSUR_13.8	11.05	7.98	0.00	0.00	1.15	1.050x
	TRAPECIO_138	30.07	18.79	0.00	0.07	0.23	
CHSUR_13.8	CHSUR_138	-11.05	-6.82	0.00	0.00	1.15	1.050

 * GENERADORES *

BARRA	Tipo	Tension		Angulo (Grados)	Potencia Generada		Limites React.		f.p. (%)
		(KV)	(pu)		(MW)	(MVAR)	Min	Max	
CHSUR_138	2	133.9	0.970	0.00	60.84	38.99 H	0.00	0.00	84.20

 * GENERACIÓN Y CARGAS POR ÁREAS *

Área: 0	Carga:	0.00 MW	0.00 MVAR	Generación:	0.00 MW	0.00 MVAR
Área: 1	Carga:	60.77 MW	37.66 MVAR	Generación:	60.84 MW	38.99 MVAR

 * PERDIDAS TOTALES *

Perdidas Totales del Sistema : 0.070 MW
 Perdidas Longitudinales : 0.070 MW
 Perdidas Transversales : 0.000 MW

 * FACTORES DE PENALIZACIÓN *

Nombre F.Penalizacion

 * TENSIONES FUERA DE LÍMITES *

Nombre Tensión Tensiones limites
 (pu) Min Max

 * POTENCIAS DE CORTOCIRCUITO TRIFÁSICO *

Nombre Pcc 3F (MVA) Icc (p.u.)

TRAPECIO_138	0.000	0.000
CHSUR_138	0.000	0.000
CHSUR_13.8	0.000	0.000

3. CONSIDERANDO CONDUCTOR AAAC DE 283 mm²

 * REPORTE DEL FLUJO DE POTENCIA *

Número de Barras : 3
 Número de Generadores: 1

 * BARRAS DEL SISTEMA *

Nombre	Tipo	Tensión (KV)	Angulo (pu)	Angulo (Grados)	F.Penalizacion	Carga (MW)	Shunt (MVAR)
TRAPECIO_138	0	133.222	0.965	-0.262	1.003014	30.00	18.59
CHSUR_138	2	133.860	0.970	0.000	0.999132	19.72	12.22
CHSUR_13.8	0	13.394	0.971	-4.132	0.999132	11.05	6.85

 * FLUJOS ENTRE LÍNEAS Y TRANSFORMADORES *

ENVIO	RECEPCIÓN	Longitudinal (MW)	P.Transv. (MVAR)	P. Transv. (MW)	P. Totales (MW)	Tap (MVAR)	Tap (visual)
TRAPECIO_138	CHSUR_138	-30.00	-18.56	0.00	0.06	0.23	
CHSUR_138	CHSUR_13.8	11.05	7.98	0.00	0.00	1.15	1.050x
CHSUR_13.8	TRAPECIO_138	30.07	18.79	0.00	0.06	0.23	
CHSUR_13.8	CHSUR_138	-11.05	-6.82	0.00	0.00	1.15	1.050

* GENERADORES *

BARRA	Tipo	Tensión		Angulo (Grados)	Potencia Generada		Limites React.		f.p. (%)
		(KV)	(pu)		(MW)	(MVAR)	Min	Max	
CHSUR_138	2	133.9	0.970	0.00	60.83	38.98 H	0.00	0.00	84.19

* GENERACIÓN Y CARGAS POR ÁREAS *

Área: 0	Carga: 0.00 MW	0.00 MVAR	Generación: 0.00 MW	0.00 MVAR
Área: 1	Carga: 60.77 MW	37.66 MVAR	Generación: 60.83 MW	38.98 MVAR

* PERDIDAS TOTALES *

Perdidas Totales del Sistema : 0.058 MW
 Perdidas Longitudinales : 0.058 MW
 Perdidas Transversales : 0.000 MW

* FACTORES DE PENALIZACIÓN *

Nombre	F. Penalización

* TENSIONES FUERA DE LÍMITES *

Nombre	Tensión (pu)	Tensiones limites	
		Min	Max

* POTENCIAS DE CORTOCIRCUITO TRIFÁSICO *

Nombre	Pcc 3F (MVA)	Icc (p.u.)
TRAPECIO_138	0.000	0.000
CHSUR_138	0.000	0.000
CHSUR_13.8	0.000	0.000

ANEXO B
REPORTES DEL CÁLCULO MECÁNICO DEL CONDUCTOR

Código Cairo
 Conductor: Aaa-236
 Sección: 236.00mm²
 Peso Unitario 0.65 Kg/m
 Tiro de Rotura 7110.00 Kg EDS (% Truption) 18.00%

Hipotesis I Templado Vel Viento: 0.00 (km/h) Temperatura 21°C
 Hipotesis II Máximo Esfuerzo c/v Vel Viento: 81.65 (km/h) Temperatura 5°C
 Hipotesis III Máximo Esfuerzo s/v Vel Viento: 0.00 (km/h) Temperatura 5°C
 Hipotesis IV Máxima Temperatura Vel Viento: 0.00 (km/h) Temperatura 60°C

vano [m]	Hip 1=21°			Hip 2=5°			Hip 3=5°			Hip 4=60°		
	H	T	F	H	T	F	H	T	F	H	T	F
25.00	1,279.80	1,279.83	0.04	1,829.81	1,829.84	0.04	1,826.22	1,826.24	0.03	231.96	232.10	0.22
37.50	1,279.80	1,279.86	0.09	1,827.97	1,828.04	0.08	1,819.93	1,819.97	0.06	306.88	307.12	0.37
50.00	1,279.80	1,279.90	0.16	1,825.45	1,825.58	0.15	1,811.25	1,811.33	0.11	371.98	372.33	0.55
62.50	1,279.80	1,279.96	0.25	1,822.32	1,822.52	0.23	1,800.34	1,800.45	0.18	430.01	430.49	0.74
75.00	1,279.80	1,280.03	0.36	1,818.66	1,818.94	0.33	1,787.35	1,787.52	0.26	482.48	483.10	0.95
87.50	1,279.80	1,280.12	0.49	1,814.54	1,814.93	0.45	1,772.52	1,772.74	0.35	530.36	531.13	1.17
100.00	1,279.80	1,280.21	0.63	1,810.07	1,810.58	0.59	1,756.07	1,756.37	0.46	574.33	575.25	1.42
112.50	1,279.80	1,280.32	0.80	1,805.33	1,805.97	0.75	1,738.29	1,738.67	0.59	614.88	615.97	1.67
125.00	1,279.80	1,280.44	0.99	1,800.40	1,801.20	0.93	1,719.44	1,719.92	0.74	652.41	653.67	1.95
137.50	1,279.80	1,280.58	1.20	1,795.38	1,796.34	1.13	1,699.84	1,700.43	0.90	687.22	688.67	2.24
150.00	1,279.80	1,280.73	1.43	1,790.32	1,791.47	1.34	1,679.76	1,680.46	1.09	719.58	721.23	2.54
162.50	1,279.80	1,280.89	1.68	1,785.29	1,786.65	1.58	1,659.48	1,660.32	1.29	749.71	751.57	2.86
175.00	1,279.80	1,281.06	1.94	1,780.35	1,781.92	1.84	1,639.28	1,640.26	1.52	777.80	779.88	3.20
187.50	1,279.80	1,281.25	2.23	1,775.53	1,777.34	2.12	1,619.37	1,620.52	1.76	804.02	806.33	3.55
200.00	1,279.80	1,281.45	2.54	1,770.87	1,772.94	2.42	1,599.96	1,601.28	2.03	828.53	831.08	3.92
212.50	1,279.80	1,281.66	2.87	1,766.39	1,768.73	2.74	1,581.20	1,582.71	2.32	851.45	854.25	4.31
225.00	1,279.80	1,281.89	3.21	1,762.10	1,764.73	3.07	1,563.23	1,564.94	2.63	872.91	875.97	4.71
237.50	1,279.80	1,282.13	3.58	1,758.02	1,760.96	3.43	1,546.12	1,548.05	2.96	893.01	896.34	5.14
250.00	1,279.80	1,282.38	3.97	1,754.15	1,757.41	3.81	1,529.94	1,532.10	3.32	911.85	915.47	5.57

Código Cairo
 Conductor: Aaa-236
 Sección: 236.00mm²
 Peso Unitario 0.65 Kg/m
 Tiro de Rotura 7110.00 Kg EDS (% Truption) 18.00%

Hipotesis I Templado Vel Viento: 0.00 (km/h) Temperatura 21°C
 Hipotesis II Máximo Esfuerzo c/v Vel Viento: 81.65 (km/h) Temperatura 5°C
 Hipotesis III Máximo Esfuerzo s/v Vel Viento: 0.00 (km/h) Temperatura 5°C
 Hipotesis IV Máxima Temperatura Vel Viento: 0.00 (km/h) Temperatura 60°C

vano [m]	Hip 1=21°			Hip 2=5°			Hip 3=5°			Hip 4=60°		
	H	T	F	H	T	F	H	T	F	H	T	F
262.50	1,279.80	1,282.64	4.38	1,750.48	1,754.09	4.21	1,514.71	1,517.11	3.70	929.53	933.45	6.03
275.00	1,279.80	1,282.92	4.80	1,747.03	1,750.99	4.63	1,500.43	1,503.09	4.10	946.13	950.35	6.50
287.50	1,279.80	1,283.21	5.25	1,743.78	1,748.12	5.07	1,487.08	1,490.02	4.52	961.72	966.26	6.99
300.00	1,279.80	1,283.52	5.72	1,740.72	1,745.46	5.53	1,474.65	1,477.87	4.96	976.37	981.25	7.50
312.50	1,279.80	1,283.83	6.20	1,737.85	1,742.99	6.01	1,463.07	1,466.60	5.43	990.16	995.37	8.02
325.00	1,279.80	1,284.16	6.71	1,735.15	1,740.73	6.52	1,452.32	1,456.17	5.91	1,003.14	1,008.70	8.56
337.50	1,279.80	1,284.50	7.24	1,732.62	1,738.65	7.04	1,442.34	1,446.52	6.42	1,015.36	1,021.29	9.12
350.00	1,279.80	1,284.86	7.78	1,730.25	1,736.74	7.58	1,433.09	1,437.60	6.95	1,026.88	1,033.19	9.70
362.50	1,279.80	1,285.23	8.35	1,728.03	1,735.00	8.14	1,424.50	1,429.37	7.50	1,037.74	1,044.44	10.30
375.00	1,279.80	1,285.61	8.93	1,725.95	1,733.41	8.72	1,416.53	1,421.78	8.07	1,047.99	1,055.09	10.91
387.50	1,279.80	1,286.00	9.54	1,723.99	1,731.97	9.32	1,409.14	1,414.77	8.66	1,057.67	1,065.17	11.55
400.00	1,279.80	1,286.41	10.17	1,722.16	1,730.67	9.95	1,402.28	1,408.31	9.28	1,066.81	1,074.74	12.20
412.50	1,279.80	1,286.83	10.81	1,720.44	1,729.50	10.59	1,395.90	1,402.34	9.91	1,075.45	1,083.82	12.87
425.00	1,279.80	1,287.26	11.48	1,718.82	1,728.45	11.25	1,389.97	1,396.84	10.57	1,083.63	1,092.45	13.56
437.50	1,279.80	1,287.71	12.16	1,717.31	1,727.52	11.93	1,384.45	1,391.76	11.24	1,091.37	1,100.64	14.27
450.00	1,279.80	1,288.17	12.87	1,715.88	1,726.70	12.64	1,379.31	1,387.07	11.94	1,098.70	1,108.45	15.00

H (kg) = Tiro de Templado

T (kg) = Tiro horizontal máximo del conductor, en la hipótesis seleccionada

F (m) = Flecha, para el vano considerado en la hipótesis seleccionada

PLANILLA DE ESTRUCTURAS

No	Tipo	Progresiva (m)	Cota (m)	Vano Adelante (m)	Vano Peso (m)	Vano Viento (m)	Tiro Adelante	Ang Adelante (Sex)	Tiro Atrás (kg)	Ang Atrás (kg)	Catenaria
1	AT 90 - 1	0.00	75.15	148.07	137.22	74.21	719.66	-7.12	0.00	0.00	1,098.63
2	S	148.07	69.46	191.28	152.57	170.01	816.55	-6.46	714.15	-179.42	1,248.25
3	S	339.35	62.49	203.89	180.13	197.87	839.99	-5.77	812.02	-177.70	1,285.75
4	AT	543.24	55.30	32.28	100.72	118.23	277.51	-3.55	837.13	-176.69	426.12
5	AT 90	575.52	54.52	147.40	120.43	89.96	716.66	-5.97	277.00	-179.22	1,096.58
6	S	722.92	51.83	191.06	153.19	169.45	814.85	-5.50	713.10	-178.28	1,247.85
7	S	913.98	48.08	191.98	146.96	191.74	814.45	-3.47	812.42	-176.74	1,250.70
8	S	1,105.96	51.18	167.98	135.75	180.29	761.78	-0.95	816.46	-174.69	1,171.81
9	S	1,273.94	60.45	219.38	299.49	194.05	868.79	-6.47	767.81	-172.76	1,328.09
10	S	1,493.32	53.75	231.44	216.00	225.75	888.46	-6.17	864.43	-177.02	1,358.96
11	S	1,724.75	48.50	216.93	209.04	224.48	862.97	-5.36	885.05	-176.42	1,321.84
12	S	1,941.69	45.97	224.96	233.81	221.23	877.54	-5.98	861.32	-175.97	1,342.71
13	S	2,166.65	41.28	220.00	217.62	222.78	868.75	-5.71	874.49	-176.39	1,329.89
14	S	2,386.65	37.51	225.00	213.03	222.78	876.70	-5.35	866.29	-176.25	1,342.89
15	S	2,611.64	35.31	225.00	222.84	225.27	876.56	-5.25	875.27	-175.76	1,342.90
16	S	2,836.64	33.52	233.33	200.52	229.45	888.72	-4.14	875.40	-175.66	1,363.71
17	AT	3,069.97	33.84	105.30	208.18	169.51	593.74	-4.59	890.75	-174.34	910.51
18	SH1	3,175.27	34.27	110.50	50.50	108.02	608.45	-1.12	592.20	-177.97	935.90
19	AT	3,285.77	35.85	203.29	202.36	157.08	837.77	-4.89	611.29	-174.36	1,284.17
20	S	3,489.06	37.35	200.04	145.69	201.95	829.03	-2.34	836.92	-175.83	1,274.37
21	S	3,689.11	44.87	218.80	262.24	209.72	865.62	-4.91	833.93	-173.36	1,326.83
22	S	3,907.91	44.14	218.68	232.56	219.00	866.17	-5.49	865.14	-175.47	1,326.46
23	S	4,126.59	41.17	119.24	90.20	169.25	634.77	0.07	864.24	-176.06	976.57
24	S	4,245.82	48.61	154.24	291.26	137.21	737.12	-8.65	639.61	-172.95	1,121.14
25	S	4,400.06	35.83	140.95	200.83	148.62	707.12	-11.48	728.81	179.20	1,066.13
26	AT	4,541.01	13.87	330.47	107.87	236.73	1,015.47	-6.69	694.66	176.03	1,551.63
27	AT	4,871.48	10.39	231.28	262.10	281.33	886.20	-4.75	1,013.21	-174.51	1,358.71
28	S	5,102.76	13.66	229.12	252.86	230.49	883.95	-5.66	886.52	-175.01	1,353.29
29	S	5,331.88	10.36	230.00	191.99	229.86	883.31	-4.09	881.81	-175.98	1,355.49

No	Tipo	Progresiva (m)	Cota (m)	Vano Adelante (m)	Vano Peso (m)	Vano Viento (m)	Tiro Adelante	Ang Adelante (Sex)	Tiro Atrás (kg)	Ang Atrás (kg)	Catenaria
30	AT	5,561.87	10.68	52.36	146.13	141.34	383.42	-1.23	885.33	-174.38	589.74
31	AT 90	5,614.23	11.88	146.49	140.16	99.52	713.60	-5.25	384.20	-176.14	1,093.25
32	S	5,760.72	11.04	113.83	109.36	130.27	620.36	-3.79	711.24	-177.58	952.32
33	SH1	5,874.55	10.31	97.30	99.15	105.63	566.01	-3.19	619.88	-176.95	869.44
34	SH1	5,971.85	10.34	216.25	164.21	156.92	861.30	-4.99	566.03	-176.78	1,320.05
35	S	6,188.10	9.19	217.90	214.52	217.32	864.03	-4.89	860.55	-175.61	1,324.44
36	S	6,406.00	8.51	166.31	197.20	192.30	760.83	-4.52	863.58	-175.47	1,166.86
37	SH1	6,572.31	7.21	107.60	126.11	137.06	600.32	-3.23	759.99	-176.36	922.10
38	S	6,679.91	7.43	137.20	102.18	122.49	686.99	-2.52	600.46	-176.54	1,055.89
39	AT	6,817.11	7.52	135.15	160.29	136.28	682.35	-3.79	688.86	-175.08	1,047.47
40	AT 90 - 1	6,952.26	7.28	0.00	65.79	67.62	0.00	0.00	682.20	-176.41	0.00

TABLA DE TENSADO DE CONDUCTOR

L.T. 138 Kv S.E. CHIMBOTE SUR - S.E. TRAPECIO

Hipotesis: 1 - Templad Vviento (Km/h)

0

EDS

18%

Espesor Hielo

0

Nro - Estr	vano [m]	desnivel [m]	Temperatura (°C)	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
1-AT 90 - 1	148.07	-8.48	Tiro Adelante (kg)	1,401.87	1,377.82	1,354.16	1,330.89	1,308.02	1,285.56	1,263.51	1,241.87	1,220.66	1,199.88	1,179.52
			Flecha(m)	1.28	1.30	1.32	1.35	1.37	1.39	1.42	1.44	1.47	1.49	1.52
			Tiro Horizontal (Kg)	1,395.99	1,371.97	1,348.34	1,325.09	1,302.24	1,279.80	1,257.77	1,236.15	1,214.96	1,194.19	1,173.86
2-S	191.28	-6.97	Tiro Atrás (Kg)	1,396.35	1,372.31	1,348.65	1,325.38	1,302.51	1,280.05	1,258.00	1,236.36	1,215.15	1,194.37	1,174.01
			Tiro Adelante (kg)	1,378.71	1,359.12	1,339.90	1,321.04	1,302.55	1,284.42	1,266.66	1,249.25	1,232.21	1,215.52	1,199.18
			Flecha(m)	2.17	2.20	2.23	2.26	2.29	2.32	2.36	2.39	2.42	2.46	2.49
3-S	203.89	-4.4	Tiro Horizontal (Kg)	1,374.12	1,354.53	1,335.30	1,316.44	1,297.94	1,279.80	1,262.03	1,244.61	1,227.55	1,210.85	1,194.50
			Tiro Atrás (Kg)	1,374.18	1,354.59	1,335.37	1,316.51	1,298.02	1,279.89	1,262.13	1,244.72	1,227.68	1,210.99	1,194.65
			Tiro Adelante (kg)	1,371.70	1,353.31	1,335.28	1,317.59	1,300.25	1,283.25	1,266.59	1,250.26	1,234.27	1,218.62	1,203.29
4-AT	32.28	-0.78	Flecha(m)	2.47	2.50	2.54	2.57	2.61	2.64	2.68	2.71	2.75	2.78	2.82
			Tiro Horizontal (Kg)	1,368.34	1,349.94	1,331.89	1,314.18	1,296.82	1,279.80	1,263.12	1,246.78	1,230.77	1,215.09	1,199.74
			Tiro Atrás (Kg)	1,368.84	1,350.45	1,332.42	1,314.73	1,297.38	1,280.38	1,263.72	1,247.40	1,231.41	1,215.75	1,200.42
4-AT	147.4	-5.48	Tiro Adelante (kg)	1,449.18	1,415.33	1,381.54	1,347.79	1,314.10	1,280.47	1,246.91	1,213.42	1,180.02	1,146.71	1,113.50
			Flecha(m)	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.08
			Tiro Horizontal (Kg)	1,448.46	1,414.63	1,380.84	1,347.10	1,313.42	1,279.80	1,246.25	1,212.77	1,179.38	1,146.07	1,112.87
5-AT 90			Tiro Atrás (Kg)	1,448.67	1,414.83	1,381.03	1,347.28	1,313.59	1,279.96	1,246.40	1,212.92	1,179.51	1,146.20	1,112.99
5-AT 90	191.06	-3.75	Tiro Adelante (kg)	1,399.84	1,375.76	1,352.06	1,328.76	1,305.86	1,283.36	1,261.27	1,239.60	1,218.36	1,197.54	1,177.15
			Flecha(m)	1.27	1.29	1.31	1.33	1.36	1.38	1.40	1.43	1.45	1.48	1.51
			Tiro Horizontal (Kg)	1,396.27	1,372.20	1,348.50	1,325.20	1,302.30	1,279.80	1,257.71	1,236.04	1,214.80	1,193.97	1,173.58
6-S			Tiro Atrás (Kg)	1,396.28	1,372.20	1,348.51	1,325.20	1,302.30	1,279.80	1,257.71	1,236.04	1,214.80	1,193.98	1,173.59
6-S	191.06	-3.75	Tiro Adelante (kg)	1,377.07	1,357.48	1,338.26	1,319.40	1,300.90	1,282.77	1,265.00	1,247.60	1,230.55	1,213.85	1,197.51
			Flecha(m)	2.16	2.19	2.22	2.25	2.29	2.32	2.35	2.38	2.42	2.45	2.48
			Tiro Horizontal (Kg)	1,374.19	1,354.58	1,335.34	1,316.46	1,297.95	1,279.80	1,262.01	1,244.59	1,227.52	1,210.81	1,194.45
7-S	191.98	3.1	Tiro Atrás (Kg)	1,374.64	1,355.05	1,335.82	1,316.96	1,298.47	1,280.33	1,262.57	1,245.16	1,228.11	1,211.41	1,195.07
			Tiro Adelante (kg)	1,374.34	1,354.84	1,335.70	1,316.93	1,298.53	1,280.48	1,262.80	1,245.47	1,228.50	1,211.89	1,195.62
			Flecha(m)	2.18	2.21	2.24	2.28	2.31	2.34	2.37	2.41	2.44	2.47	2.51
8-S	167.98	9.27	Tiro Horizontal (Kg)	1,373.75	1,354.23	1,335.08	1,316.29	1,297.86	1,279.80	1,262.10	1,244.75	1,227.76	1,211.13	1,194.85
			Tiro Atrás (Kg)	1,376.35	1,356.86	1,337.72	1,318.95	1,300.54	1,282.50	1,264.81	1,247.49	1,230.52	1,213.90	1,197.64
			Tiro Adelante (kg)	1,385.77	1,363.82	1,342.25	1,321.08	1,300.29	1,279.90	1,259.91	1,240.31	1,221.11	1,202.31	1,183.91
9-S	219.38	-6.7	Flecha(m)	1.66	1.68	1.71	1.74	1.77	1.79	1.82	1.85	1.88	1.91	1.94
			Tiro Horizontal (Kg)	1,385.60	1,363.66	1,342.11	1,320.95	1,300.18	1,279.80	1,259.82	1,240.23	1,221.05	1,202.26	1,183.86
			Tiro Atrás (Kg)	1,391.79	1,369.84	1,348.28	1,327.10	1,306.32	1,285.92	1,265.93	1,246.33	1,227.14	1,208.34	1,189.94
9-S	167.98	9.27	Tiro Adelante (kg)	1,366.43	1,349.41	1,332.72	1,316.35	1,300.30	1,284.56	1,269.14	1,254.02	1,239.21	1,224.71	1,210.49
			Flecha(m)	2.87	2.91	2.95	2.98	3.02	3.06	3.10	3.13	3.17	3.21	3.25
			Tiro Horizontal (Kg)	1,361.75	1,344.72	1,328.01	1,311.62	1,295.55	1,279.80	1,264.36	1,249.23	1,234.40	1,219.87	1,205.64

Nro - Estr	vano [m]	desnivel [m]	Temperatura (°C)	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
10-S			Tiro Atrás (Kg)	1,362.07	1,345.06	1,328.36	1,311.99	1,295.94	1,280.21	1,264.78	1,249.67	1,234.86	1,220.35	1,206.14
10-S			Tiro Adelante (kg)	1,361.07	1,345.06	1,329.36	1,313.96	1,298.86	1,284.05	1,269.53	1,255.30	1,241.35	1,227.68	1,214.28
	231.44	-5.25	Flecha(m)	3.21	3.25	3.29	3.32	3.36	3.40	3.44	3.48	3.52	3.56	3.60
			Tiro Horizontal (Kg)	1,356.93	1,340.90	1,325.18	1,309.75	1,294.63	1,279.80	1,265.26	1,251.01	1,237.03	1,223.34	1,209.92
11-S			Tiro Atrás (Kg)	1,357.65	1,341.65	1,325.95	1,310.55	1,295.44	1,280.63	1,266.12	1,251.88	1,237.93	1,224.26	1,210.86
11-S			Tiro Adelante (kg)	1,365.47	1,348.25	1,331.37	1,314.81	1,298.57	1,282.65	1,267.05	1,251.77	1,236.79	1,222.11	1,207.74
	216.93	-2.53	Flecha(m)	2.81	2.84	2.88	2.92	2.95	2.99	3.03	3.06	3.10	3.14	3.17
			Tiro Horizontal (Kg)	1,362.73	1,345.49	1,328.58	1,312.00	1,295.74	1,279.80	1,264.18	1,248.87	1,233.87	1,219.17	1,204.78
12-S			Tiro Atrás (Kg)	1,363.82	1,346.61	1,329.72	1,313.16	1,296.92	1,281.01	1,265.41	1,250.12	1,235.14	1,220.47	1,206.10
12-S			Tiro Adelante (kg)	1,363.25	1,346.71	1,330.49	1,314.58	1,298.98	1,283.69	1,268.70	1,254.00	1,239.61	1,225.50	1,211.67
	224.96	-4.69	Flecha(m)	3.03	3.06	3.10	3.14	3.18	3.21	3.25	3.29	3.33	3.37	3.41
			Tiro Horizontal (Kg)	1,359.46	1,342.91	1,326.67	1,310.74	1,295.12	1,279.80	1,264.79	1,250.07	1,235.65	1,221.52	1,207.67
13-S			Tiro Atrás (Kg)	1,360.20	1,343.67	1,327.45	1,311.54	1,295.94	1,280.64	1,265.65	1,250.96	1,236.56	1,222.45	1,208.63
13-S			Tiro Adelante (kg)	1,364.77	1,347.82	1,331.19	1,314.88	1,298.89	1,283.21	1,267.85	1,252.79	1,238.04	1,223.58	1,209.42
	220	-3.78	Flecha(m)	2.89	2.93	2.96	3.00	3.04	3.07	3.11	3.15	3.19	3.22	3.26
			Tiro Horizontal (Kg)	1,361.47	1,344.49	1,327.84	1,311.51	1,295.50	1,279.80	1,264.41	1,249.33	1,234.56	1,220.08	1,205.89
14-S			Tiro Atrás (Kg)	1,362.32	1,345.37	1,328.74	1,312.43	1,296.44	1,280.76	1,265.39	1,250.34	1,235.58	1,221.13	1,206.97
14-S			Tiro Adelante (kg)	1,362.18	1,345.65	1,329.44	1,313.54	1,297.95	1,282.66	1,267.68	1,252.99	1,238.60	1,224.50	1,210.68
	225	-2.19	Flecha(m)	3.03	3.06	3.10	3.14	3.18	3.21	3.25	3.29	3.33	3.37	3.41
			Tiro Horizontal (Kg)	1,359.44	1,342.89	1,326.65	1,310.73	1,295.11	1,279.80	1,264.79	1,250.08	1,235.67	1,221.54	1,207.70
15-S			Tiro Atrás (Kg)	1,360.75	1,344.23	1,328.01	1,312.11	1,296.52	1,281.24	1,266.25	1,251.57	1,237.18	1,223.07	1,209.26
15-S			Tiro Adelante (kg)	1,362.03	1,345.50	1,329.29	1,313.39	1,297.80	1,282.51	1,267.53	1,252.84	1,238.45	1,224.35	1,210.53
	225	-1.79	Flecha(m)	3.03	3.06	3.10	3.14	3.18	3.21	3.25	3.29	3.33	3.37	3.41
			Tiro Horizontal (Kg)	1,359.43	1,342.88	1,326.65	1,310.72	1,295.11	1,279.80	1,264.79	1,250.08	1,235.67	1,221.54	1,207.70
16-S			Tiro Atrás (Kg)	1,360.86	1,344.34	1,328.12	1,312.22	1,296.63	1,281.35	1,266.37	1,251.68	1,237.29	1,223.19	1,209.37
16-S			Tiro Adelante (kg)	1,357.41	1,341.57	1,326.02	1,310.77	1,295.81	1,281.15	1,266.77	1,252.68	1,238.86	1,225.32	1,212.05
	233.33	3.11	Flecha(m)	3.26	3.30	3.34	3.38	3.42	3.46	3.50	3.54	3.58	3.62	3.66
			Tiro Horizontal (Kg)	1,356.18	1,340.31	1,324.74	1,309.47	1,294.49	1,279.80	1,265.40	1,251.28	1,237.44	1,223.87	1,210.58
17-AT			Tiro Atrás (Kg)	1,359.44	1,343.59	1,328.04	1,312.79	1,297.84	1,283.17	1,268.79	1,254.70	1,240.88	1,227.34	1,214.07
17-AT			Tiro Adelante (kg)	1,420.40	1,391.94	1,363.79	1,335.96	1,308.48	1,281.35	1,254.59	1,228.22	1,202.25	1,176.70	1,151.59
	105.3	-2.36	Flecha(m)	0.64	0.65	0.66	0.68	0.69	0.70	0.72	0.73	0.75	0.77	0.78
			Tiro Horizontal (Kg)	1,418.86	1,390.40	1,362.25	1,334.42	1,306.93	1,279.80	1,253.04	1,226.66	1,200.69	1,175.14	1,150.02
18-SH1			Tiro Atrás (Kg)	1,418.87	1,390.41	1,362.26	1,334.43	1,306.94	1,279.81	1,253.05	1,226.68	1,200.71	1,175.17	1,150.05
18-SH1			Tiro Adelante (kg)	1,416.29	1,388.33	1,360.70	1,333.40	1,306.46	1,279.88	1,253.69	1,227.90	1,202.52	1,177.57	1,153.06
	110.5	4.37	Flecha(m)	0.70	0.72	0.73	0.74	0.76	0.78	0.79	0.81	0.83	0.84	0.86
			Tiro Horizontal (Kg)	1,416.15	1,388.20	1,360.58	1,333.30	1,306.36	1,279.80	1,253.62	1,227.84	1,202.47	1,177.52	1,153.02
19-AT			Tiro Atrás (Kg)	1,419.13	1,391.17	1,363.54	1,336.24	1,309.30	1,282.73	1,256.54	1,230.74	1,205.36	1,180.41	1,155.90
19-AT			Tiro Adelante (kg)	1,370.63	1,352.20	1,334.12	1,316.39	1,299.00	1,281.95	1,265.25	1,248.89	1,232.86	1,217.16	1,201.79
	203.29	-1.3	Flecha(m)	2.45	2.49	2.52	2.56	2.59	2.62	2.66	2.69	2.73	2.76	2.80
			Tiro Horizontal (Kg)	1,368.59	1,350.14	1,332.03	1,314.28	1,296.87	1,279.80	1,263.07	1,246.69	1,230.64	1,214.92	1,199.52
20-S			Tiro Atrás (Kg)	1,369.79	1,351.36	1,333.28	1,315.54	1,298.15	1,281.11	1,264.41	1,248.04	1,232.01	1,216.32	1,200.95
20-S			Tiro Adelante (kg)	1,370.17	1,351.41	1,333.01	1,314.96	1,297.26	1,279.91	1,262.91	1,246.25	1,229.94	1,213.96	1,198.32

Nro - Estr	vano [m]	desnivel [m]	Temperatura (°C)	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
	200.04	7.53	Flecha(m)	2.38	2.41	2.44	2.48	2.51	2.54	2.58	2.61	2.65	2.68	2.72
			Tiro Horizontal (Kg)	1,370.10	1,351.34	1,332.93	1,314.87	1,297.16	1,279.80	1,262.79	1,246.12	1,229.79	1,213.81	1,198.15
21-S			Tiro Atrás (Kg)	1,375.06	1,356.31	1,337.90	1,319.85	1,302.15	1,284.80	1,267.80	1,251.15	1,234.83	1,218.85	1,203.21
21-S			Tiro Adelante (kg)	1,364.05	1,347.00	1,330.27	1,313.87	1,297.79	1,282.02	1,266.57	1,251.43	1,236.59	1,222.05	1,207.81
	218.8	-0.74	Flecha(m)	2.86	2.89	2.93	2.97	3.00	3.04	3.08	3.11	3.15	3.19	3.23
			Tiro Horizontal (Kg)	1,361.95	1,344.87	1,328.12	1,311.70	1,295.59	1,279.80	1,264.32	1,249.16	1,234.29	1,219.73	1,205.47
22-S			Tiro Atrás (Kg)	1,363.57	1,346.52	1,329.80	1,313.39	1,297.31	1,281.54	1,266.09	1,250.95	1,236.11	1,221.57	1,207.33
22-S			Tiro Adelante (kg)	1,364.95	1,347.88	1,331.15	1,314.73	1,298.63	1,282.86	1,267.39	1,252.24	1,237.39	1,222.84	1,208.59
	218.68	-2.97	Flecha(m)	2.85	2.89	2.93	2.96	3.00	3.04	3.07	3.11	3.15	3.19	3.22
			Tiro Horizontal (Kg)	1,362.00	1,344.92	1,328.16	1,311.72	1,295.60	1,279.80	1,264.31	1,249.13	1,234.26	1,219.69	1,205.42
23-S			Tiro Atrás (Kg)	1,363.02	1,345.96	1,329.22	1,312.80	1,296.71	1,280.93	1,265.46	1,250.31	1,235.46	1,220.91	1,206.66
23-S			Tiro Adelante (kg)	1,412.41	1,385.30	1,358.54	1,332.13	1,306.10	1,280.46	1,255.21	1,230.38	1,205.97	1,181.99	1,158.46
	119.24	7.44	Flecha(m)	0.82	0.84	0.85	0.87	0.89	0.90	0.92	0.94	0.96	0.98	1.00
			Tiro Horizontal (Kg)	1,411.55	1,384.48	1,357.76	1,331.40	1,305.41	1,279.80	1,254.59	1,229.79	1,205.42	1,181.48	1,157.98
24-S			Tiro Atrás (Kg)	1,417.24	1,390.13	1,363.37	1,336.97	1,310.94	1,285.29	1,260.05	1,235.21	1,210.80	1,186.83	1,163.30
24-S			Tiro Adelante (kg)	1,402.70	1,379.24	1,356.16	1,333.48	1,311.20	1,289.32	1,267.85	1,246.80	1,226.17	1,205.95	1,186.16
	154.24	-12.78	Flecha(m)	1.39	1.42	1.44	1.47	1.49	1.52	1.54	1.57	1.59	1.62	1.65
			Tiro Horizontal (Kg)	1,392.87	1,369.47	1,346.46	1,323.84	1,301.62	1,279.80	1,258.39	1,237.39	1,216.81	1,196.65	1,176.91
25-S			Tiro Atrás (Kg)	1,394.39	1,370.93	1,347.85	1,325.17	1,302.89	1,281.01	1,259.55	1,238.50	1,217.86	1,197.65	1,177.85
25-S			Tiro Adelante (kg)	1,420.25	1,395.15	1,370.43	1,346.10	1,322.17	1,298.64	1,275.54	1,252.85	1,230.60	1,208.79	1,187.41
	140.95	-19.17	Flecha(m)	1.16	1.18	1.21	1.23	1.25	1.27	1.30	1.32	1.34	1.37	1.39
			Tiro Horizontal (Kg)	1,400.37	1,375.48	1,350.97	1,326.85	1,303.12	1,279.80	1,256.89	1,234.40	1,212.33	1,190.70	1,169.51
26-AT			Tiro Atrás (Kg)	1,407.79	1,382.69	1,357.97	1,333.63	1,309.70	1,286.18	1,263.07	1,240.39	1,218.14	1,196.32	1,174.95
26-AT			Tiro Adelante (kg)	1,333.22	1,323.37	1,313.68	1,304.14	1,294.75	1,285.51	1,276.42	1,267.47	1,258.66	1,249.98	1,241.44
	330.47	-3.48	Flecha(m)	6.69	6.74	6.79	6.84	6.89	6.94	6.99	7.04	7.09	7.14	7.19
			Tiro Horizontal (Kg)	1,327.66	1,317.78	1,308.06	1,298.49	1,289.07	1,279.80	1,270.67	1,261.69	1,252.85	1,244.14	1,235.57
27-AT			Tiro Atrás (Kg)	1,330.95	1,321.11	1,311.41	1,301.88	1,292.49	1,283.25	1,274.16	1,265.21	1,256.39	1,247.72	1,239.18
27-AT			Tiro Adelante (kg)	1,358.89	1,342.88	1,327.18	1,311.77	1,296.67	1,281.85	1,267.33	1,253.10	1,239.14	1,225.47	1,212.07
	231.28	0.48	Flecha(m)	3.20	3.24	3.28	3.32	3.36	3.40	3.44	3.48	3.51	3.55	3.59
			Tiro Horizontal (Kg)	1,356.96	1,340.93	1,325.20	1,309.77	1,294.64	1,279.80	1,265.25	1,250.99	1,237.01	1,223.31	1,209.89
28-S			Tiro Atrás (Kg)	1,359.21	1,343.20	1,327.49	1,312.09	1,296.98	1,282.17	1,267.65	1,253.41	1,239.46	1,225.78	1,212.38
28-S			Tiro Adelante (kg)	1,361.07	1,344.88	1,329.00	1,313.42	1,298.15	1,283.17	1,268.49	1,254.10	1,239.99	1,226.17	1,212.63
	229.12	-3.3	Flecha(m)	3.14	3.18	3.22	3.26	3.30	3.33	3.37	3.41	3.45	3.49	3.53
			Tiro Horizontal (Kg)	1,357.81	1,341.60	1,325.70	1,310.10	1,294.80	1,279.80	1,265.09	1,250.68	1,236.55	1,222.71	1,209.14
29-S			Tiro Atrás (Kg)	1,358.92	1,342.73	1,326.85	1,311.28	1,296.00	1,281.03	1,266.35	1,251.96	1,237.85	1,224.03	1,210.48
29-S			Tiro Adelante (kg)	1,358.64	1,342.52	1,326.71	1,311.21	1,296.00	1,281.09	1,266.47	1,252.15	1,238.10	1,224.34	1,210.85
	230	3.1	Flecha(m)	3.17	3.21	3.24	3.28	3.32	3.36	3.40	3.44	3.48	3.52	3.56
			Tiro Horizontal (Kg)	1,357.47	1,341.33	1,325.49	1,309.96	1,294.73	1,279.80	1,265.16	1,250.81	1,236.74	1,222.95	1,209.44
30-AT			Tiro Atrás (Kg)	1,360.66	1,344.54	1,328.73	1,313.23	1,298.02	1,283.11	1,268.49	1,254.16	1,240.12	1,226.36	1,212.87
30-AT			Tiro Adelante (kg)	1,442.82	1,409.99	1,377.26	1,344.66	1,312.19	1,279.86	1,247.69	1,215.69	1,183.88	1,152.28	1,120.90
	52.36	1.2	Flecha(m)	0.15	0.16	0.16	0.17	0.17	0.17	0.18	0.18	0.19	0.19	0.20
			Tiro Horizontal (Kg)	1,442.73	1,409.90	1,377.18	1,344.59	1,312.12	1,279.80	1,247.64	1,215.64	1,183.84	1,152.24	1,120.86

Nro - Estr	vano [m]	desnivel [m]	Temperatura (°C)	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
31-AT 90			Tiro Atrás (Kg)	1,443.61	1,410.77	1,378.04	1,345.44	1,312.97	1,280.64	1,248.47	1,216.48	1,184.67	1,153.06	1,121.68
31-AT 90			Tiro Adelante (kg)	1,399.15	1,374.99	1,351.21	1,327.82	1,304.84	1,282.26	1,260.09	1,238.34	1,217.01	1,196.11	1,175.63
	146.49	-3.63	Flecha(m)	1.25	1.27	1.29	1.32	1.34	1.36	1.39	1.41	1.44	1.46	1.49
			Tiro Horizontal (Kg)	1,396.73	1,372.56	1,348.78	1,325.38	1,302.39	1,279.80	1,257.62	1,235.86	1,214.52	1,193.61	1,173.13
32-S			Tiro Atrás (Kg)	1,396.79	1,372.63	1,348.85	1,325.47	1,302.48	1,279.90	1,257.73	1,235.98	1,214.65	1,193.75	1,173.28
32-S			Tiro Adelante (kg)	1,415.08	1,387.49	1,360.23	1,333.32	1,306.78	1,280.60	1,254.82	1,229.44	1,204.47	1,179.94	1,155.85
	113.83	-0.74	Flecha(m)	0.74	0.76	0.77	0.79	0.81	0.82	0.84	0.86	0.87	0.89	0.91
			Tiro Horizontal (Kg)	1,414.33	1,386.73	1,359.46	1,332.54	1,305.98	1,279.80	1,254.01	1,228.61	1,203.64	1,179.10	1,155.00
33-SH1			Tiro Atrás (Kg)	1,414.60	1,387.01	1,359.75	1,332.84	1,306.30	1,280.12	1,254.34	1,228.96	1,203.99	1,179.46	1,155.37
33-SH1			Tiro Adelante (kg)	1,423.34	1,394.10	1,365.16	1,336.51	1,308.18	1,280.18	1,252.53	1,225.25	1,198.35	1,171.86	1,145.79
	97.3	0.03	Flecha(m)	0.54	0.55	0.56	0.58	0.59	0.60	0.61	0.63	0.64	0.66	0.67
			Tiro Horizontal (Kg)	1,422.99	1,393.76	1,364.80	1,336.15	1,307.81	1,279.80	1,252.14	1,224.85	1,197.95	1,171.44	1,145.36
34-SH1			Tiro Atrás (Kg)	1,423.36	1,394.13	1,365.18	1,336.53	1,308.20	1,280.20	1,252.55	1,225.27	1,198.37	1,171.88	1,145.81
34-SH1			Tiro Adelante (kg)	1,365.21	1,347.94	1,330.99	1,314.38	1,298.09	1,282.12	1,266.47	1,251.13	1,236.10	1,221.38	1,206.97
	216.25	-1.14	Flecha(m)	2.79	2.82	2.86	2.90	2.93	2.97	3.01	3.04	3.08	3.12	3.16
			Tiro Horizontal (Kg)	1,363.00	1,345.71	1,328.75	1,312.11	1,295.79	1,279.80	1,264.12	1,248.76	1,233.71	1,218.97	1,204.53
35-S			Tiro Atrás (Kg)	1,364.46	1,347.19	1,330.25	1,313.64	1,297.35	1,281.38	1,265.72	1,250.39	1,235.36	1,220.64	1,206.22
35-S			Tiro Adelante (kg)	1,364.39	1,347.26	1,330.46	1,313.98	1,297.83	1,281.99	1,266.47	1,251.26	1,236.35	1,221.75	1,207.45
	217.9	-0.69	Flecha(m)	2.83	2.87	2.90	2.94	2.98	3.02	3.05	3.09	3.13	3.16	3.20
			Tiro Horizontal (Kg)	1,362.32	1,345.17	1,328.34	1,311.84	1,295.66	1,279.80	1,264.25	1,249.02	1,234.09	1,219.46	1,205.14
36-S			Tiro Atrás (Kg)	1,363.94	1,346.82	1,330.01	1,313.54	1,297.38	1,281.54	1,266.02	1,250.81	1,235.90	1,221.30	1,207.00
36-S			Tiro Adelante (kg)	1,387.84	1,365.77	1,344.09	1,322.80	1,301.90	1,281.40	1,261.30	1,241.59	1,222.28	1,203.38	1,184.87
	166.31	-1.29	Flecha(m)	1.62	1.65	1.67	1.70	1.73	1.76	1.78	1.81	1.84	1.87	1.90
			Tiro Horizontal (Kg)	1,386.32	1,364.24	1,342.54	1,321.24	1,300.32	1,279.80	1,259.68	1,239.95	1,220.63	1,201.70	1,183.18
37-SH1			Tiro Atrás (Kg)	1,387.00	1,364.93	1,343.25	1,321.96	1,301.06	1,280.56	1,260.45	1,240.75	1,221.44	1,202.54	1,184.03
37-SH1			Tiro Adelante (kg)	1,418.00	1,389.78	1,361.88	1,334.30	1,307.08	1,280.21	1,253.72	1,227.62	1,201.94	1,176.67	1,151.84
	107.6	0.22	Flecha(m)	0.66	0.68	0.69	0.71	0.72	0.74	0.75	0.77	0.78	0.80	0.82
			Tiro Horizontal (Kg)	1,417.64	1,389.41	1,361.50	1,333.91	1,306.68	1,279.80	1,253.30	1,227.19	1,201.50	1,176.22	1,151.38
38-S			Tiro Atrás (Kg)	1,418.14	1,389.92	1,362.02	1,334.44	1,307.22	1,280.35	1,253.86	1,227.77	1,202.08	1,176.81	1,151.98
38-S			Tiro Adelante (kg)	1,401.80	1,376.66	1,351.89	1,327.50	1,303.51	1,279.92	1,256.75	1,234.00	1,211.67	1,189.78	1,168.33
	137.2	2.88	Flecha(m)	1.09	1.11	1.13	1.15	1.17	1.20	1.22	1.24	1.26	1.29	1.31
			Tiro Horizontal (Kg)	1,401.72	1,376.57	1,351.79	1,327.39	1,303.40	1,279.80	1,256.62	1,233.85	1,211.52	1,189.62	1,168.15
39-AT			Tiro Atrás (Kg)	1,403.67	1,378.53	1,353.76	1,329.37	1,305.38	1,281.79	1,258.62	1,235.87	1,213.54	1,191.65	1,170.20
39-AT			Tiro Adelante (kg)	1,403.58	1,378.22	1,353.24	1,328.64	1,304.44	1,280.63	1,257.24	1,234.27	1,211.73	1,189.62	1,167.95
	135.15	-0.24	Flecha(m)	1.06	1.08	1.10	1.12	1.14	1.16	1.18	1.20	1.23	1.25	1.27
			Tiro Horizontal (Kg)	1,402.81	1,377.44	1,352.45	1,327.84	1,303.62	1,279.80	1,256.39	1,233.41	1,210.85	1,188.73	1,167.05
40-AT 90 - 1			Tiro Atrás (Kg)	1,403.42	1,378.07	1,353.09	1,328.49	1,304.28	1,280.48	1,257.09	1,234.12	1,211.57	1,189.47	1,167.80

ANEXO C CÁLCULOS MECÁNICOS DE ESTRUCTURAS

1. ESTRUCTURA TIPO S

1.1. DATOS

CARACTERISTICAS DEL POSTE			
- Tipo de madera	Southern Pine ó Douglas Fire		
- Grupo	1		2
- Clase	D		D
- Longitud	21.34		21.34
- Circunf. mín. en la cabeza	64		60
- Circunf. mín. en la línea de tierra	132		124
- Carga de rotura en la punta	2041.164		1678.2904
- Esfuerzo máximo a la flexión	562.456		562.456
- Peso del poste	1755		1542
CARACTERISTICAS DEL CONDUCTOR			
- Código	Cairo		
- Material	AAAC		
- Calibre	465.4 MCM		
- Sección nominal	236 mm ²		
- Diámetro total	19.88 mm		
- Peso unitario	0.65 Kg/m		
- Carga de rotura	7110 Kg		
- Módulo de elasticidad	6350 Kg/mm ²		
- Coeficiente de dilatación lineal	0.000023 1/°C		
CONSIDERACIONES			
- Velocidad del viento	81.65		
- Presión del viento	Pv =	28.0002345	
- Peso de aislador	Pa =	51.6	
- Area del aislador	Aa =	1.2802	
CONDICIONES DE CALCULO			
Vano Viento	250	Tipo de Estructura	S
Vano Gravante	350	Angulo Topografico	5°
Tiro (2da Hipótesis)	1757.41		
Tiro (3era Hipótesis)	1532.1		
Factor de seguridad (cond. Norm.)	3		
Factor de seguridad (cond. Falla)	2		

DIMENSIONES DIAGRAMA ISOMETRICO								
GRUPO	CLASE	H (m)	Hd (m)	HL (m)	Hc (m)	Hb (m)	Ha(m)	He (m)
D	1	21.34	2.734	18.606	18.106	16.606	15.106	0.5
D	2	21.34	2.734	18.606	18.106	16.606	15.106	0.5

CALCULO DE LA FUERZA DEL VIENTO SOBRE LOS POSTE Y SU UBICACIÓN CON RESPECTO AL SUELO			
Presión del viento máximo			
Para clase 2	Fv =	152.56 kg	
Para clase 2	Z=	8.22 m	

1.2. CARGAS

CONDUCTOR	: CAIRO AAAC		
VANO VIENTO	: 250 m	TIPO DE SOPORTE	S
VANO GRAVANTE	: 350 m	ANG. TOPOG. (a)	5
TIRO (2da Hipot.)	: 1757.41 kg		
TIRO (3era Hipot.)	: 1532.1 kg		

HIPOTESIS		: CONDICIONES NORMALES	
- Debido al angulo topográfico		153.3143	Kg
- Debido al viento sobre el conductor		139.16117	Kg
- Debido al viento sobre los aisladores		35.8459	Kg
TOTAL		T =	328.32136 Kg
- Debido al peso del conductor		227.5	Kg
- Debido al peso de los aisladores		154.8	Kg
- Debido al peso de los amortiguadores		10	Kg
TOTAL		V =	392.3 Kg
- Debido a rotura del conductor		0	Kg
- Debido a diferencia de vanos		0	Kg
TOTAL		L =	0 Kg

HIPOTESIS		: CONDICIONES DE FALLA	
- Debido al ang. Topograf. (Cond. normales)		T =	133.66 Kg
- Debido al ang. Topograf. (Cond. De falla)			66.83 Kg
- Debido al viento sobre la cadena			668.50 Kg
TOTAL		Tr =	868.99 Kg
- Debido al peso del conductor (Cond. Norm.)			227.50 Kg
- Debido al peso de los aisladores (Cond. Norm.)			164.80 Kg
TOTAL		T =	392.30 Kg
- Debido al peso del conductor (Cond. Falla)			113.75 Kg
- Debido al peso de los aisladores (Cond. Falla)			164.80 Kg
TOTAL		Vr =	278.55 Kg
- Debido a rotura de conductor	Esfuerzo al Cantilever		730 Kg
TOTAL		Lr =	730 Kg

1.3. CÁLCULO MECÁNICO

TIPO DE SOPORTE : S

CONDICIONES NORMALES		CONDICIONES DE FALLA	
F.S.	3	F.S.	2
CÁLCULO DE LOS MOMENTOS RESPECTO AL EMPOTRAMIENTO			
Clase 2	Mo = 8976.89 Kg/m	Clase 2	Mo = 13276.83 Kg/m
HIPOTESIS : SE PLANTEA UTILIZAR POSTE DE MADERA DE 21.3 m, CLASE 2 - GRUPO D			
CÁLCULO DE LA FUERZA EN LA PUNTA			
Clase 2	Fp = 1447.11 Kg	Clase 2	Fp = 1426.85 Kg

CONCLUSIONES :

Nota: SE UTILIZARA UN POSTE DE 21.3 M CLASE 2 GRUPO D

2. ESTRUCTURA TIPO SH1

2.1. DATOS

CARACTERISTICAS DEL POSTE			
- Tipo de madera	Southern Pine ó Douglas Fire		
- Grupo	1		2
- Clase	D		D
- Longitud	21.34		21.34
- Circunf. mín. en la cabeza	64		60
- Circunf. mín. en la línea de tierra	132		124
- Carga de rotura en la punta	2041.164		1678.2904
- Esfuerzo máximo a la flexión	562.456		562.456
- Peso del poste	1755		1542
CARACTERISTICAS DEL CONDUCTOR			
- Código	Cairo		
- Material	AAAC		
- Calibre	465.4 MCM		
- Sección nominal	236 mm ²		
- Diámetro total	19.88 mm		
- Peso unitario	0.65 Kg/m		
- Carga de rotura	7110 Kg		
- Módulo de elasticidad	6350 Kg/mm ²		
- Coeficiente de dilatación lineal	0.000023 1/°C		
CONSIDERACIONES			
- Velocidad del viento		81.65	
- Presión del viento	Pv =	28.0002345	
- Peso de cad. de aisl.	Pcad. =	51.6	
- Area del aislador	Aa =	1.2802	
CONDICIONES DE CALCULO			
Vano Viento	150	Tipo de Estructura	SH1
Vano Gravante	300	Angulo Topografico	25
Tiro (2da Hipótesis)	1791.47		
Tiro (3era Hipótesis)	1680.46		
Factor de seguridad (cond. Norm.)	3		
Factor de seguridad (cond. Falla)	2		

DIMENSIONES DIAGRAMA ISOMETRICO								
GRUPO	CLASE	H (m)	Hd (m)	HL (m)	Hc (m)	Hb (m)	Ha(m)	He (m)
D	1	21.34	2.734	18.606	18.106	16.606	15.106	0.5
D	2	21.34	2.734	18.606	18.106	16.606	15.106	0.5

CALCULO DE LA FUERZA DEL VIENTO SOBRE LOS POSTE Y SU UBICACIÓN CON RESPECTO AL SUELO			
Presión del viento máximo			
	Para clase 1	Fv =	162.51
	Para clase 2	Fv =	152.56
	Para clase 1	Z=	8.23
	Para clase 2	Z=	8.22

2.2. CARGAS

CONDUCTOR	: CAIRO AAAC	TIPO DE SOPORTE	SH1
VANO VIENTO	: 150 m	ANG. TOPOG. (a)	25
VANO GRAVANTE	: 300 m		
TIRO (2da Hipot.)	: 1791.47 kg		
TIRO (3era Hipot.)	: 1680.46 kg		

HIPOTESIS		: CONDICIONES NORMALES	
- Debido al angulo topográfico			775.49 Kg
- Debido al viento sobre el conductor			83.50 Kg
- Debido al viento sobre el aislador			11.28 Kg
TOTAL		T =	870.27 Kg
- Debido al peso del conductor			195.00 Kg
- Debido al peso del Aislador			61.60 Kg
- Debido al peso de las pesas			0.00 Kg
TOTAL		V =	256.60 Kg
- Debido a rotura del conductor			0 Kg
- Debido a diferencia de vanos			0 Kg
TOTAL		L =	0 Kg

HIPOTESIS		: CONDICIONES DE FALLA	
- Debido al ang. Topograf. (Cond. normales)		T =	727.44 Kg
- Debido al ang. Topograf. (Cond. De falla)			363.72 Kg
- Debido al viento sobre la cadena			0.00 Kg
TOTAL		Tr =	363.72 Kg
- Debido al peso del conductor (Cond. Norm.)			195.00 Kg
- Debido al peso del aislador (Cond. Norm.)			164.80 Kg
TOTAL		T =	359.80 Kg
- Debido al peso del conductor (Cond. Falla)			97.50 Kg
- Debido al peso del aislador (Cond. Falla)			164.80 Kg
TOTAL		Vr =	262.30 Kg
- Debido a rotura de conductor	Esfuerzo al Cantilever		730 Kg
TOTAL		Lr =	730 Kg

2.3. CÁLCULO MECÁNICO

TIPO DE SOPORTE : SH1

CONDICIONES NORMALES			CONDICIONES DE FALLA		
F.S.	3		F.S.	2	
CÁLCULO DE LOS MOMENTOS RESPECTO AL EMPOTRAMIENTO					
Clase 1	Mo =	35624.89 Kg/m	Clase 1	Mo =	32474.18 Kg/m
Clase 2	Mo =	33955.26 Kg/m	Clase 2	Mo =	33617.30 Kg/m
HIPOTESIS : SE PLANTEA UTILIZAR POSTE DE MADERA DE 21.3 m, CLASE 2 - GRUPO D					
CÁLCULO DE LA FUERZA EN LA PUNTA - CLASE 2					
Clase 1	P =	5208.32 Kg	Clase 1	P =	4747.69 Kg
	Q =	2604.16 Kg		Q =	2373.85 Kg
Clase 2	P =	4964.22 Kg	Clase 2	P =	1744.99 Kg
	Q =	2482.11 Kg		Q =	872.50 Kg

Donde :

P = Fuerza resultante exterior sobre cada poste

Q = Fuerza resultante exterior, actúa sobre la estruct.en el nivel de la cruceta

CONCLUSIONES : SE UTILIZARA UN POSTE DE 21.3 M CLASE 2 GRUPO D

3. ESTRUCTURA TIPO AT

3.1. DATOS

CARACTERISTICAS DEL POSTE			
- Tipo de madera	Southern Pine ó Douglas Fire		
- Grupo	1		2
- Clase	D		D
- Longitud	21.34		21.34
- Circunf. mín. en la cabeza	64		60
- Circunf. mín. en la línea de tierra	132		124
- Carga de rotura en la punta	2041.164		1678.2904
- Esfuerzo máximo a la flexión	562.456		562.456
- Peso del poste	1755		1542
CARACTERISTICAS DEL CONDUCTOR			
- Código	Cairo		
- Material	AAAC		
- Calibre	465.4 MCM		
- Sección nominal	236 mm ²		
- Diámetro total	19.88 mm		
- Peso unitario	0.65 Kg/m		
- Carga de rotura	7110 Kg		
- Módulo de elasticidad	6350 Kg/mm ²		
- Coeficiente de dilatación lineal	0.000023 1/°C		
CONSIDERACIONES			
- Velocidad del viento	81.65		
- Presión del viento	Pv =	28.0002345	Viento Max. a 45° del eje
- Peso de aislador	Pa =	51.6	de Línea Pv = 19.79915569
- Area del aislador	Aa =	1.2802	
CONDICIONES DE CALCULO			
Vano Viento	350		Tipo de Estructura
Vano Gravante	700		AT
Tiro (2da Hipótesis)	1736.74		Ang. Topograf.
Tiro (3era Hipótesis)	1437.6		10
Factor de seguridad (cond. Norm.)	3		
Factor de seguridad (cond. Falla)	2		

DIMENSIONES DIAGRAMA ISOMETRICO								
GRUPO	CLASE	H (m)	HL (m)	HL (m)	Hc (m)	Hb (m)	Ha(m)	He (m)
D	1	21.34	2.73	18.61	17.91	0	0	0.7
D	2	21.34	2.73	18.61	18.11	15.606	13.106	0.5

CALCULO DE LA FUERZA DEL VIENTO SOBRE LOS POSTE Y SU UBICACIÓN CON RESPECTO AL SUELO			
Presión del viento máximo			
	Para clase 1	Fv =	162.51 kg
	Para clase 2	Fv =	152.56 kg
	Para clase 1	Z=	8.23 m
	Para clase 2	Z=	8.22 m

3.2. CARGAS

CONDUCTOR	: CAIRO AAAC	TIPO DE SOPORTE	AT
VANO VIENTO	: 350 m	ANG. TOPOG. (a)	10
VANO GRAVANTE	: 700 m		
TIRO (2da Hipot.)	: 1736.74 kg		
TIRO (3era Hipot.)	: 1437.6 kg		

HIPOTESIS : MAXIMO VIENTO Y MINIMA TEMPERATURA	
Ctransversales	
- Debido al ángulo topográfico	302.73 Kg
- Debido al viento sobre el conductor	194.08 Kg
- Debido al viento sobre el aislador	35.85 Kg
TOTAL	T = 532.66 Kg
Cverticales	
- Debido al peso del conductor	455.00 Kg
- Debido al peso eventual de un hombre + herramientas	100.00 Kg
- Debido al peso de la estructura	1755.00 Kg
- Debido al peso del aislador	103.20 Kg
- Debido al peso de los amortiguadores	9.00 Kg
TOTAL	V = 567.20 Kg
- Debido a rotura del conductor	- Kg
- Debido a diferencia de vanos	- Kg
TOTAL	L = - Kg
HIPOTESIS : MINIMA TEMPERATURA SIN VIENTO	
- Debido al ang. Topográfico	125.30 Kg
- Debido al viento sobre el conductor	97.04 Kg
- Debido al viento sobre el aislador	35.85 Kg
TOTAL (Cond. Falla)	Tr = 258.18 Kg
- Debido al peso del conductor	227.50 Kg
- Debido al peso del aislador	103.20 Kg
- Debido al peso de los amortiguadores	9.00 Kg
TOTAL (Cond. Falla)	Vr = 339.70 Kg
- Debido a rotura de conductor	Kg
- Debido al ezfuerzo máx. de cantilever	730 Kg
TOTAL (Cond. Falla)	Lr = 730 Kg

3.3. CÁLCULO MECANICO

TIPO DE SOPORTE : AT

CONDICIONES NORMALES		CONDICIONES DE FALLA	
F.S.	3	F.S.	2
CALCULO DE LOS MOMENTOS RESPECTO AL EMPOTRAMIENTO			
Clase 1	Mo = 10798.44 Kg/m	Clase 1	Mo = 25845.02 Kg/m
IPOTESIS : SE PLANTEA UTILIZAR POSTE DE MADERA DE 21.3 m, CLASE 1 - GRUPO			
CALCULO DE LA FUERZA EN LA PUNTA			
Clase 1	Fp = 1808.78 Kg	Clase 1	Fp = 2886.09 Kg

CONCLUSIONES :

Nota: SE ADICIONARA OBLIGATORIALMENTE UNA RETENIDA

ANEXO D
REGISTRO FOTOGRÁFICO

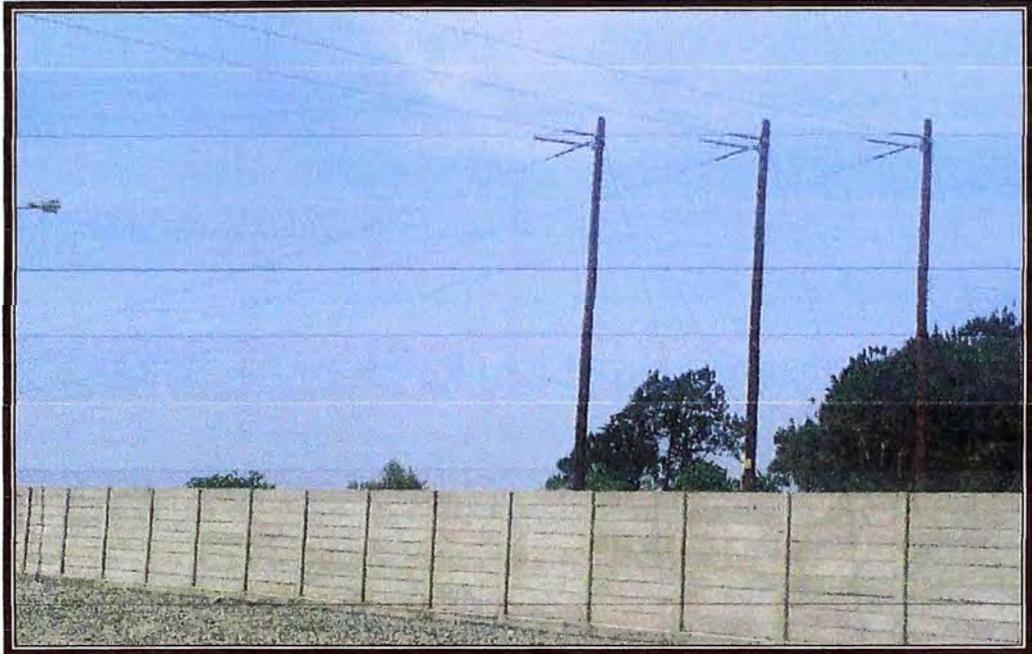


Foto N° 01. Estructura N° 01 Tipo AT 90-1

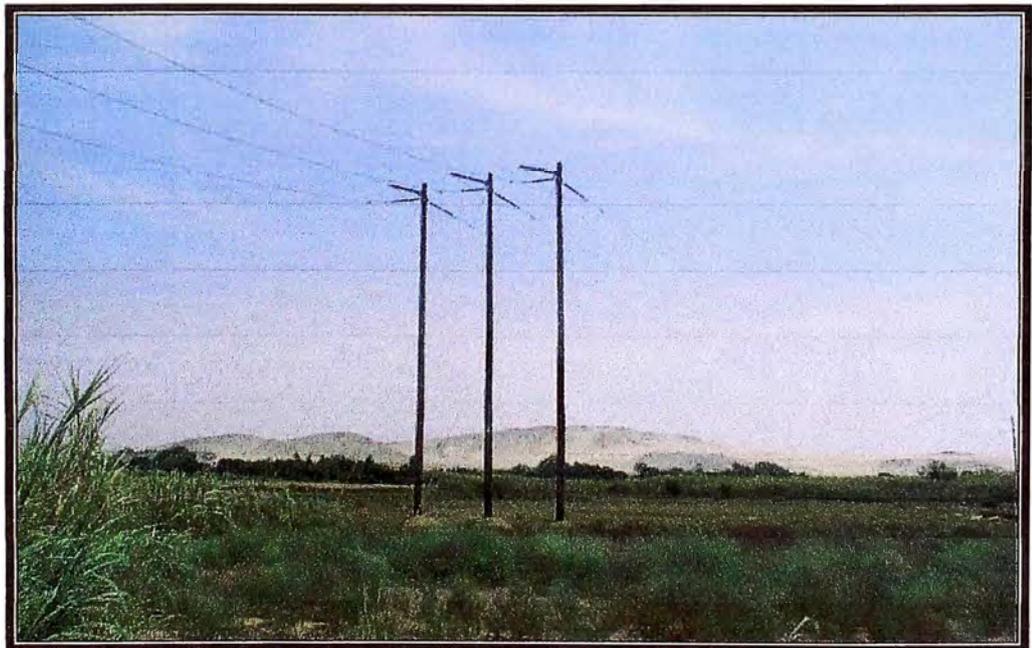


Foto N° 02. Estructura N° 30 Tipo AT

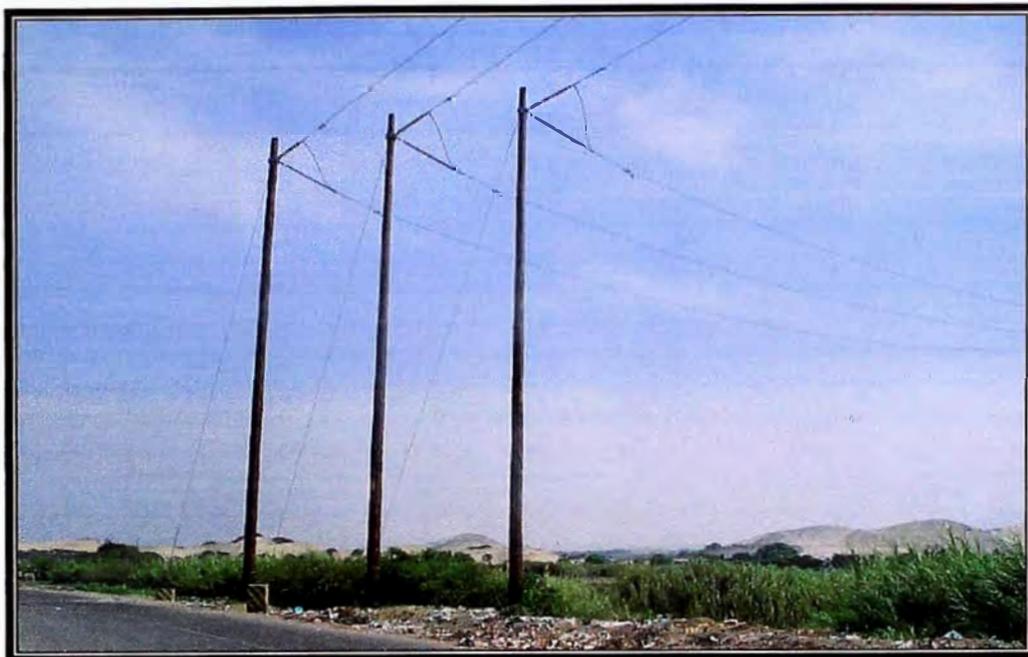


Foto N° 03. Estructura N° 31 Tipo AT 90

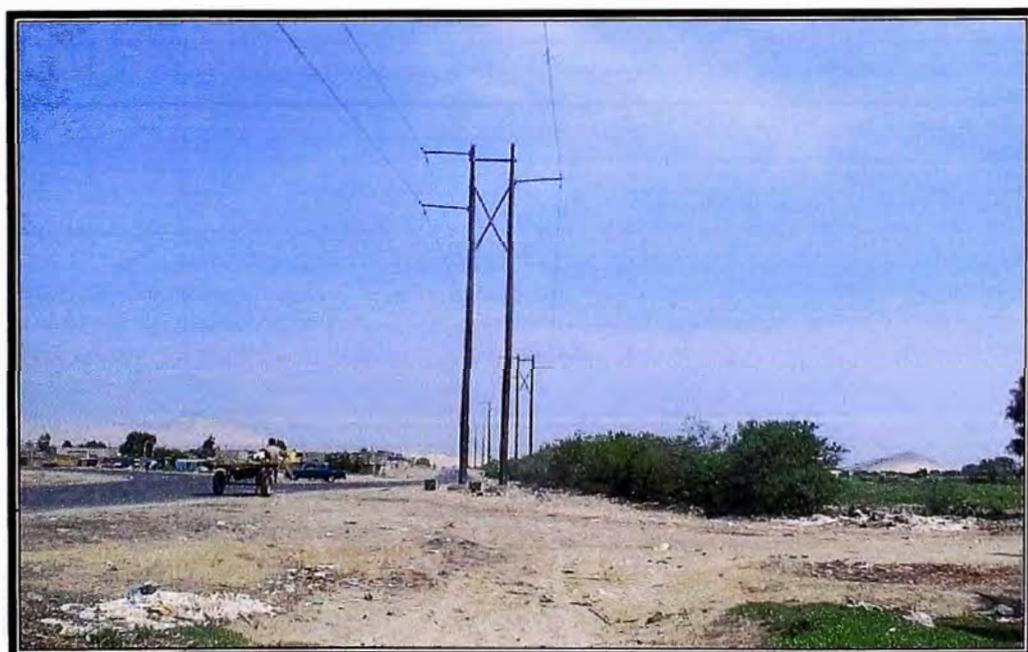


Foto N° 04. Estructura N° 34 Tipo SH1



Foto N° 05. Estructura N° 35 Tipo S

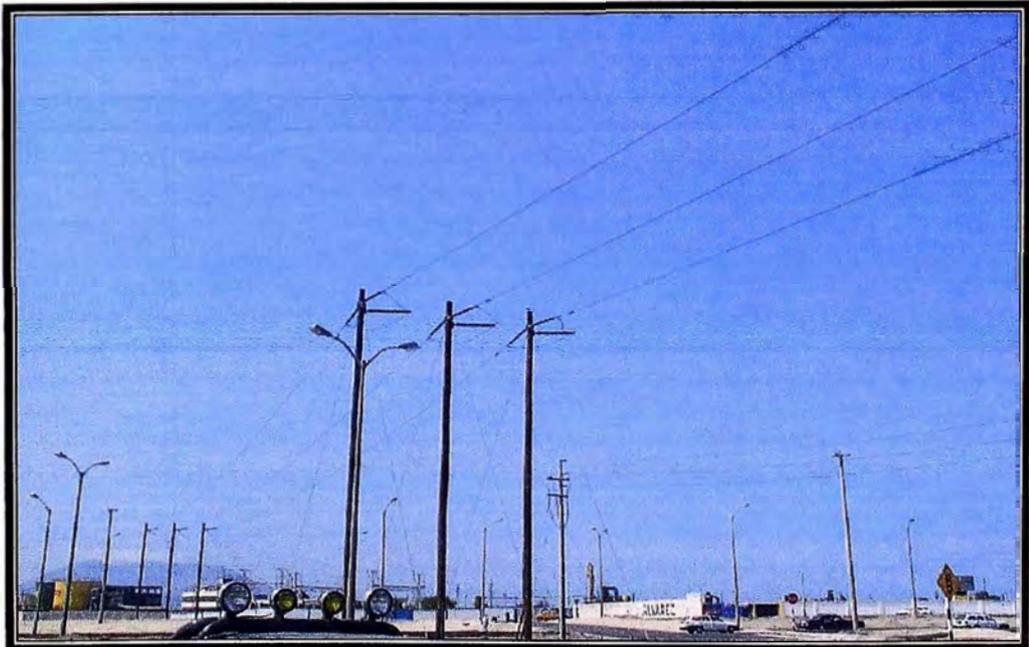


Foto N° 06. Estructura N° 39 Tipo AT



Foto N° 07. Estructura N° 40 Tipo AT 90-1

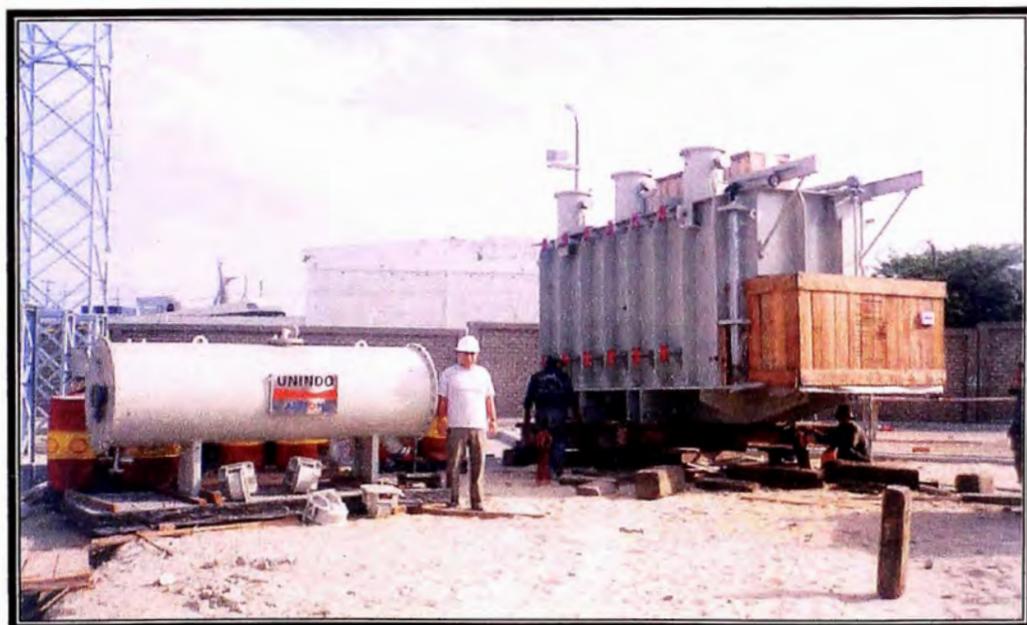
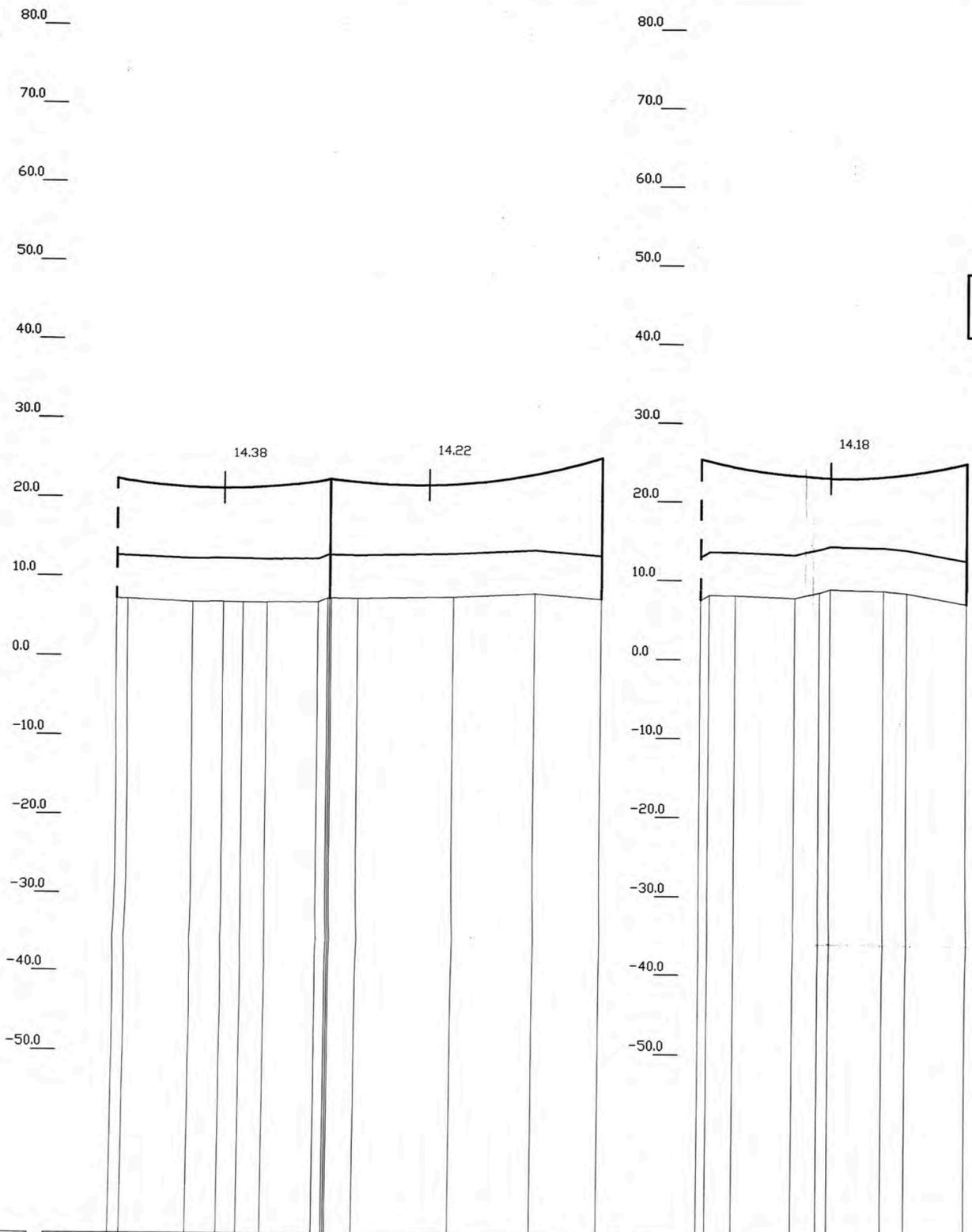


Foto N° 08. Transformador de Potencia – S.E. Trapecio

ANEXO E

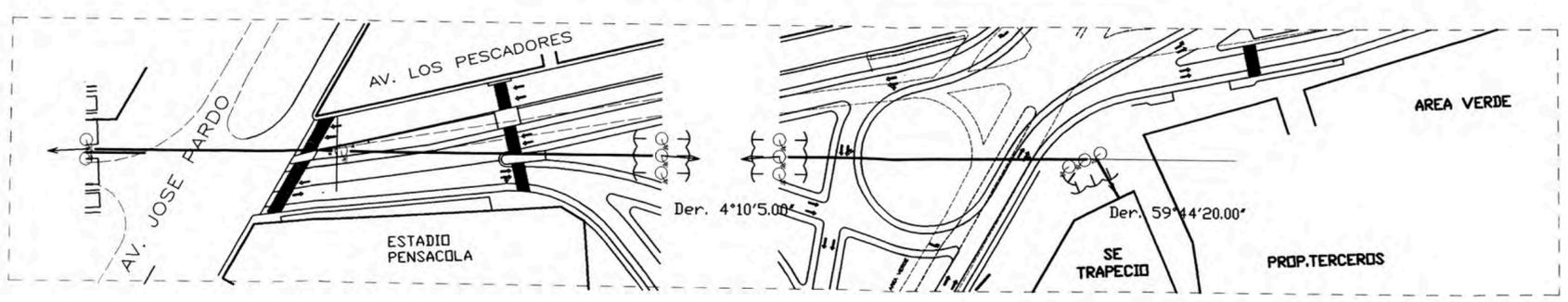
PLANOS

NUMERO	37	38	39	39	40
TIPO	SH1	S	AT	AT	AT 90 -- 1
VANO REAL		107.6	137.2	135.1	
PROGRESIVA	6572.3	6679.9	6817.1	6817.1	6952.3
VANO VIENTO	137.0	122.5	136.3	136.3	67.6
VANO PESO	125.5	100.1	162.8	162.8	65.8
PARAMETRO CATENARIA		1176.8	1176.8	1047.5	




 Nro Tramo : 5
 Vano Equiv. : 0.00
 PARAM. CATENARIA
 CONDUCTOR : 0.00

ESTACION	E37	E38				E39	E39	E40					
DISTANCIA		107.6				137.2		135.1					
DISTANCIA ACUMULADA	6572.31 6577.91	6610.57	6626.10	6635.84	6647.85	6673.75 6678.84 6680.75 6694.50	6742.70	6783.70	6817.11	6817.11 6821.48 6834.69	6864.76 6877.67 6883.18	6910.29 6922.21	6952.28
TIPO DE TERRENO													
COTA DE TERRENO	7.12	6.75	6.82	6.80	6.78	6.99 7.43 7.33	7.58	8.10	7.88	7.52 8.11 8.08	7.72 8.51 8.94	8.84 8.58	7.28
COTA DE ESTRUCTURAS													



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
 FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

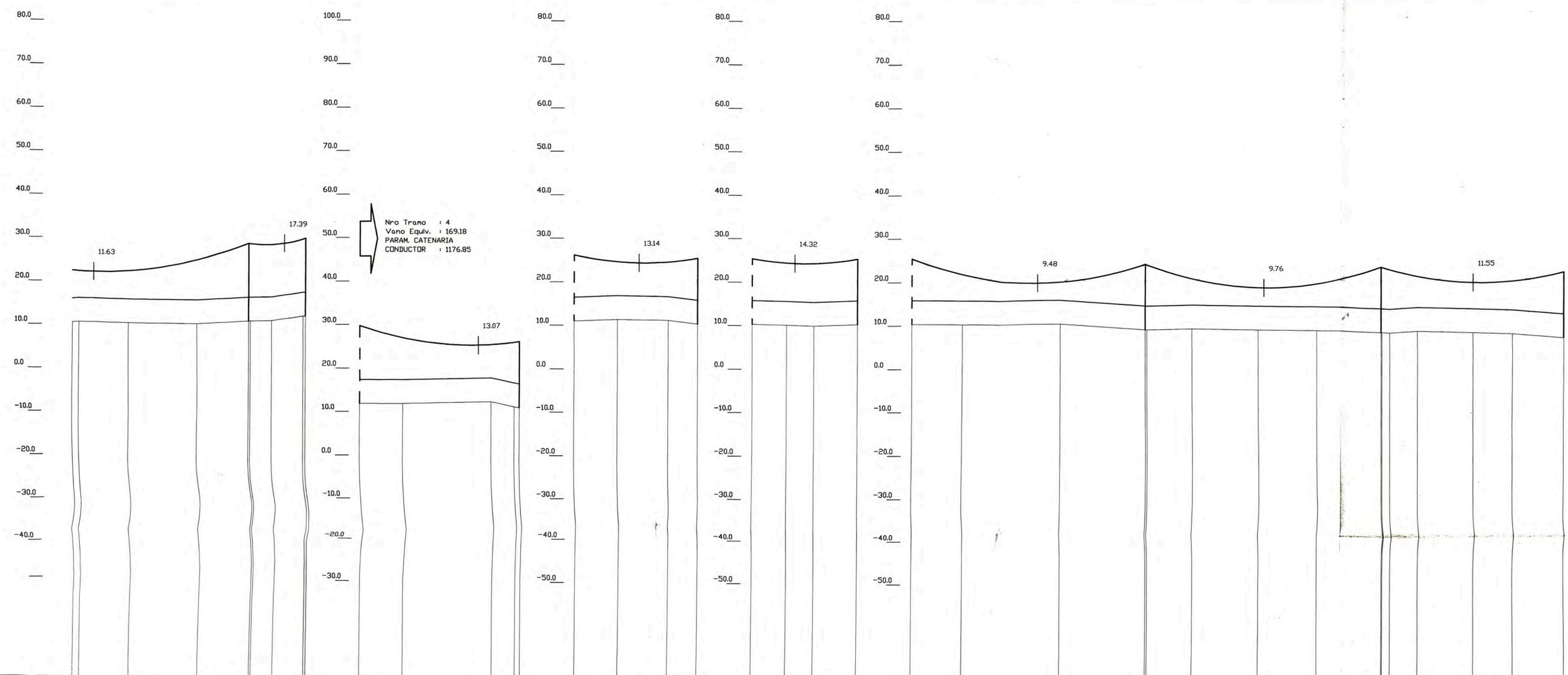
INGENIERÍA DE LA LÍNEA DE TRANSMISIÓN EN 138 KV
 S.E. CHIMBOTE SUR - S.E. TRAPECIO

PLANO: **PLANO DE PLANTA PERFIL**

PRESENTADO POR: **JHON GROVEER CHACON ALCANTARA**

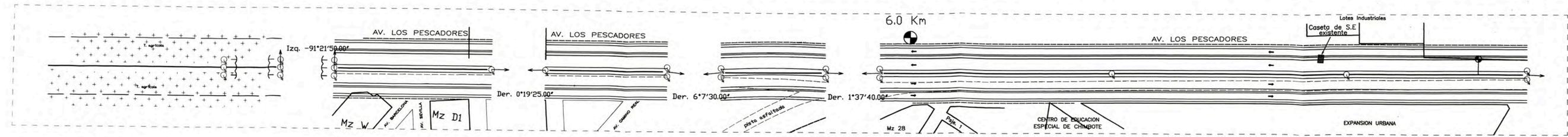
ESCALA: H=2000 V=500 FECHA: FEBRERO - 2007 LÁMINA: **PP-06/06**

NUMERO	30	31	31	32	32	33	33	34	34	35	36	37
TIPO	AT	AT 90	AT 90	S	S	SHI	SHI	SHI	SHI	S	S	SHI
VANO REAL	230.0	52.4		146.5		113.8		97.3		216.3	217.9	166.3
PROGRESIVA	5561.9	5614.2	5614.2	5760.7	5760.7	5874.5	5874.5	5971.9	5971.9	6188.1	6188.1	6572.3
VANO VIENTO	141.3	99.5	130.3	105.6	105.6	105.6	105.6	156.9	156.9	217.4	217.4	192.3
VANO PESO	149.5	138.8	138.8	108.7	108.7	97.6	97.6	163.6	163.6	214.9	214.9	197.8
PARAMETRO CATENARIA	1355.9	441.6		1176.8		1176.8		1176.8		1176.8	1176.8	1176.8



Nro Tramo : 4
 Vano Equiv. : 169.18
 PARAM. CATENARIA
 CONDUCTOR : 1176.85

ESTACION		E30	E31	E31	E32	E32	E33	E33	E34	E34	E35	E36	E37																			
DISTANCIA		230.0	52.4		146.5		113.8		97.3		216.3	217.9	166.3																			
DISTANCIA ACUMULADA	5400.00 5460.04	5451.52	5514.38	5561.87 5563.42	5583.18	5612.02 5614.23	5614.23	5653.85	5735.06	5756.09 5760.72	5760.72	5800.53	5847.39	5874.55	5906.41	5931.70	5971.85	5971.85	6081.6	6109.65	6188.10 6189.65	6231.04	6292.08	6345.86	6406.00 6406.84 6414.04	6439.29	6490.23	6526.02	6572.31			
TIPO DE TERRENO																																
COTA DE TERRENO	10.10 10.51	10.20	10.00	10.68 10.70	10.78	11.88 11.88	11.88	11.89	12.34	11.04	11.34	11.14	10.28	10.28	10.20	10.01	10.34	10.34	10.26	10.46	9.17 9.17	9.42	9.17	9.02	8.51 8.50 8.40	8.81	8.47	8.16	7.28			
COTA DE ESTRUCTURAS																																



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
 FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA

INGENIERIA DE LA LINEA DE TRANSMISION EN 138 KV
 S.E CHIMBOTE SUR - S.E. TRAPECIO

PLANO:
PLANO DE PLANTA PERFIL

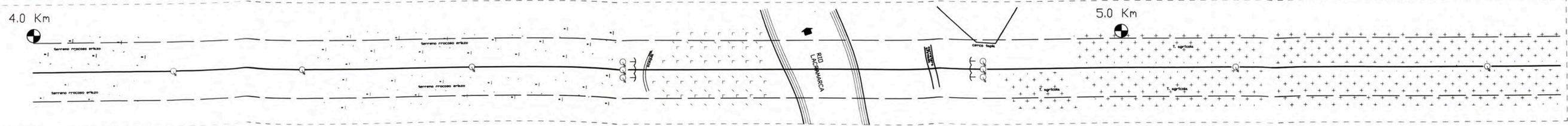
PRESENTADO POR:
JHON GROVEER CHACON ALCANTARA

ESCALA: H=2000 V=500 FORMATO: A1 FECHA: FEBRERO - 2007 LAMINA: **PP-05/06**

NUMERO	23	24	25	26	27	28	29
TIPO	S	S	S	AT	AT	S	S
VANO REAL	218.7	119.5	154.8	142.2	330.5	231.3	229.1
PROGRESIVA	4126.6	4245.8	4400.1	4541.0	4871.5	5102.8	5331.9
VANO VIENTO	169.2	137.8	148.6	137.2	281.3	230.5	229.9
VANO PESO	74.5	318.4	214.9	83.4	262.1	252.9	191.9
PARAMETRO CATENARIA	1245.9	1245.9	1245.9	1245.9	1551.6	1355.9	1355.9



ESTACION	E23		E24		E25		E26		E27		E28		E29																																	
DISTANCIA	218.7		119.2		154.2		140.9		330.5		231.3		229.1																																	
DISTANCIA ACUMULADA	4000.00	4016.12	4077.14	4126.89	4188.12	4165.41	4197.78	4245.82	4277.96	4302.08	4353.53	4400.05	4401.60	4455.53	4500.10	4541.01	4542.55	4553.73	4659.13	4729.42	4826.51	4861.59	4871.48	4873.02	4929.10	4981.30	5037.74	5050.81	5057.81	5069.04	5069.04	5089.09	5102.92	5104.30	5147.58	5157.94	5197.52	5245.56	5331.88	5333.42	5351.01	5397.71	5400.00			
TIPO DE TERRENO																																														
COTA DE TERRENO	39.87	38.89	37.62	41.17	41.28	44.81	46.73	48.61	48.67	44.38	40.70	35.83	35.67	25.22	17.75	13.87	13.72	13.95	10.36	10.17	11.29	10.57	10.99	10.36	9.55	9.93	10.19	14.68	15.68	13.69	10.71	13.28	13.65	13.73	10.43	10.35	10.55	10.36	10.36	10.36	10.36	10.36				
COTA DE ESTRUCTURAS																																														



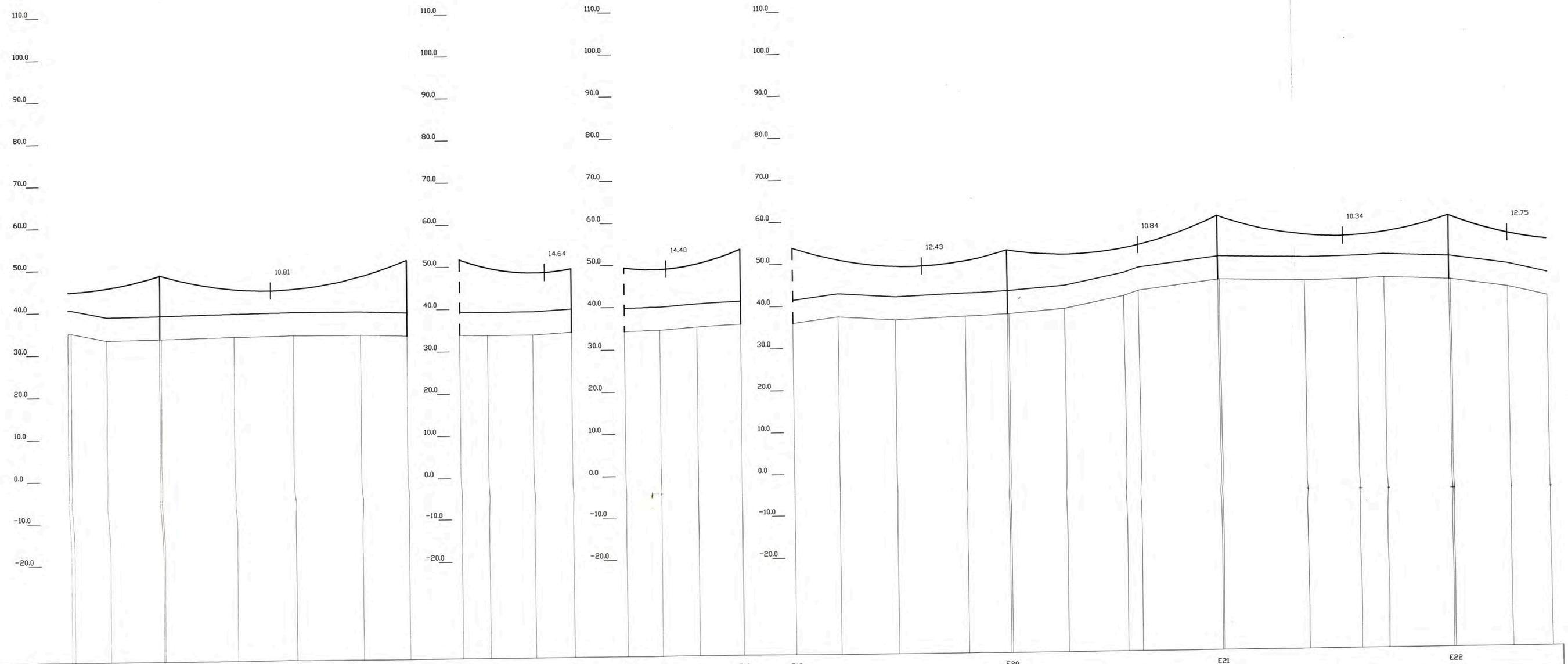
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
 FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
 INGENIERÍA DE LA LÍNEA DE TRANSMISIÓN EN 138 KV
 S.E. CHIMBOTE SUR - S.E. TRAPECIO

PLANO
 PLANO DE PLANTA PERFIL

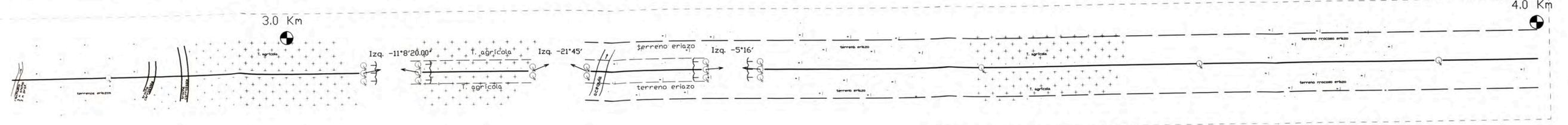
PRESENTADO POR
 JHON GROVEER CHACON ALCANTARA

ESCALA: H=2000 V=500 FORMATO: A1 FECHA: FEBRERO - 2007 LAMINA: PP-04/06

NÚMERO	16	17	17	18	18	19	19	20	21	22
TIPO	S	AT	AT	SHI	SHI	AT	AT	S	S	S
VANO REAL	233.4			105.3		110.6		203.3		218.8
PROGRESIVA	2836.6	3070.0	3070.0	3175.3	3175.3	3285.8	3285.8	3489.1	3489.1	3689.1
VANO VIENTO	229.5	169.5	169.5	108.1	108.1	157.1	157.1	202.0	202.0	219.0
VANO PESO	201.5	203.4	203.4	63.0	63.0	193.8	193.8	147.0	147.0	260.9
PARAMETRO CATENARIA	1309.8			725.1		725.1		1245.9		1245.9



ESTACION	E16		E17		E17	E18		E18	E19		E19	E20		E21		E22																			
DISTANCIA	233.3				105.3			110.5			203.3	200.0		218.8																					
DISTANCIA ACUMULADA	2750.00	2753.18	2786.72	2836.64	2838.18	2906.75	2962.71	3026.28	3069.97	3069.97	3095.97	3138.56	3175.27	3175.27	3209.16	3244.09	3285.77	3285.77	3328.36	3382.88	3448.91	3489.06	3490.60	3543.32	3599.70	3613.49	3689.11	3690.64	3771.11	3820.53	3846.64	3907.91	3909.44	3963.19	4000.00
TIPO DE TERRENO																																			
CORDA DE TERRENO	34.99	34.98	33.30	33.82	33.53	33.94	34.17	34.17	33.85	33.85	33.71	33.74	34.27	34.27	34.50	35.15	35.88	35.88	37.22	36.31	36.97	37.35	37.36	38.40	41.33	42.52	44.87	44.92	44.32	44.53	44.80	44.14	44.12	42.12	39.87
CORDA DE ESTRUCTURAS																																			



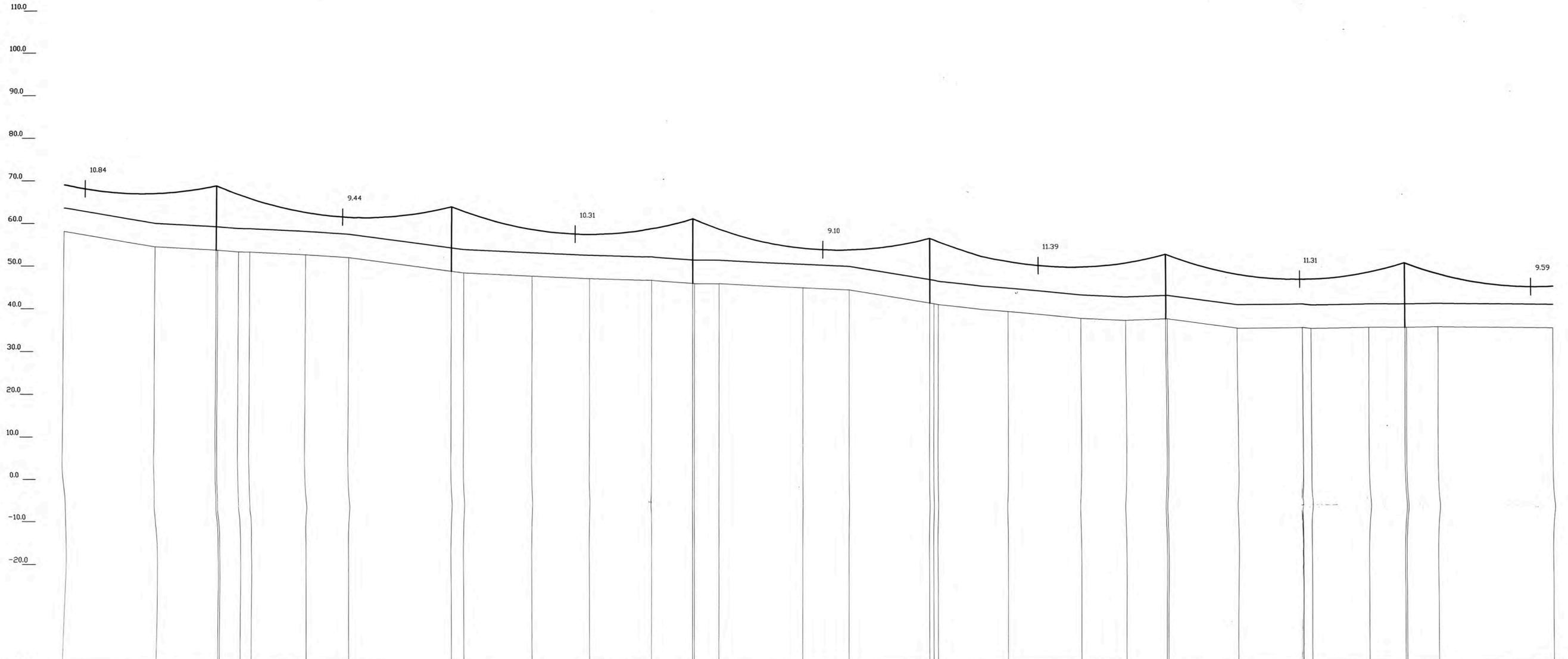
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
 FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA
 INGENIERÍA DE LA LÍNEA DE TRANSMISIÓN EN 138 KV
 S.E. CHIMBOTE SUR - S.E. TRAPICIO

PLANO DE PLANTA PERFIL

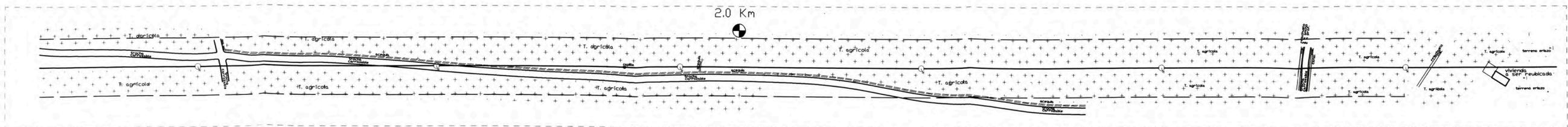
PRESENTADO POR: JHON GROVEER CHACON ALCANTARA

ESCALA: H=2000 V=500 FORMATO: A1 FECHA: FEBRERO - 2007 LÁMINA: PP-03/06

NUMERO	10	11	12	13	14	15
TIPO	S	S	S	S	S	S
VANO REAL	219.5	221.4	227.0	222.6	222.5	225.0
PROGRESIVA	1493.3	1714.7	1941.7	2164.2	2386.6	2611.6
VANO VIENTO	220.7	224.5	225.1	222.8	224.0	225.3
VANO PESO	209.8	211.9	235.6	218.6	213.9	222.9
PARAMETRO CATENARIA	1309.8	1309.8	1309.8	1309.8	1309.8	1309.8



ESTACION	E10		E11		E12		E13		E14		E15	
DISTANCIA	219.4		221.3		227.0		222.5		222.4		225.0	
DISTANCIA ACUMULADA	1350.00	1435.78	1493.32	1525.06	1577.53	1618.18	1714.66	1726.29	1790.44	1844.44	1902.95	1941.69
TIPO DE TERRENO												
COTA DE TERRENO	58.09	54.54	53.75	53.34	52.68	52.03	48.84	48.45	47.68	47.10	46.71	45.97
COTA DE ESTRUCTURAS			53.73	53.31			48.45	48.45				45.94



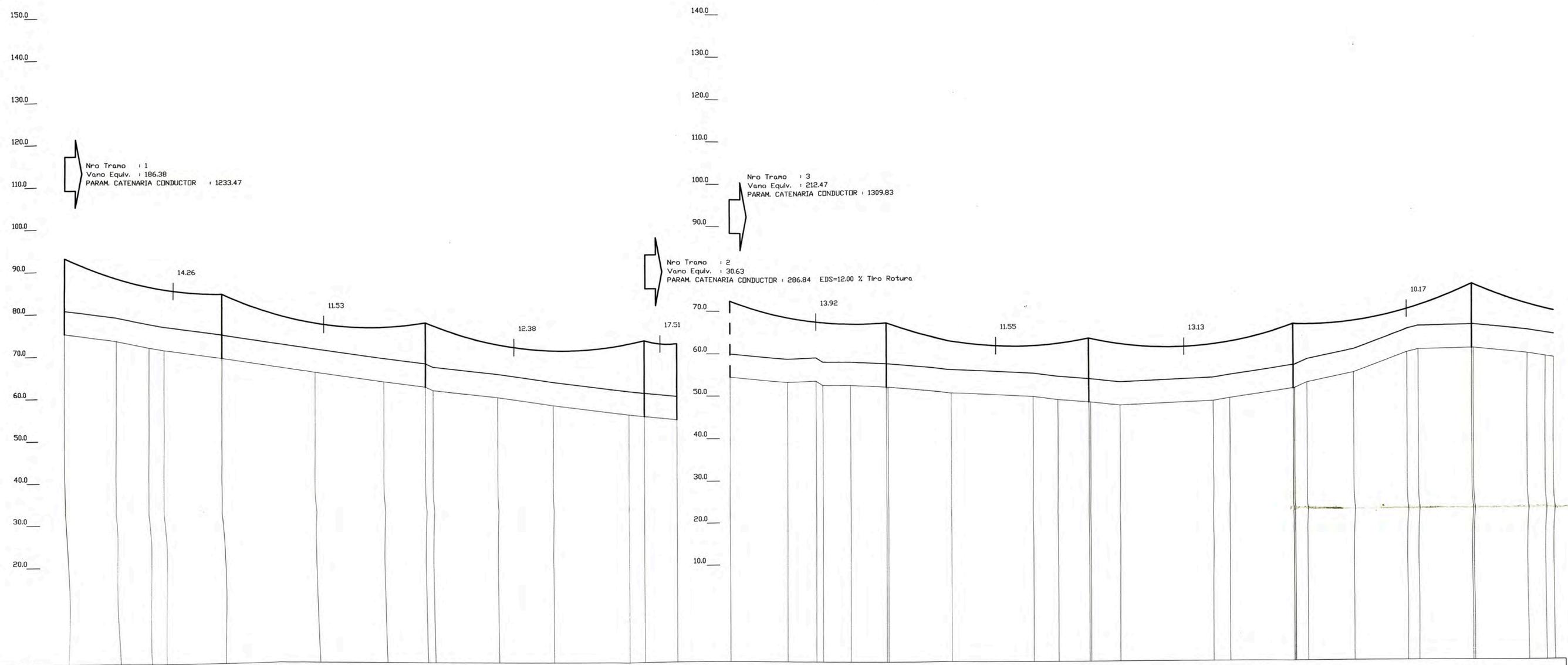
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
 FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA
 INGENIERIA DE LA LINEA DE TRANSMISION EN 138 KV
 S.E CHIMBOTE SUR - S.E. TRAPECIO

PLANO
 PLANO DE PLANTA PERFIL

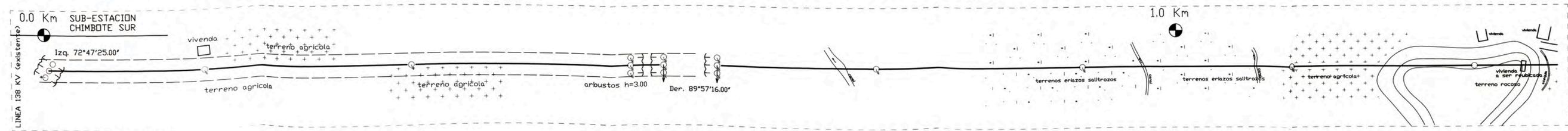
PRESENTADO POR
 JHON GROVEER CHACON ALCANTARA

ESCALA H=2000 V=500
 FORMATO A1
 FECHA FEBRERO - 2007
 LAMINA PP-02/06

NUMERO	01	02	03	04	05	05	06	07	08	09
TIPO	AT 90 - 1	S	S	AT	AT 90	AT 90	S	S	S	S
VANO REAL	148.3	191.4	205.6	30.6	147.5	191.1	192.0	1106.0	168.2	1273.9
PROGRESIVA	0.0	148.1	339.3	544.9	575.5	891	169.4	191.7	180.3	194.0
VANO VIENTO	74.2	170.0	198.7	118.2	89.1	130.9	146.5	144.8	129.1	306.5
VANO PESO	144.9	144.3	180.4	98.4	130.9	130.9	146.5	144.8	129.1	306.5
PARAMETRO CATENARIA	1233.5	1233.5	1233.5	286.8	1309.8	1309.8	1309.8	1309.8	1309.8	1309.8



ESTACION	E1	E2	E3	E4	E5	E5	E6	E7	E8	E9																																
DISTANCIA	148.1	191.3	205.5	30.6	147.4	191.1	192.0	168.0																																		
DISTANCIA ACUMULADA	0.00	48.78	79.68	93.84	148.08	235.67	300.44	339.38	346.47	407.17	459.21	530.52	544.89	575.52	575.52	639.92	656.92	663.30	669.31	722.92	724.46	784.94	861.73	884.88	913.98	915.52	943.10	1031.00	1046.56	1105.86	1119.40	1163.29	1213.20	1223.79	1273.94	1273.94	1325.46	1342.23	1350.00			
TIPO DE TERRENO																																										
COTA DE TERRENO	73.15	73.55	71.94	71.32	69.46	66.13	63.78	62.49	61.65	59.87	57.92	55.62	55.26	54.88	54.88	53.21	52.42	52.37	52.29	51.83	51.81	50.45	49.43	48.68	48.08	48.05	47.32	48.32	48.98	51.84	52.54	54.87	59.55	60.21	60.45	60.46	59.10	58.41	58.09			
COTA DE ESTRUCTURAS																																										

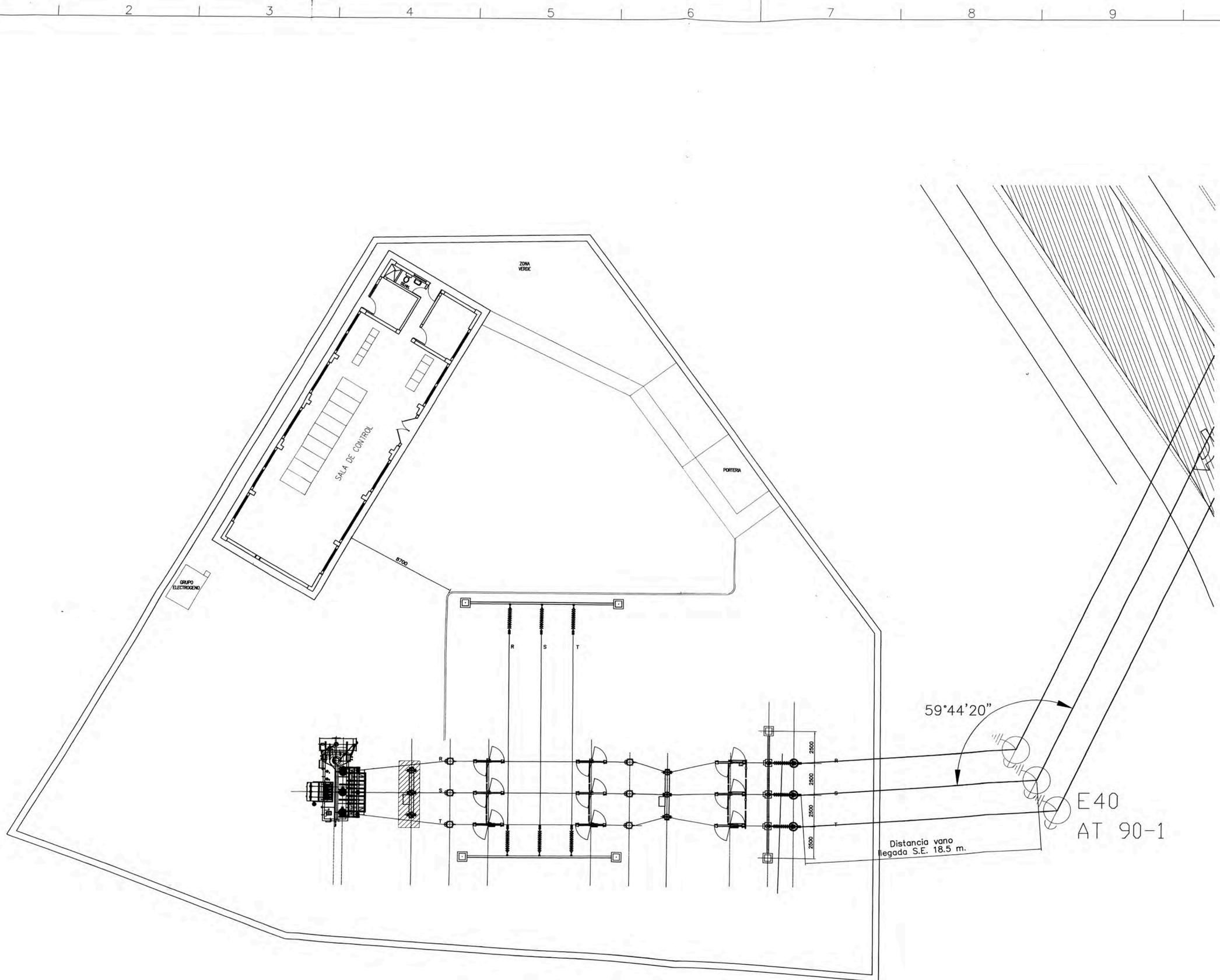


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
 FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
 INGENIERÍA DE LA LÍNEA DE TRANSMISIÓN EN 138 KV
 S.E. CHIMBOTE SUR - S.E. TRAPECIO

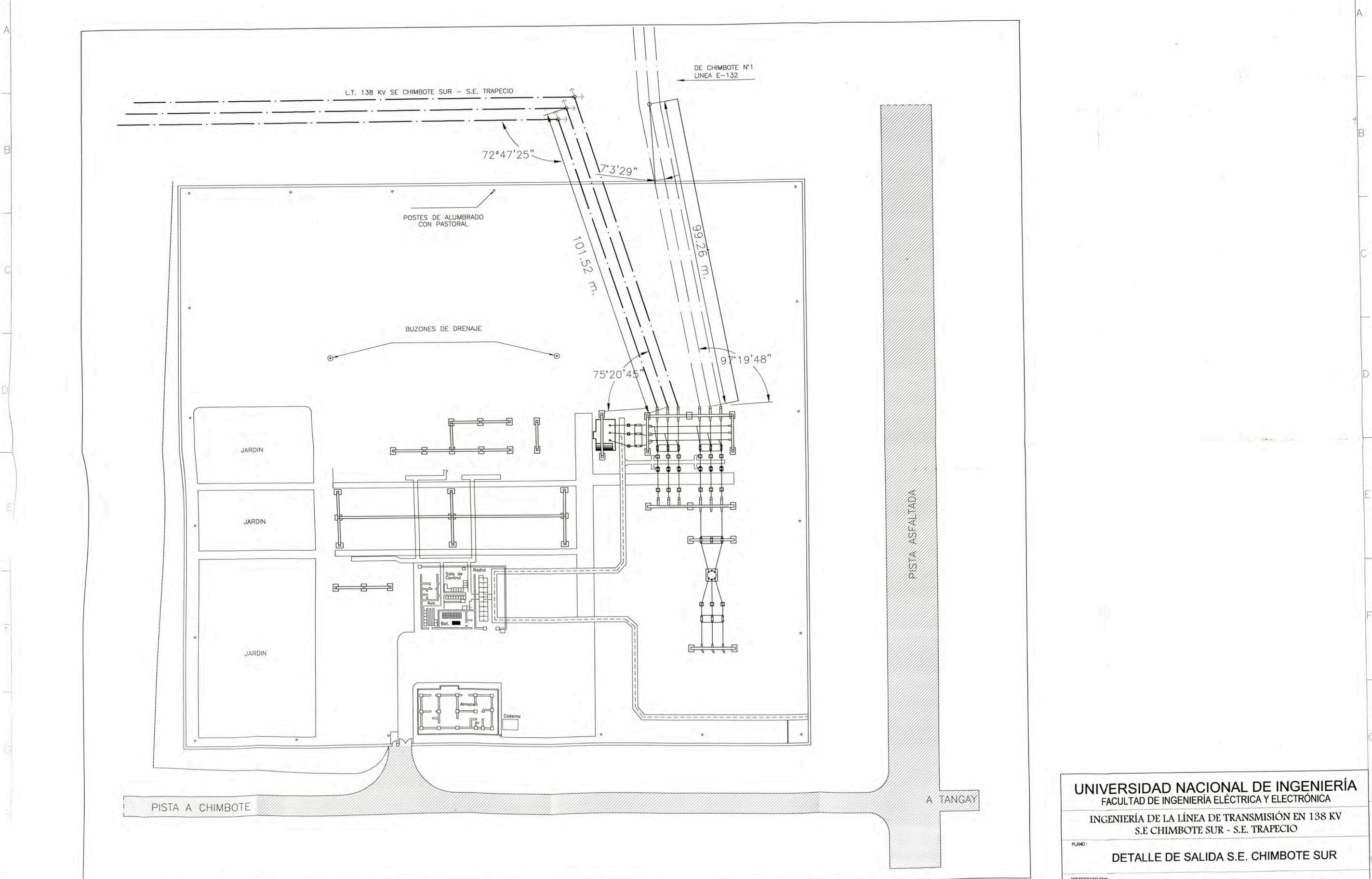
PLANO
PLANO DE PLANTA PERFIL

PRESENTADO POR
JHON GROVEER CHACON ALCANTARA

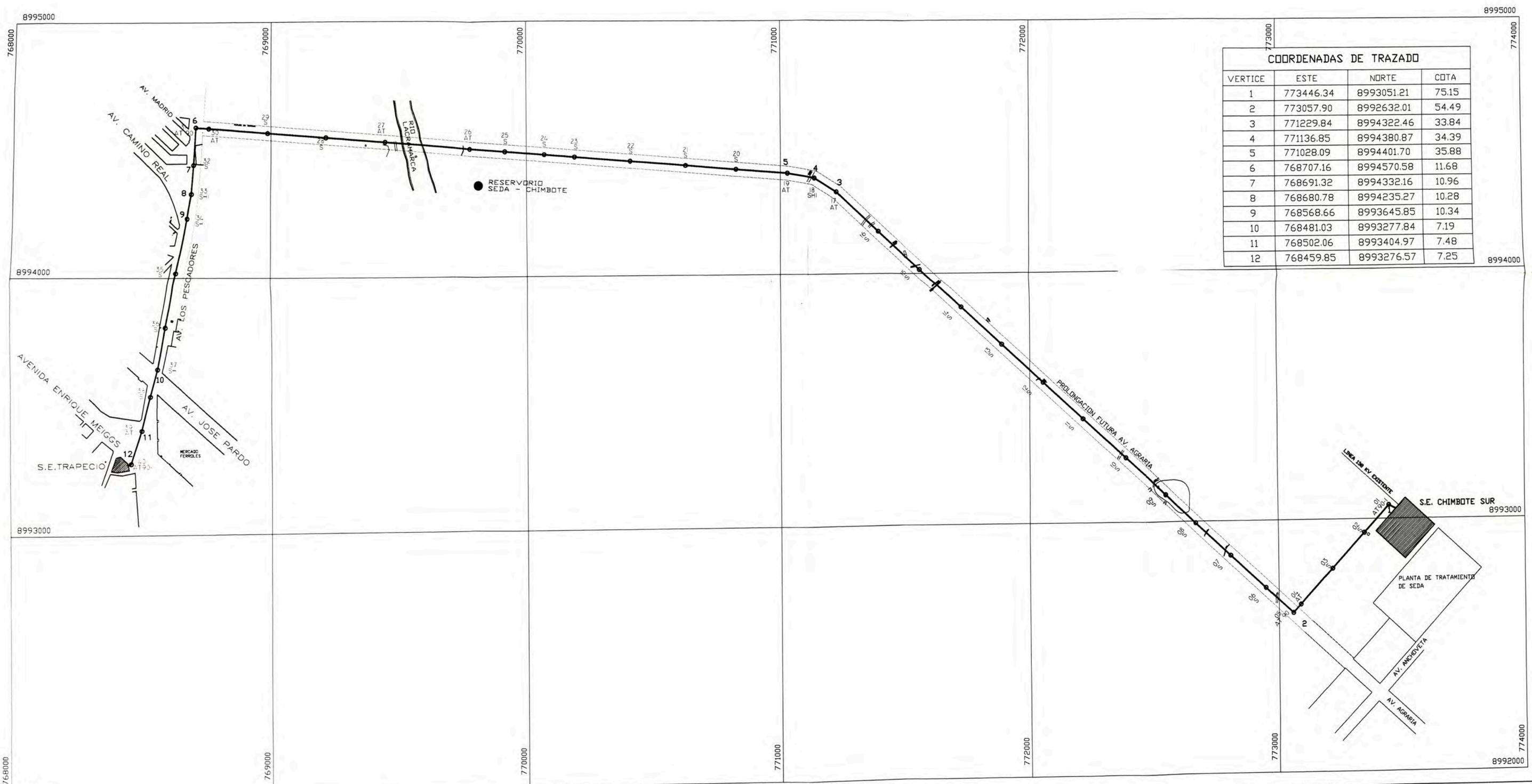
ESCALA H=2000 V=500 FORMATO A1 FECHA FEBRERO - 2007 LÁMINA PP-01/06



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA		
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA		
INGENIERÍA DE LA LÍNEA DE TRANSMISIÓN EN 138 KV		
S.E CHIMBOTE SUR - S.E. TRAPECIO		
PLANO:	DETALLE DE LLEGADA S.E. TRAPECIO	
PRESENTADO POR:	JHON GROVEER CHACON ALCANTARA	
ESCALA:	FECHA:	LÁMINA:
1/150	FEBRERO - 2007	DL - 01



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA		
INGENIERÍA DE LA LÍNEA DE TRANSMISIÓN EN 138 KV S.E CHIMBOTE SUR - S.E. TRAPECIO		
PLANO: DETALLE DE SALIDA S.E. CHIMBOTE SUR		
PRESENTADO POR: JHON GROVEER CHACON ALCANTARA		
ESCALA: 1/500	FECHA: FEBRERO - 2007	LÁMINA: DS - 01



COORDENADAS DE TRAZADO			
VERTICE	ESTE	NORTE	COTA
1	773446.34	8993051.21	75.15
2	773057.90	8992632.01	54.49
3	771229.84	8994322.46	33.84
4	771136.85	8994380.87	34.39
5	771028.09	8994401.70	35.88
6	768707.16	8994570.58	11.68
7	768691.32	8994332.16	10.96
8	768680.78	8994235.27	10.28
9	768568.66	8993645.85	10.34
10	768481.03	8993277.84	7.19
11	768502.06	8993404.97	7.48
12	768459.85	8993276.57	7.25

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
 FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

INGENIERÍA DE LA LÍNEA DE TRANSMISIÓN EN 138 KV
 S.E CHIMBOTE SUR - S.E. TRAPECIO

PLANO: **RECORRIDO DE LA LINEA**

PRESENTADO POR: **JHON GROVEER CHACON ALCANTARA**

ESCALA: 1/10 000	FECHA: FEBRERO - 2007	LAMINA: R - 01
------------------	-----------------------	-----------------------

BIBLIOGRAFÍA

1. **Luís Maria Checa**, “Líneas de Transporte de Energía”, Marcombo Boxareu Editores - España, 1986.
2. **Gilberto Enríquez Harper**, “Líneas de Transmisión y Redes de Distribución de Potencia Eléctrica”, Editorial Limusa - México, 1990.
3. **Rural Electrification Administration (REA) Bulletin 62-1**, “Desing Manual for High Voltage Transmission Lines”, U.S. Departament of Agriculture, 1981.
4. **Ravi S. Gorur, Edward A. Cherney, Jeffrey T. Burnham**, “Outdoor Insulators”, Ravi S. Gorur Inc. - USA, 1999.
5. **Donald G. Fink, H. Wayne Beaty**, “Manual de Ingeniería Eléctrica”, Managing Editor, 1996.
6. **John J. Grainger, William D. Stevenson**, “Análisis de Sistemas de Potencia”, McGraw-Hill Inc. - USA, 1996.
7. **Juan Bautista Ríos**, “Aspectos Mecánicos y Conductores”, Universidad Nacional de Ingeniería – Perú, 2001.
8. **Norma DGE - 28**, "Especificaciones Técnicas para el Suministro de Materiales y Equipos de Líneas de Transmisión para Electrificación Rural", Ministerio de Energía y Minas - Perú, 2003.
9. **Código Nacional de Electricidad Suministro 2001**, Ministerio de Energía y Minas - Perú, 2001.