



UNIVERSIDAD  
DE PIURA

FACULTAD DE INGENIERÍA

**Montaje electromecánico de un sistema de utilización en  
MT 10-22.9 kV, Trifásico, para la estación de  
descompresión de GNC en Sullana, Piura**

Tesis para optar el Título de  
Ingeniero Mecánico Eléctrico

**Pedro Antonio Zurita Sánchez**

**Asesor:**  
**Dr. Ing. Raúl La Madrid Olivares**

Piura, abril de 2023

NOMBRE DEL TRABAJO

**v8 Tesis\_Antonio Zurita.docx**Raúl La Madrid Olivares  
43356179

RECUENTO DE PALABRAS

**7205 Words**

RECUENTO DE CARACTERES

**38022 Characters**

RECUENTO DE PÁGINAS

**84 Pages**

TAMAÑO DEL ARCHIVO

**24.8MB**

FECHA DE ENTREGA

**Mar 5, 2023 12:55 PM GMT-5**

FECHA DEL INFORME

**Mar 5, 2023 12:56 PM GMT-5****● 23% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos

- 19% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 17% Base de datos de trabajos entregados
- 1% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

**● Excluir del Reporte de Similitud**

- Fuentes excluidas manualmente
- Bloques de texto excluidos manualmente

## **Dedicatoria**

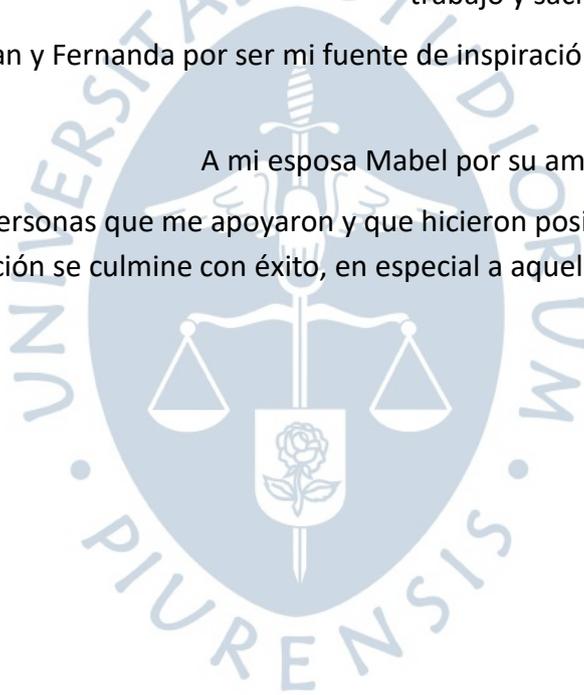
A Dios, por ser el inspirador y fortaleza necesaria para continuar con uno de mis anhelos más  
deseados.

A toda mi familia que con sus oraciones, consejos y palabras de aliento me acompañaron en  
esta etapa de mi vida, en especial a mis padres Maitel y Pedro que con su ejemplo de amor,  
trabajo y sacrificio son dignos a seguir.

A mis hijos Sebastian y Fernanda por ser mi fuente de inspiración en todo proyecto de mi  
vida.

A mi esposa Mabel por su amor y apoyo incondicional.

A todas las personas que me apoyaron y que hicieron posible que este proyecto de  
investigación se culmine con éxito, en especial a aquellos que compartieron sus  
conocimientos.





## Resumen

En esta tesis se realizan los cálculos, diseño y trazo de línea de un sistema de utilización en MT 10-22.9 KV, TRIFÁSICO, para la estación de descompresión de GNC en SULLANA. Piura. La relevancia de este estudio es que en él se aplican los conocimientos de la rama de electricidad de las asignaturas cursadas durante la carrera universitaria.

En el primer capítulo se muestran antecedentes necesarios para la implementación de un sistema de utilización, lo cual conlleva la problemática, ubicación del proyecto, estimación demanda máxima, factibilidad – punto de diseño, descripción del proyecto, requisitos, entre otros puntos comentado en el capítulo.

En el segundo capítulo se muestran los cálculos eléctricos y mecánicos; como son: cálculo de caída de tensión, cálculo de corriente en el sistema de medición en media tensión, cálculo de puestas a tierra, cálculo mecánico de conductores y estructuras.

En el tercer capítulo se detalla lo correspondiente al montaje, el cual comienza con el cronograma de ejecución, excavación, izaje de postes y cimentación, armado de estructuras, montaje retenidas y anclajes, puestas a tierra, tendido conductores, y otros pasos adicionales, culminando en la instalación de equipamiento (subestación, traformix y recloser).

Para Finalizar se muestran los resultados y conclusiones.



## Tabla de contenido

Introducción .....	13
Capítulo 1 Antecedentes .....	15
1.1 Problemática.....	15
1.2 Ubicación del proyecto.....	15
1.3 Estimación de la demanda máxima.....	16
1.4 Factibilidad de suministro y punto de diseño.....	16
1.5 Descripción del proyecto.....	16
1.6 Requisitos de inicio de obra .....	17
1.7 Financiamiento .....	18
1.8 Protección del medio ambiente.....	18
1.9 Equipamiento .....	18
1.10 Servidumbre .....	18
1.11 Normativa .....	19
1.12 Entidades involucradas para la elaboración del proyecto .....	19
1.13 Seguridad e higiene ocupacional.....	20
1.14 Distancias mínimas de seguridad .....	20
Capítulo 2 Cálculos .....	21
2.1 Cálculo de caída de tensión .....	21
2.2 Cálculo de la corriente en el sistema de medición en media tensión.....	22
2.3 Cálculo de puestas a tierra .....	22
2.4 Cálculo mecánico de conductores.....	24
2.5 Cálculo mecánico de estructuras y retenidas.....	28
Capítulo 3 Montaje.....	41
3.1 Introducción.....	41

3.2 Cronograma de ejecución.....	41
3.3 Excavación .....	41
3.4 Izaje de postes y cimentación.....	43
3.4.1 Aplicación de sellador.....	43
3.4.2 Izaje de poste.....	43
3.4.3 Relleno y cimentación .....	44
3.5 Armado de estructuras.....	46
3.6 Montaje de retenidas y anclajes.....	48
3.7 Puesta a tierra.....	51
3.8 Tendido y puesta en flecha de conductores aéreos.....	52
3.8.1 Manipulación de los Conductores.....	52
3.8.2 Aisladores, Grapas y Mordazas .....	53
3.8.3 Poleas.....	54
3.8.4 Operación de tendido.....	55
3.8.5 Puesta en flecha.....	56
3.8.6 Fijación del Conductor a los Aisladores Tipo Pin y Grapas de Anclaje .....	57
3.9 Montaje de cables subterráneos de media tensión.....	58
3.10 Instalación de terminaciones termo contraíbles y terminales.....	62
3.11 Empalme de los conductores .....	64
3.12 Montaje de subestación de distribución.....	65
3.13 Instalación de seccionadores.....	66
3.14 Montaje de equipo y protección - RECLOSER .....	68
3.15 Montaje de TRANSFORMIX. ....	69
Capítulo 4 Resultados y conclusiones .....	71
4.1 Inspección de obra terminada.....	71
4.2 Inspección de tramos y estructura .....	71
4.3 Pruebas de puesta en servicio .....	72
4.4 Material Fotográfico proyecto culminado.....	73
Conclusiones.....	77
Lista de abreviaturas .....	79
Referencias bibliográficas .....	81

## Lista de tablas

Tabla 1. Demanda máxima.....	16
Tabla 2. Datos generales del proyecto.....	17
Tabla 3. Características del sistema de utilización.....	18
Tabla 4. Distancias verticales de seguridad de alambres, conductores y cables sobre el nivel del piso, camino, riel o superficie de agua.....	20
Tabla 5. Caída de tensión – Sistema de utilización .....	22
Tabla 6. Cálculo de resistencia de puesta a tierra tipo PAT-1.....	23
Tabla 7. Cálculo de resistencia de puesta a tierra tipo PAT-3.....	24
Tabla 8. Características Técnicas de los Conductores.....	24
Tabla 9. Características mecánicas de conductores de aluminio .....	25
Tabla 10. Cuadro N° 1.4 Hipótesis de Cálculo Mecánico de Conductores .....	25
Tabla 11. Hipótesis I – condiciones de máximo esfuerzo .....	26
Tabla 12. Hipótesis II – condiciones de templado.....	26
Tabla 13. Hipótesis III – Flecha máxima .....	27
Tabla 14. Resumen de cálculo de esfuerzos, flechas y tensiones.....	27
Tabla 15. Información requerida para el proceso de cálculo del poste PSVM-3.....	30
Tabla 16. Análisis de esfuerzo de trabajo del poste PSVM-3.....	31
Tabla 17. Análisis de esfuerzo en la ménsula y esfuerzo de rotura de conductor en la ménsula superior poste PSVM-3.....	32
Tabla 18. Información requerida para el proceso de cálculo del poste PMI-13.....	33
Tabla 19. Análisis de esfuerzo de trabajo del poste PMI-13.....	34
Tabla 20. Información requerida para el proceso de cálculo del poste PRVM-3 .....	35
Tabla 21. Análisis de esfuerzo de trabajo del poste PRVM-3 .....	36

Tabla 22. Análisis de esfuerzo en la ménsula y esfuerzo de rotura de conductor en la ménsula superior poste PRVM-3 .....	37
Tabla 23. Información requerida para el proceso de cálculo del poste PTVM-3.....	38
Tabla 24. Análisis de esfuerzo de trabajo del poste PTVM-3.....	39
Tabla 25. Análisis de esfuerzo en la ménsula y esfuerzo de rotura de conductor en la ménsula superior poste PTVM-3 .....	40



## Lista de figuras

Figura 1. Ubicación del proyecto.....	15
Figura 2. Diagrama de Gantt .....	41
Figura 3. Suministro de materiales .....	42
Figura 4. Excavación con pala en terreno duro y arcilloso.....	42
Figura 5. Vista final de hoyo culminado.....	43
Figura 6. Colocación de poste utilizado grúa .....	44
Figura 7. Codificación del poste .....	44
Figura 8. Cimentación poste en alineamiento.....	45
Figura 9. Cimentación de subestación aérea biposte .....	45
Figura 10. Acabado final.....	46
Figura 11. Armado de subestación aérea biposte – parte 1.....	47
Figura 12. Armado de subestación aérea biposte – parte 2.....	47
Figura 13. Armado de subestación aérea biposte – parte 3.....	48
Figura 14. Montaje de retenida en estructura fin de línea – parte 1 .....	49
Figura 15. Montaje de retenida en estructura fin de línea – parte 2 .....	50
Figura 16. Montaje de anclaje en estructura fin de línea – parte 3.....	50
Figura 17. Excavación para puesta a tierra .....	51
Figura 18. Tubería y puesta a tierra ya colocada .....	51
Figura 19. Cable para puesta a tierra .....	52
Figura 20. Manipulación de cable subterráneo .....	52
Figura 21. Manipulación de conductor aéreo.....	53
Figura 22. Aisladores y grapas.....	53
Figura 23. Instalación de ferretería aislado y grapas en estructura fin de línea.....	54

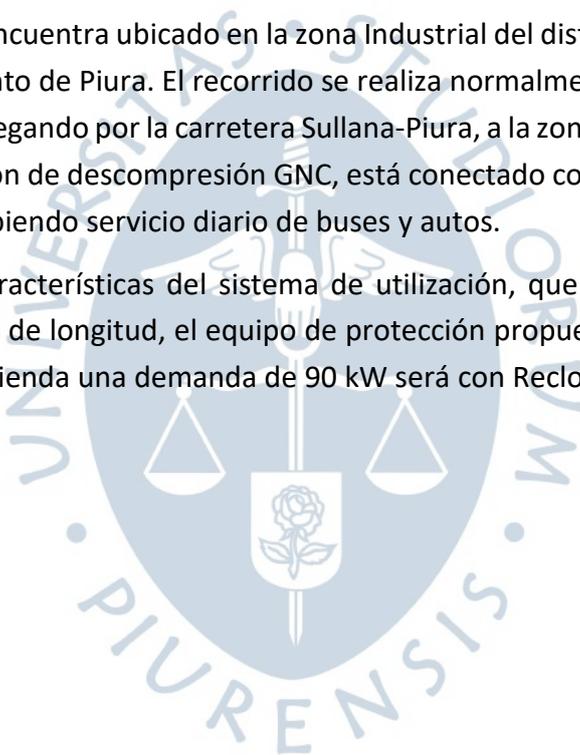
Figura 24. Utilización de polea para pasar el cable, para posterior puesta en flecha.....	55
Figura 25. Tendido de conductor aéreo desnudo de aluminio AAAC-35mm .....	56
Figura 26. Puesta en flecha ya culminada .....	57
Figura 27. Proceso de fijación de conductor ya concluido. ....	58
Figura 28. Cable subterráneo en la cima del poste.....	59
Figura 29. Cable subterráneo en la base del poste.....	59
Figura 30. Zanja para colocar tubería y caja de para para cable subterráneo.....	60
Figura 31. Caja de paso del cable subterráneo .....	60
Figura 32. Ductos para pasar el cable subterráneo .....	61
Figura 33. Trabajo ya culminado .....	61
Figura 34. Terminación del cable subterráneo .....	62
Figura 35. Lijado del cable para colocación de termo contraíbles.....	62
Figura 36. Cable lijado y cable con termo contraíbles .....	63
Figura 37. Colocación de las terminales de los cables subterráneos.....	64
Figura 38. Fase de empalme de conductores .....	65
Figura 39. Subestación aérea biposte .....	66
Figura 40. Seccionadores.....	67
Figura 41. Equipo de protección Recloser.....	68
Figura 42. Transformix .....	69
Figura 43. Inicio de línea de sistema de utilización.....	73
Figura 44. Postes, conexiones y cableado del proyecto – parte 1.....	74
Figura 45. Postes, conexiones y cableado del proyecto – parte 2.....	75
Figura 46. Subestación y fin de línea.....	76

## **Introducción**

El proyecto desarrollado se denomina “Sistema de utilización en MT 10-22.9kV,3Ø, para la estación de descompresión de GNC, ubicado en el sub lote B6 de la zona industrial municipal N° 04 - Sullana, Sullana, Piura”. Consiste en alimentar la planta Gases del norte.

El proyecto se encuentra ubicado en la zona Industrial del distrito de Sullana, Provincia de Sullana, departamento de Piura. El recorrido se realiza normalmente en 10 min, partiendo del centro de Sullana, llegando por la carretera Sullana-Piura, a la zona industrial, se encuentra el predio para la estación de descompresión GNC, está conectado con la capital provincial por carretera asfaltada, habiendo servicio diario de buses y autos.

Debido a las características del sistema de utilización, que tienen una línea MT en sistema aéreo de 334m de longitud, el equipo de protección propuesto para su condición de operación cuando se atiende una demanda de 90 kW será con Recloser.





## Capítulo 1 Antecedentes

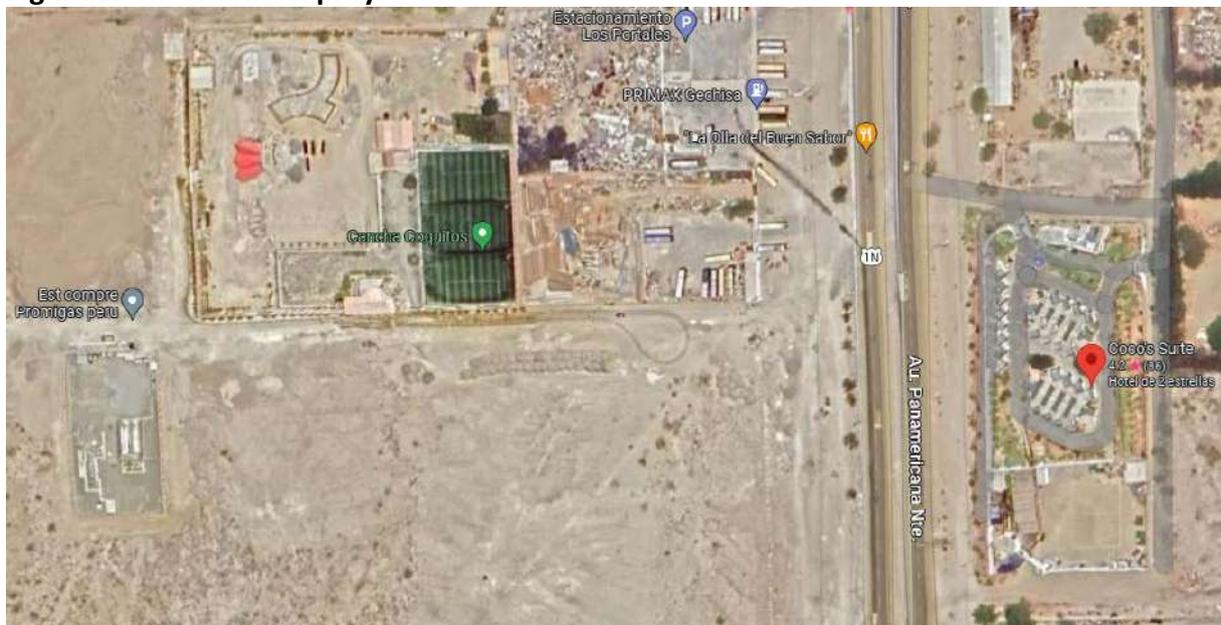
### 1.1 Problemática

La ciudad de Sullana debido a su continuo crecimiento requiere el uso de gas natural a nivel masivo, en tal sentido, la empresa colombiana GasNorp dedicada al suministro gas previó construir una estación de descompresión y distribución de GNC, por lo que requería del suministro de energía eléctrica con una demanda de 90 kW. Para lo cual en el presente trabajo se muestra el montaje electromecánico de un sistema de utilización en MT 10-22.9 kV, trifásico, para la estación de descompresión de GNC en Sullana, Piura.

### 1.2 Ubicación del proyecto

El proyecto se encuentra ubicado en la zona industrial de Sullana, sub lote B6 zona industrial municipal N°04 – Sullana., tal como se muestra en la Figura 1.

**Figura 1. Ubicación del proyecto.**



### 1.3 Estimación de la demanda máxima

La demanda total de energía solicitada es de 90 kW (ver Tabla 1)

**Tabla 1. Demanda máxima**

CUADRO DE MAXIMA DEMANDA					
ITEM	DESCRIPCION	CANT.	KW	F.P.	
1	REFLECTORES	18,0	0,5	1,0	9,0
2	COMPUTO	4,0	0,4	0,6	1,0
3	MOTOR BOMBA	1,0	30,0	1,0	30,0
4	MOTOR ELECTRICO 2	1,0	25,0	1,0	25,0
5	MOTOR ELECTRICO 3	1,0	25,0	1,0	25,0
TOTAL					90,0

### 1.4 Factibilidad de suministro y punto de diseño.

Con documento ENOSA-NSU-0039-2021 de fecha 08 de enero del 2021, ELECTRONOROESTE S.A. otorgó la Factibilidad de Suministro y fija el punto de diseño en la estructura NTCSE 500385, A1942, tensión 10 kV, asociada a la SET Sullana.

Los detalles son los siguientes:

- Alimentador: A1942
- Código NTCSE 500385
- Poste de concreto de 13m alineamiento.
- Conductor de aluminio tipo AAAC 1x185 mm<sup>2</sup>
- Tensión del sistema 10 kV, 3  $\Phi$
- Tensión para el proyecto 10-22.9 kV, 3  $\Phi$
- Dentro de la zona de concesión
- Máxima demanda 90.00 kW

### 1.5 Descripción del proyecto

El presente proyecto contempló la ejecución de obra electromecánica en media tensión aérea, con la finalidad de suministrar energía eléctrica para el predio correspondiente a la estación de descompresión GNC (ver Tabla 2).

**Tabla 2. Datos generales del proyecto**

Tensión Nominal	10-22.9 kV
Longitud Total	314.7 m aéreo y 19.3 subterráneo.
Estructuras	Postes de Concreto Armado Centrifugado de,15/400/225/450, 13/300/180/375; 13/600/180/375
Conductor	Conductor AAAC de 35 mm <sup>2</sup> y N2XSY-1x50.
Ménsula	CAV 1M/500; 1.2M/500,0.8/500, 1M/300.●
Media Loza	De C.A.V de 1.1/750 Kg.
Transformador	En aceite 3Ø, 10-22.9± 2X2.5/0.40-0.23 kV de 125kVA.
Equipo de Medición	Transformix 10-22.9/0.38-0.22 kV,10-20-30/5A (CL. 0.2s)
Aisladores tipo	Aislador polimérico tipo Pin y Polimérico Suspensión de 27 kV.
Puesta a tierra	Se usarán del tipo PAT-1, compuesta con un electrodo Copperweld de16mmø, de 2.4 m de longitud y conductor de cobre temple blando de 25mm <sup>2</sup> . 2PAT-1, se instalará en la SED y PMI.
Equipo Protección	Recloser 27 kV, 630A y Seccionador Cut Out Polimérico 27kv/100 A / 150 Kv Bil con extensor de línea de fuga. Seccionador unipolar tipo cuchilla 24 kV.
Ferretería	Todos los elementos de hierro y acero, tales como pernos, abrazaderas y accesorios de aisladores, serán galvanizados en caliente a fin de protegerlos contra la corrosión.
Cimentación	Con concreto f'c=175 kg/cm <sup>2</sup> .
Vano promedio	70 m.
Altitud	50 msnm.

### 1.6 Requisitos de inicio de obra

Para poder ejecutar el presente proyecto fue necesario cumplir con los requisitos para la Ejecución de Obras fijado por la Concesionaria en este caso Electronoroeste S.A. en base a la Norma DGE – Resolución Directoral N° 018-2002-EM/DGE, Caso: Para Sistemas de Utilización Requisitos para la Aprobación de Inicio de Obra.

Carta del Interesado dirigida al concesionario dando aviso del propósito de iniciar la obra con una anticipación no menor a siete (07) días útiles, presentando además a la Contratista especialista y al Ingeniero Residente, adjuntando lo siguiente:

1. Una (01) copia del proyecto aprobado por ENOSA y vigente.
2. Copia del documento de aprobación del proyecto emitido por ENOSA.
3. Copia del documento que acredita la representatividad legal vigente del Interesado.
4. Certificado vigente en original de habilitación profesional del Ingeniero Residente emitido por el Colegio de Ingenieros del Perú. Carta compromiso de disponibilidad completa.
5. Copia del Registro de Contratista Especialista emitido por CONSUCODE o demostrar experiencia en 10 obras similares durante los últimos cinco (05) años.

6. Cuaderno de obra foliado y legalizado notarialmente.

7. Cronograma actualizado de ejecución de obra. (Cronograma de Pruebas y suministro de materiales).

8. Copia de la póliza de Seguro Complementario de Trabajo de Alto Riesgo (SCTR) de sus trabajadores, así como el de atención integral de salud.

### 1.7 Financiamiento

La obra fue financiada por el interesado en su totalidad y no está afecta a reembolso por parte de ELECTRONOROESTE S.A. por ser instalaciones para uso exclusivo de un servicio particular, en concordancia con la Ley de Concesiones Eléctricas D.L. N° 25844.

### 1.8 Protección del medio ambiente

El ejecutor estuvo obligado a no utilizar insumos que pudieran alterar o contaminar el medio ambiente, debiendo tener en consideración que todo residuo sólido o líquido deberá ser evacuado y depositado en el relleno sanitario debidamente autorizado para este fin.

### 1.9 Equipamiento

El presente proyecto contempló la ejecución de obra electromecánica en media tensión, aérea con la finalidad de suministrar energía eléctrica para el predio correspondiente a la estación de descompresión GNC.

El sistema de utilización tiene las siguientes características mostradas en la Tabla 2.

### 1.10 Servidumbre

Desde el punto de diseño del proyecto hasta la ubicación de la SED, el recorrido atraviesa por camino rural, no teniéndose problemas de servidumbre, se garantiza el cumplimiento de las Distancias Mínimas de Seguridad.

No obstante, el proyecto está enmarcado en el cumplimiento de la normatividad vigente, que determina que el ancho de la faja de servidumbre para las líneas según Tabla 219 del Código Nacional de Suministro:

En la Tabla 3 se muestran anchos mínimos de Franjas de Servidumbre

**Tabla 3. Características del sistema de utilización**

<b>Tensión Nominal de la Línea (kV)</b>	<b>Ancho (m)</b>
De 10 a 15 kV	6
20 -36	11
60 -70	16
115 -145	20
Hasta 220	25

**Nota. Adaptado de Código Nacional de Electricidad Utilización**

### 1.11 Normativa<sup>1</sup>

El Proyecto en lo que se refiere a la Red de Media tensión, se ha elaborado teniendo en cuenta:

- Ley de Concesiones Eléctricas No. 25844
- Código Nacional de Electricidad Suministro
- Código Nacional de Electricidad Utilización
- Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos
- EM/DGE 018-2002 “Norma de Procedimientos para la Elaboración de Proyectos y Ejecución de Obras en Sistemas de Distribución y Sistemas de utilización en media tensión en Zonas de Concesión de Distribución”
- Norma de Terminología y Simbología
- Reglamento Nacional de Construcción
- Ordenanzas Municipales aplicables
- Ley de Protección del Medio Ambiente y Protección del Patrimonio Cultural de la Nación según corresponda.
- DGE/MEM 009-T “Tensiones Nominales de Sistemas de Distribución.
- DGE/MEM 015-T “Postes, crucetas y ménsulas de madera y concreto armado para redes de distribución”
- DGE/MEM 019-T “Conductores eléctricos de redes de distribución aérea.
- DGE/MEM 025-P-1/1988 “Norma sobre Imposición de servidumbres”
- DGE/MEM 012-T “Elaboración de Planos modulares
- Norma NTP 833.001 “Dibujo técnico. Formato de láminas”
- Norma NTP 833.002 “Dibujo técnico, Plegado de laminas

### 1.12 Entidades involucradas para la elaboración del proyecto

Empresa Concesionaria.

Electronoroeste S.A. participa como la concesionaria de energía, que otorgo la factibilidad y punto de diseño para la estación de descompresión GNC. La misma que estuvo en continua coordinación con la Contratista encargada de la ejecución del presente proyecto.

Municipalidades Locales

---

<sup>1</sup> Este apartado ha sido tomado de la referencia (B&B Projects)

La Contratista realiza coordinaciones con la Municipalidad de Sullana como órgano competente para tal fin, con la intención de obtener los permisos necesarios para su ejecución, como los cortes de vías aprobados y visado por dicha entidad. Del mismo modo con el cumplimiento de los pagos correspondiente a los procedimientos administrativos establecidos (TUPA, Trámite Único de Procedimiento Administrativo).

### 1.13 Seguridad e higiene ocupacional

El personal debe vestirse apropiadamente y usar zapatos diseñados específicamente para trabajos eléctricos, guantes de seguridad para trabajos en tensión, cinturones de seguridad y herramientas de calidad comprobada que cumplan con las normas de seguridad y calidad pertinentes.

Esta medida tiene por objeto prevenir los accidentes del trabajo, garantizar condiciones de trabajo adecuadas, proteger el bienestar físico, mental y social de los trabajadores y proteger los locales y bienes de las empresas.

### 1.14 Distancias mínimas de seguridad

El Código Nacional de Electricidad en su sección 23 (Tabla 4 )establece las distancias mínimas de seguridad, referidas a líneas de media tensión.

**Tabla 4. Distancias verticales de seguridad de alambres, conductores y cables sobre el nivel del piso, camino, riel o superficie de agua**

Naturaleza de la superficie que se encuentra debajo de los alambres, conductores o cables	Conductores de suministro expuestos, de más de 750 V a 23 kV (m)
Cuando los alambres, conductores o cables cruzan o sobresalen	
2.a. Carreteras y avenidas sujetas al tráfico de camiones	7 m
2.b. Caminos, calles y otras áreas sujetas al tráfico de camiones	6.5 m
3. Calzadas, zonas de parqueo, y callejones	6.5 m
4. Otros terrenos recorridos por vehículos, tales como cultivos, pastos, bosques, huertos, etc	6.5 m
5.a. Espacios y vías peatonales o áreas no transitables por vehículos	5 m
5.b. Calles y caminos en zonas rurales	6.5 m
Cuando los alambres o cables recorren a lo largo y dentro de los límites de las carreteras u otras fajas de servidumbre de caminos pero que no sobresalen del camino	
9.a. Carreteras y avenidas	6.5 m
9.b. Caminos, calles o callejones	6 m
9.c. Espacios y vías peatonales o áreas no transitables por vehículo	5 m
10. Calles y caminos en zonas rurales	5 m

**Nota. Adaptado de Tabla 232-1 Código Nacional de Electricidad Suministro**

## Capítulo 2

### Cálculos

#### 2.1 Cálculo de caída de tensión

Se ha considera una caída de tensión de 5% como máximo según lo estipulado en la norma técnica (Ministerio de Energía y Minas, Norma Técnica de calidad de los Servicios Eléctricos y sus modificatorias, Decreto Supremo N° 020-97-EM. , 2011).

Las formulaciones se muestran a continuación

Sistemas trifásicos

$$\Delta V \% = \frac{PL (r_1 + X_1 \operatorname{tg} \phi)}{10V_L^2} \quad 1$$

$$K_1 = \frac{(r_1 + X_1 \operatorname{tg} \phi)}{10V_L^2} \quad 2$$

$$\Delta V \% = K_1 PL \quad 3$$

Para calcular las pérdidas de potencia y energía por efecto Joule se ha utilizado la siguiente formula:

- Pérdidas de potencia en circuitos trifásicos:

$$P_j = \frac{P^2 r_1 L}{1000V_L^2 \cos^2 \phi} \quad [kW] \quad 4$$

- Pérdidas de potencia en circuitos bifásicos:

$$P_j = \frac{2P^2 r_1 L}{1000V_L^2 \cos^2 \phi} \quad [kW] \quad 5$$

Las fórmulas anteriores son aplicables a alimentadores de topología radial, a partir de un punto de alimentación, hasta las colas.

Los resultados del cálculos de caída de tensión se muestran en la Tabla 5, para 10 KV, que ha sido solicitado por el revisor del presente expediente.

**Tabla 5. Caída de tensión – Sistema de utilización**

CUADRO DE CAIDA DE TENSION  
factor de potencia para :

0.9

Tan $\phi$  = 0.484

P U N T O	CONDUCTOR ALUMINIO AEREO (mm <sup>2</sup> )	CONDUCTOR N2XSZY SUBTERRANEO (mm <sup>2</sup> )	CONDUCTOR NA2XSA2Y AEREO AISLADO (mm <sup>2</sup> )	POTENCIA DE TRANSF. (KVA)	SUMA POTENCIA TRANSF. (KVA)	SUMA POTENCIA TRANSF. (KW)	kV	K1	I (AMP.)	L (Km)	$\Delta V$ V	$\Sigma \Delta V$ (S%)
	Pto Alim											
2	35				125	112.5	10	0.00124	6.50	0.0362	0.005040	0.00504
3	35				125	112.5	10	0.00124	6.50	0.0120	0.001671	0.00671
4	35				125	112.5	10	0.00124	6.50	0.0073	0.001016	0.00773
5	35				125	112.5	10	0.00124	6.50	0.0900	0.012530	0.02026
6	35				125	112.5	10	0.00124	6.50	0.0900	0.012530	0.03279
7	35				125	112.5	10	0.00124	6.50	0.0010	0.000139	0.03293
8	35				125	112.5	10	0.00124	6.50	0.0937	0.013045	0.04597
9	35			125	125	112.5	10	0.00124	6.50	0.0038	0.000529	0.04650

CAIDA DE TENSION = 0,04650 < 3 % OK!

## 2.2 Cálculo de la corriente en el sistema de medición en media tensión

El proyecto involucra la implementación de sistema de protección cut Out.

El transformador de distribución contará con fusible tipo expulsión K, el mismo que se calcula a partir de la potencia del transformador. Como se sabe la potencia trifásica se calcula a partir de la ecuación 6:

$$S = \sqrt{3}V_{línea}I_{línea} \quad [kVA] \quad 6$$

Realizando el cálculo se obtiene:

$$125 [kVA] = \sqrt{3}(10 kV)I_{línea}$$

$$I_{línea} = 7.23 A$$

El valor del fusible calculado para la subestación proyectada es una de Potencia de 125 [kVA], tipo de fusible de 7 [A] tipo K.

## 2.3 Cálculo de puestas a tierra

En los sistemas en 10-22.9 kV, se requiere que las instalaciones de redes primarias garanticen la seguridad de las personas y operación del sistema.

En las redes primarias se instalará puestas a tierra tipo PAT-1 en estructuras de seccionamiento, derivaciones, anclajes y SEDs de distribución (PAT-2) el resto de las estructuras tendrán una puesta a tierra tipo PAT-3.

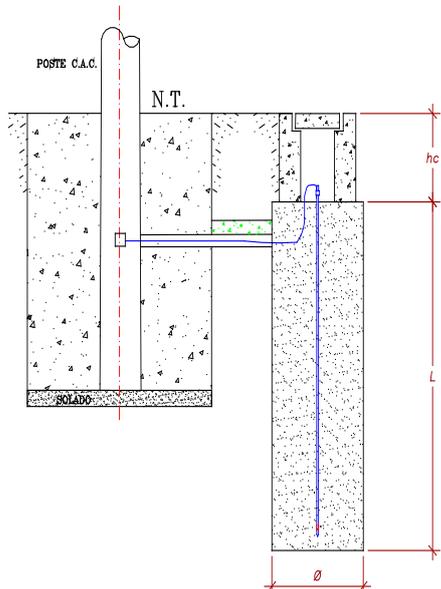
La resistencia de puesta a tierra del sistema PAT-1 resulta de aplicar la siguiente fórmula:

$$R = \frac{1}{2 * \pi * L} \left[ \rho * \left( \operatorname{Ln} \left( \frac{4L}{r_1} \right) - 1 \right) + \rho_1 * \left( \operatorname{Ln} \left( \frac{4L}{r} \right) - 1 \right) - \rho_1 * \left( \operatorname{Ln} \left( \frac{4L}{r_1} \right) - 1 \right) \right] \quad 7$$

Los resultados del procedimiento de cálculo para los tipos PAT-1 (ver Tabla 6) y PAT-3 (ver Tabla 7) se muestran a continuación.

**Tabla 6. Cálculo de resistencia de puesta a tierra tipo PAT-1**

\* UNA VARILLA TIPO PAT - 1 (con tratamiento)



**Datos Preliminares:**

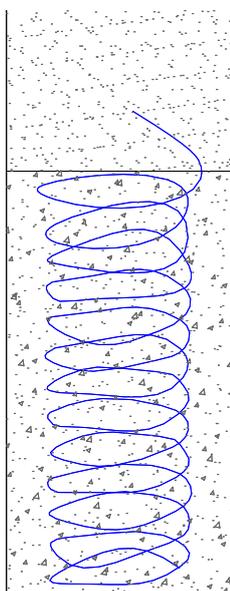
L = 2.40 m  
 r = 0.008 m  
 hc = 0.35 m  
 Ø = 1.00 m  
 $\rho_1$  (suelo artificial) = 1.00  $\Omega$  -m  
 $r_1$  (suelo artificial) = 1.00 m

$$R = \frac{1}{2 * \pi * L} \left[ \rho * \left( \operatorname{Ln} \left( \frac{4L}{r_1} \right) - 1 \right) + \rho_1 * \left( \operatorname{Ln} \left( \frac{4L}{r} \right) - 1 \right) - \rho_1 * \left( \operatorname{Ln} \left( \frac{4L}{r_1} \right) - 1 \right) \right]$$

Nº	Descripción del Terreno	Resistividad terreno (ohm-m)	R PAT-1 (ohm)	R Requerido (ohm)	Observación
1.00	Tierra vegetal	50.00	4.50	< 25	Cumple

**Tabla 7. Cálculo de resistencia de puesta a tierra tipo PAT-3**

\* **Electrodo Espiral:** Consiste en un cable de Cu o similar desnudo en espiral de diferentes diámetros y enterrados a diferentes profundidades para hacer contacto con las diferentes capas de la tierra



Datos Preliminares:

$$L = 9.00 \text{ m}$$

$$R = \frac{2 * \rho}{L}$$

Nº	Descripción del Terreno	Resistividad terreno (ohm-m)	R PAT-2 (ohm)	R Requerido (ohm)	Observación
1.00	Tierra vegetal / arcilla húmeda	50.00	11.11	< 25	Cumple

## 2.4 Cálculo mecánico de conductores

Los conductores para redes primarias aéreas serán de AAAC-35mm<sup>2</sup>. Las características del conductor utilizado se muestran en la Tabla 8:

**Tabla 8. Características Técnicas de los Conductores**

CARACTERÍSTICAS DE CONDUCTORES DE AAAC						PARAMETROS DE LINEA				
CALIBRE	Nº HILOS	DIAMETRO HILO	DIAMETRO CONDUCTOR	RESISTENCIA ELECTRICA 20 °C	CAPACIDAD CORRIENTE	DMG	Resistencia a 40°C R	Reactancia Inductiva X	Capacitancia de la línea B	Potencia transmitida a Tensión de Operación (MVA)
mm <sup>2</sup>		mm	mm	Ohm/Km	A(*)	(m)	ohm/km	(Ohm/km)	(nF/Km)	
35	7	2.52	7.6	0.952	160	1.134	1.0205	0.4480	11.11	6.34
50	7	3.02	9.1	0.663	195	1.134	0.7107	0.4345	11.52	7.73
70	19	2.15	10.8	0.484	235	1.134	0.5188	0.4216	11.95	9.31
95	19	2.52	12.6	0.352	300	1.134	0.3773	0.4100	12.36	11.89
120	19	2.85	14.3	0.275	340	1.134	0.2948	0.4004	12.72	13.47

En la Tabla 9 se detallan las características de la sección del cable seleccionado.

**Tabla 9. Características mecánicas de conductores de aluminio**

<b>TIPO AAAC 35MM2</b>		
Número de alambres		7
Sección	mm <sup>2</sup>	35
Diametro nominal exterior	mm	7.6
Carga de Rotura	N	11060
Masa Longitudinal	kg / km.	95.8
Coefic. Dilatación lineal a 20 °C	1/°C	0.000023
Módulo de elasticidad	N/mm <sup>2</sup>	60760

**Nota. Adaptado de Catálogo Indeco**

En la Tabla 10 se muestran los detalles de las Hipótesis de cálculo mecánico de conductores.

**Tabla 10. Cuadro Nº 1.4 Hipótesis de Cálculo Mecánico de Conductores**

HIPOTESIS I : CONDICIONES DE MAXIMO ESFUERZO
HIPOTESIS II : CONDICIONES DE TEMPLADO
HIPOTESIS III : CONDICIONES DE MAXIMA FLECHA

<b>CONDUCTOR TIPO AAAC 35MM2</b>				
<b>VARIABLE</b>		<b>HIPOTESIS I</b>	<b>HIPOTESIS II</b>	<b>HIPOTESIS III</b>
<u>DATOS PRELIMINARES</u>				
TEMPERATURA °C		15	26	50
VELOCIDAD DEL VIENTO EN Km/h	(V)	60	0.000	0.000
EN m/s		19.5	0.000	0.000
ESFUERZO % TIRO DE ROTURA		0.18	0.500	0.500
ESFUERZO DE DISEÑO EN VANO NORMAL EN N/mm <sup>2</sup> (18% el TR)	(EDS)	.....	56.88	.....
ESFUERZO DE DISEÑO EN VANO FLOJO EN N/mm <sup>2</sup> (7% el TR)	(EDS)	.....	22.12	.....
ESFUERZO MAXIMO ADMISIBLE EN N/mm <sup>2</sup> ( 60% el Tiro de Rotura)		189.60	189.60	189.60
<u>CARGAS EN LOS CONDUCTORES</u>				
CONSTANTE DE PRESION (Para Elevaciones Hasta 3000msnm)	(K)	0.613	0.613	0.613
FACTOR DE FORMA	(Sf)	1	1	1
PRESION DEL VIENTO EN (Pa)	(Pv)	233.09	0.00	0.00
PESO PROPIO DEL CONDUCTOR EN N/m	(W)	0.939	0.939	0.939
PESO APARENTE DEBIDO A LA PRESION DEL VIENTO (N/m)		1.772	0.000	0.000
PESO APARENTE RESULTANTE DE LAS SOBRECARGAS (N/m)		2.005	0.939	0.939

Las hipótesis corresponden a condiciones de máximo esfuerzo, condiciones de templado y condiciones de flecha máxima. En la Tabla 11 se muestran los resultados de la primera hipótesis.

**Tabla 11. Hipótesis I – condiciones de máximo esfuerzo**  
**CONDUCTOR: AAAC 35MM2**

Vano adelante m	M	N	$\sigma$ N/mm <sup>2</sup>	To (N)	f (m)	$\theta$ A	$\theta$ B	TA (N)	TB (N)	Vano Peso m	Vano Viento m
<b>RED DE MEDIA TENSION</b>											
10.00	-72.20	830.73	<b>72.35</b>	2532.41	<b>0.01</b>	0.23	0.23	<b>2532.43</b>	<b>2532.43</b>	5.00	5.00
20.00	-72.03	3322.92	<b>72.66</b>	2542.98	<b>0.04</b>	0.45	0.45	<b>2543.06</b>	<b>2543.06</b>	15.00	15.00
30.00	-71.75	7476.57	<b>73.14</b>	2560.01	<b>0.09</b>	0.67	0.67	<b>2560.18</b>	<b>2560.18</b>	25.00	25.00
40.00	-71.35	13291.69	<b>73.79</b>	2582.73	<b>0.16</b>	0.89	0.89	<b>2583.04</b>	<b>2583.04</b>	35.00	35.00
50.00	-70.84	20768.26	<b>74.58</b>	2610.25	<b>0.24</b>	1.10	1.10	<b>2610.73</b>	<b>2610.73</b>	45.00	45.00
60.00	-70.23	29906.30	<b>75.48</b>	2641.63	<b>0.34</b>	1.30	1.30	<b>2642.32</b>	<b>2642.32</b>	55.00	55.00
70.00	-69.49	40705.79	<b>76.46</b>	2675.99	<b>0.46</b>	1.50	1.50	<b>2676.91</b>	<b>2676.91</b>	65.00	65.00
80.00	-68.65	53166.75	<b>77.50</b>	2712.52	<b>0.59</b>	1.69	1.69	<b>2713.71</b>	<b>2713.71</b>	75.00	75.00
90.00	-67.69	67289.17	<b>78.59</b>	2750.55	<b>0.74</b>	1.88	1.88	<b>2752.03</b>	<b>2752.03</b>	85.00	85.00
100.00	-66.62	83073.05	<b>79.70</b>	2789.50	<b>0.90</b>	2.06	2.06	<b>2791.30</b>	<b>2791.30</b>	95.00	95.00
110.00	-65.44	100518.39	<b>80.83</b>	2828.91	<b>1.07</b>	2.23	2.23	<b>2831.06</b>	<b>2831.06</b>	105.00	105.00
120.00	-64.14	119625.19	<b>81.95</b>	2868.42	<b>1.26</b>	2.40	2.40	<b>2870.94</b>	<b>2870.94</b>	115.00	115.00
130.00	-62.74	140393.45	<b>83.08</b>	2907.73	<b>1.46</b>	2.57	2.57	<b>2910.65</b>	<b>2910.65</b>	125.00	125.00
140.00	-61.22	162823.17	<b>84.19</b>	2946.62	<b>1.67</b>	2.73	2.73	<b>2949.96</b>	<b>2949.96</b>	135.00	135.00
150.00	-59.58	186914.36	<b>85.28</b>	2984.91	<b>1.89</b>	2.88	2.88	<b>2988.69</b>	<b>2988.69</b>	145.00	145.00

En la Tabla 12 se muestran los resultados de la segunda hipótesis.

**Tabla 12. Hipótesis II – condiciones de templado**  
**CONDUCTOR: AAAC 35MM2**

Vano adelante m	$\sigma$ N/mm <sup>2</sup>	To (N)	f (m)	$\theta$ A	$\theta$ B	TA (N)	TB (N)	Vano Peso m	Vano Viento m
<b>RED DE MEDIA TENSION</b>									
10.00	<b>56.88</b>	1990.80	<b>0.01</b>	0.14	0.14	1990.81	1990.81	5.00	5.00
20.00	<b>56.88</b>	1990.80	<b>0.02</b>	0.27	0.27	1990.82	1990.82	15.00	15.00
30.00	<b>56.88</b>	1990.80	<b>0.05</b>	0.41	0.41	1990.85	1990.85	25.00	25.00
40.00	<b>56.88</b>	1990.80	<b>0.09</b>	0.54	0.54	1990.89	1990.89	35.00	35.00
50.00	<b>56.88</b>	1990.80	<b>0.15</b>	0.68	0.68	1990.94	1990.94	45.00	45.00
60.00	<b>56.88</b>	1990.80	<b>0.21</b>	0.81	0.81	1991.00	1991.00	55.00	55.00
70.00	<b>56.88</b>	1990.80	<b>0.29</b>	0.95	0.95	1991.07	1991.07	65.00	65.00
80.00	<b>56.88</b>	1990.80	<b>0.38</b>	1.08	1.08	1991.15	1991.15	75.00	75.00
90.00	<b>56.88</b>	1990.80	<b>0.48</b>	1.22	1.22	1991.25	1991.25	85.00	85.00
100.00	<b>56.88</b>	1990.80	<b>0.59</b>	1.35	1.35	1991.35	1991.35	95.00	95.00
110.00	<b>56.88</b>	1990.80	<b>0.71</b>	1.49	1.49	1991.47	1991.47	105.00	105.00
120.00	<b>56.88</b>	1990.80	<b>0.85</b>	1.62	1.62	1991.60	1991.60	115.00	115.00
130.00	<b>56.88</b>	1990.80	<b>1.00</b>	1.76	1.76	1991.74	1991.74	125.00	125.00
140.00	<b>56.88</b>	1990.80	<b>1.16</b>	1.89	1.89	1991.88	1991.88	135.00	135.00
150.00	<b>56.88</b>	1990.80	<b>1.33</b>	2.03	2.03	1992.04	1992.04	145.00	145.00

En la Tabla 13 se muestran los resultados de la segunda hipótesis.

**Tabla 13. Hipótesis III – Flecha máxima**  
**CONDUCTOR: AAAC 35MM2**

Vano adelante m	M	N	$\sigma$ N/mm <sup>2</sup>	To (N)	f (m)	$\theta A$	$\theta B$	TA (N)	TB (N)	Vano Peso m	Vano Viento m
<b>RED DE MEDIA TENSIÓN</b>											
10.00	-23.28	182.16	<b>23.61</b>	826.38	<b>0.01</b>	0.33	0.33	826.40	826.40	5.00	5.00
20.00	-23.12	728.64	<b>24.34</b>	852.06	<b>0.06</b>	0.63	0.63	852.12	852.12	15.00	15.00
30.00	-22.83	1639.44	<b>25.38</b>	888.27	<b>0.12</b>	0.91	0.91	888.38	888.38	25.00	25.00
40.00	-22.44	2914.56	<b>26.57</b>	929.90	<b>0.20</b>	1.16	1.16	930.09	930.09	35.00	35.00
50.00	-21.93	4554.01	<b>27.82</b>	973.63	<b>0.30</b>	1.38	1.38	973.91	973.91	45.00	45.00
60.00	-21.31	6557.77	<b>29.07</b>	1017.53	<b>0.42</b>	1.59	1.59	1017.92	1017.92	55.00	55.00
70.00	-20.58	8925.85	<b>30.30</b>	1060.58	<b>0.54</b>	1.77	1.77	1061.09	1061.09	65.00	65.00
80.00	-19.74	11658.26	<b>31.49</b>	1102.23	<b>0.68</b>	1.95	1.95	1102.87	1102.87	75.00	75.00
90.00	-18.78	14754.98	<b>32.63</b>	1142.20	<b>0.83</b>	2.12	2.12	1142.98	1142.98	85.00	85.00
100.00	-17.71	18216.02	<b>33.73</b>	1180.39	<b>0.99</b>	2.28	2.28	1181.33	1181.33	95.00	95.00
110.00	-16.53	22041.39	<b>34.76</b>	1216.77	<b>1.17</b>	2.43	2.43	1217.87	1217.87	105.00	105.00
120.00	-15.23	26231.08	<b>35.75</b>	1251.36	<b>1.35</b>	2.58	2.58	1252.63	1252.63	115.00	115.00
130.00	-13.83	30785.08	<b>36.69</b>	1284.21	<b>1.54</b>	2.72	2.72	1285.66	1285.66	125.00	125.00
140.00	-12.31	35703.41	<b>37.58</b>	1315.39	<b>1.75</b>	2.86	2.86	1317.03	1317.03	135.00	135.00
150.00	-10.67	40986.06	<b>38.43</b>	1344.97	<b>1.96</b>	3.00	3.00	1346.81	1346.81	145.00	145.00

En la Tabla 14 se muestran una comparación de las tres hipótesis.

**Tabla 14. Resumen de cálculo de esfuerzos, flechas y tensiones**  
**CONDUCTOR: AAAC 35MM2**

Vano adelante	HIPOSTESIS I			HIPOSTESIS II			HIPOSTESIS III		
	$\sigma$ (N/mm <sup>2</sup> )	To (N)	f (m)	$\sigma$ (N/mm <sup>2</sup> )	To (N)	f (m)	$\sigma$ (N/mm <sup>2</sup> )	To (N)	f (m)
<b>RED DE MEDIA TENSIÓN</b>									
10.00	72.35	2532.41	0.01	56.88	1990.80	0.01	23.61	826.38	0.01
20.00	72.66	2542.98	0.04	56.88	1990.80	0.02	24.34	852.06	0.06
30.00	73.14	2560.01	0.09	56.88	1990.80	0.05	25.38	888.27	0.12
40.00	73.79	2582.73	0.16	56.88	1990.80	0.09	26.57	929.90	0.20
50.00	74.58	2610.25	0.24	56.88	1990.80	0.15	27.82	973.63	0.30
60.00	75.48	2641.63	0.34	56.88	1990.80	0.21	29.07	1017.53	0.42
70.00	76.46	2675.99	0.46	56.88	1990.80	0.29	30.30	1060.58	0.54
80.00	77.50	2712.52	0.59	56.88	1990.80	0.38	31.49	1102.23	0.68
90.00	78.59	2750.55	0.74	56.88	1990.80	0.48	32.63	1142.20	0.83
100.00	79.70	2789.50	0.90	56.88	1990.80	0.59	33.73	1180.39	0.99
110.00	80.83	2828.91	1.07	56.88	1990.80	0.71	34.76	1216.77	1.17
120.00	81.95	2868.42	1.26	56.88	1990.80	0.85	35.75	1251.36	1.35
130.00	83.08	2907.73	1.46	56.88	1990.80	1.00	36.69	1284.21	1.54
140.00	84.19	2946.62	1.67	56.88	1990.80	1.16	37.58	1315.39	1.75
150.00	85.28	2984.91	1.89	56.88	1990.80	1.33	38.43	1344.97	1.96

## 2.5 Cálculo mecánico de estructuras y retenidas

El cálculo mecánico de estructuras tiene por objetivo determinar las cargas mecánicas aplicadas en los postes, cables de retenida, ménsulas y sus accesorios, de tal manera que, en las condiciones más críticas, no se supere los esfuerzos máximos previstos en el Código Nacional de Electricidad y complementariamente en las Normas Internacionales. (Rioja Lora, 2019)

Formulas aplicadas:

- Momento debido a la carga del viento sobre los conductores:

$$MVC \equiv P_v * d * \phi_c * \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right) * \left(\sum h_i\right) \quad 8$$

- Momento debido a la carga de los conductores:

$$MTC \equiv 2 * T_c * \operatorname{sen}\left(\frac{\alpha}{2}\right) * \left(\sum h_i\right) \quad 9$$

- Momento debido a la carga de los conductores en estructuras terminales:

$$MTR \equiv T_c * \left(\sum h_i\right) \quad 10$$

- Momento debido a la carga del viento sobre la estructura

$$MVP \equiv \frac{\left[P_v * h_l^2 * (D_m + 2D_0)\right]}{600} \quad 11$$

- Momento torsor debido a la rotura del conductor en extremo de cruceta:

$$M_t \equiv \left(R_c * T_c * \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right)\right) * B_c \quad 12$$

- Momento flector debido a la rotura del conductor en extremo de cruceta:

$$M_f \equiv \left(R_c * T_c * \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right)\right) * h_A \quad 13$$

- Momento total equivalente por rotura del conductor:

$$MTE \equiv \frac{M_f}{2} + \frac{1}{2} \sqrt{M_f^2 + M_t^2} \quad 14$$

- Momento debido al desequilibrio de cargas verticales

$$MCW \equiv (W_c * L * K_r + WCA + WAD) * B_c \quad 15$$

- Momento total para hipótesis de condiciones normales, en estructura de alineamiento, sin retenidas:

$$MRN = MVC + MTC + MCW + MVP \quad 16$$

- Momento total para hipótesis de rotura del conductor en extremo de cruceta

$$MRF = MVC + MTC + MTE + MVP \quad 17$$

- Momento total en estructuras terminales

$$MRN = MTC + MVP \quad 18$$

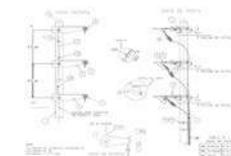
En las tablas a continuación se presentan los resultados del cálculo mecánico de estructuras. Cabe resaltar que este tipo de tablas son de uso común para el cálculo de sistemas de utilización para el presente estudio se utilizó como guía la referencia (ICE Ingenieros Consultores, 2023).

**Tabla 15. Información requerida para el proceso de cálculo del poste PSVM-3**

**CALCULO MECANICO DE ESTRUCTURAS, RETENIDAS, CRUCETAS Y MENSULAS**

**SOPORTE DE SUSPENSION VERTICAL DE 0°-5°, TRIFASICO - ARMADO :**

**PSVM-3**



SELECCIÓN DE POSTE Y CABLE DE RETENIDA		CONDICIONES AMBIENTALES	ESTADO EDS	HIPOTESIS 2 EDS	HIPOTESIS 3 Máximo Viento	HIPOTESIS 4 Máximo Hielo	HIPOTESIS 5 Máx.Temp.
SELECCIONES HIPOTESIS DE CALCULO :	HIPOTESIS 2	Temperatura Ambiente : [°C]	26.00	26.00	15.00	0.00	50.00
LONGITUD Y ESFUERZO DEL POSTE :	13 / 300 / 180 / 375	Espesor del Hielo : [mm]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
TIPO DEL CABLE DE RETENIDA :	A°G°-SIEMENS MARTIN-3/8"Diam.	Velocidad del Viento : [Km/Hr]	0.00	0.00	60.00	0.00	0.00
TIPO DE LA CRUCETA :	MENSULA M / 1,0 / 3000	Presion del Viento : [Kg/m²]	0.00	0.00	15.12	0.00	0.00

INFORMACION REQUERIDO PARA EL PROCESO DE CALCULO							
CARACTERISTICAS DEL POSTE		CARACTERISTICAS DEL CONDUCTOR Y EDS = 18%			CARACTERISTICAS DE LAS CRUCETAS		
Descripción del Poste de CAC	13 / 300 / 180 / 375	Tipo de Conductor	AAAC		Peso de la Ménsula	Wcr [kg]	33.00
Longitud Total del Poste	L [m] 13.00	Sección Del Conductor	[mm²]	35.000	Longitud Nominal de la Ménsula	[m]	1.00
Longitud Libre del Poste	Ll [m] 11.50	Carga de Ruptura	[kg]	994.500	Brazo de la Ménsula	Bc [m]	1.00
Longitud De Empotramiento	He [m] 1.50	Peso unitario del Conductor	[kg/m]	0.096	Carga de Rotura Transversal "T"	[kg]	600.00
Diametro En La Punta	dp [mm] 180.00	Diámetro Del Conductor	[mm]	7.600	Carga de Rotura Longitudinal "F"	[kg]	500.00
Diametro En El Empotramiento	de [mm] 352.50	Distancia Vertical del Conductor R	H <sub>FaseR</sub> [m]	10.800	Carga de Rotura Vertical "V"	[kg]	300.00
Diametro en la base del Poste	db [mm] 375.00	Distancia Vertical del Conductor T	H <sub>FaseS</sub> [m]	9.800	Coefficiente de Seguridad	[Cte.]	2.00
Carga de Rotura del Poste	Qrot [N] 6000.00	Distancia Vertical del Conductor S	H <sub>FaseT</sub> [m]	8.800	Número de Ménsulas en el Armado	[Cte.]	3.00
Carga de Trabajo del Poste	Qt [N] 3000.00	<b>CARACTERISTICAS FISICAS DE LAS RETENIDAS</b>			<b>CONDICIONES AMBIENTALES</b>		
Dist. Aplic. Calc. Respecto a la Punta	[cm] 10.00	Denominación Del Cable	A°G°-SIEMENS MARTIN-3/8"Diam.		Velocidad Del Viento	Vv [km/Hr]	0.00
Modulo de Elasticidad del Concreto	[kg/cm2] 189503.5	Sección Nominal Del Cable	[mm²]	50.00	Presion Del Viento	[kg/m²]	0.00
Peso del Poste	Wp [kg] 1180.00	Carga De Rótura Del Cable	[kg]	3152.00	Fuerza Del Viento Sobre el Poste	Fvp[kg]	0.00
F.S. Según CNE en C. Normal	[Cte.] 2.00	Diámetro Nominal Del Cable	[mm]	10.00	Altura de Aplicación del Viento en I	Z [ m ]	5.129
<b>CARGA DEL OPERADOR Y LOS AISLADORES</b>		Coefficiente de Seguridad [Cte.] 2.00			<b>CALCULO DE LA CARGA CRITICA</b>		
Peso Del Operador :	Wop [kg] 102.00	Distancia Aplic. Retenida Superior	DisRS [m]	0.000	Carga Critica Del Poste por la Compres	Pcr [kg]	13682.99
Peso De Ferrería(PIN) :	Wfe [kg] 12.23	Distancia Aplic. Retenida Intermedio	DisRM [m]	0.000	Momento de Inercia del Poste	I [cm4]	38700.784
		Distancia Aplic. Retenida Inferior	DisRI [m]	0.000			

**Tabla 16. Análisis de esfuerzo de trabajo del poste PSVM-3**

<b>I. ANALISIS DEL ESFUERZO DE TRABAJO DEL POSTE PSVM-3</b>										
<b>ANGULO DE DESVIO DE LINEA</b>	<b>[ ° ]</b>	<b>5</b>	5	5	5	5	5	5	5	5
<b>VANO VIENTO</b>	<b>[ m ]</b>	<b>40</b>	<b>45</b>	<b>50</b>	<b>55</b>	<b>60</b>	<b>65</b>	<b>70</b>	<b>75</b>	<b>80</b>
VANO PESO : [VPESO]	[ m ]	60.00	67.50	75.00	82.50	90.00	97.50	105.00	112.50	120.00
TIRO HORIZONTAL MAXIMO : [TMAX]	[kg]	235.59	236.01	236.47	236.97	237.49	238.04	238.62	239.21	239.83
Fuerza del Viento Sobre el Conductor : [F <sub>VC</sub> ]	[ kg ]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fuerza del Tiro del Conductor : [F <sub>TC</sub> ]	[ kg ]	20.55	20.59	20.63	20.67	20.72	20.77	20.82	20.87	20.92
Fuerza Vertical Sobre el Poste : [W <sub>v</sub> ]	[ kg ]	152.98	155.14	157.30	159.46	161.62	163.78	165.94	168.10	170.26
Momento del Viento en los Conductores : [M <sub>VC</sub> ]	[ kg-m ]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Momento Transversal del Conductor : [M <sub>TC</sub> ]	[ kg-m ]	604.26	605.34	606.51	607.77	609.12	610.53	612.01	613.53	615.11
Momento Transversal de Desequilibrio Vertical : [M <sub>CW</sub> ]	[ kg-m ]	152.98	155.14	157.30	159.46	161.62	163.78	165.94	168.10	170.26
Momento del Viento sobre el Poste : [M <sub>VP</sub> ]	[ kg-m ]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Momento Resultante en Condición Normal : [M <sub>RN</sub> ]	[ kg-m ]	757.23	760.47	763.81	767.23	770.73	774.31	777.94	781.63	785.37
Carga en Punta de Poste en Condición Normal : [Q <sub>N</sub> ]	[ kg ]	66.42	66.71	67.00	67.30	67.61	67.92	68.24	68.56	68.89
Factor de Seguridad del Poste Calculado : [FS <sub>CALC</sub> ]	[Cte.]	90.33	89.94	89.55	89.15	88.75	88.34	87.92	87.51	87.09
<b>1.1. VERIFICACION DE CARGA DE ROTURA DEL POSTE</b>		<b>OK</b>	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
Fuerza Resultante en punta de Poste : [F <sub>R</sub> ]	[ kg ]	66.42	66.71	67.00	67.30	67.61	67.92	68.24	68.56	68.89
Deflexion total del Poste : [δ]	[cm]	4.59	4.61	4.63	4.65	4.67	4.70	4.72	4.74	4.76
Deflexion Porcentual del Poste : [δ (%)]	[ % ]	0.40%	0.40%	0.40%	0.40%	0.41%	0.41%	0.41%	0.41%	0.41%
<b>1.2. VERIFICACION DE LA DEFLEXION MAXIMA [2,5%]</b>		OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	<b>OK</b>
Número de Retenidas : [N <sub>RET</sub> ]	[Cte.]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Angulo de Retenidas : [ ° <sub>RET</sub> ]	[ ° ]	<b>30.00</b>	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00
Tiro del Cable de la Retenidas : [T <sub>RET</sub> ]	[ N ]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Factor de Seguridad de Retenidas Calculado: [FS <sub>CALC</sub> ]	[Cte.]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>VERIFICACION DEL USO DEL N° DE RETENIDAS</b>		<b>OK</b>	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
Carga Vertical de la Retenida : [T <sub>VRET</sub> ]	[ kg ]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Carga Vertical Actuante Sobre Poste : [W <sub>VERT</sub> ]	[ kg ]	1332.98	1335.14	1337.30	1339.46	1341.62	1343.78	1345.94	1348.10	1350.26
Factor de Seg. del Poste por Pandeo : [FS <sub>CALC</sub> ]	[Cte.]	10.26	10.25	10.23	10.22	10.20	10.18	10.17	10.15	10.13
<b>1.3. VERIFICACION DEL PANDEO X CARGAS VERTICALES</b>		OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	<b>OK</b>

**Tabla 17. Análisis de esfuerzo en la ménsula y esfuerzo de rotura de conductor en la ménsula superior poste PSVM-3**

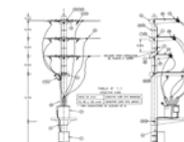
<b>II. ANALISIS DE ESFUERZOS EN LA MENSULA</b>										
Carga de Rotura Transversal "T"	[ kg ]	117.80	118.01	118.24	118.48	118.74	119.02	119.31	119.61	119.91
FS Calculado de la Carga Transversal	[ cte. ]	5.09	5.08	5.07	5.06	5.05	5.04	5.03	5.02	5.00
<b>VERIFICACION DE : Carga de Rotura Transversal "T"</b>		<b>OK</b>	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
Carga de Rotura Longitudinal "F"	[ kg ]	20.55	20.59	20.63	20.67	20.72	20.77	20.82	20.87	20.92
FS Calculado de la Carga Longitudinal	[ cte. ]	24.33	24.28	24.24	24.19	24.13	24.08	24.02	23.96	23.90
<b>VERIFICACION DE : Carga de Rotura Longitudinal "F"</b>		OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	<b>OK</b>
Carga de Rotura Vertical "V"	[ kg ]	34.49	35.21	35.93	36.65	37.37	38.09	38.81	39.53	40.25
FS Calculado de la Carga Longitudinal	[ cte. ]	8.70	8.52	8.35	8.18	8.03	7.88	7.73	7.59	7.45
<b>VERIFICACION DE : Carga de Rotura Vertical "V"</b>		OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	<b>OK</b>
<b>III. ESFUERZO EN EL POSTE POR ROTURA DE CONDUCTOR EN LA MENSULA SUPERIOR</b>										
Momento Torsor	[ kg -m]	117.68	117.90	118.12	118.37	118.63	118.91	119.19	119.49	119.80
Momento Flector Debido a la Rotura del Conductor	[ kg -m]	1271.00	1273.27	1275.74	1278.40	1281.22	1284.19	1287.30	1290.51	1293.83
Momento Total Equivalente	[ kg -m]	1273.72	1275.99	1278.47	1281.13	1283.96	1286.94	1290.05	1293.27	1296.59
Carga en Punta de Poste en Condición Normal	[ kg ]	112.22	112.42	112.64	112.87	113.12	113.39	113.66	113.94	114.24
FS Calculado de la Carga de Rotura del Poste	[ cte. ]	53.47	53.37	53.27	53.16	53.04	52.92	52.79	52.66	52.52
<b>VERIFICACION DE : Carga de Rotura del Poste</b>		OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	<b>OK</b>

**Tabla 18. Información requerida para el proceso de cálculo del poste PMI-13**

**CALCULO MECANICO DE ESTRUCTURAS, RETENIDAS, CRUCETAS Y MENSULAS**

**SOPORTE DE ANGULO DE DE 60° - 90°, TRIFASICO - ARMADO :**

**PMI**



SELECCIÓN DE POSTE Y CABLE DE RETENIDA		CONDICIONES AMBIENTALES	ESTADO EDS	HIPOTESIS 2 EDS	HIPOTESIS 3 Máximo Viento	HIPOTESIS 4 Máximo Hielo	HIPOTESIS 5 Máx.Temp.
SELECCIONES HIPOTESIS DE CALCULO :	HIPOTESIS 4	Temperatura Ambiente : [°C]	26.00	26.00	15.00	0.00	50.00
LONGITUD Y ESFUERZO DEL POSTE :	13 / 600 / 180 / 375	Espesor del Hielo : [mm]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
TIPO DEL CABLE DE RETENIDA :	A°G°-SIEMENS MARTIN-3/8"Diam.	Velocidad del Viento : [Km/Hr]	0.00	0.00	60.00	0.00	0.00
		Presion del Viento : [Kg/m²]	0.00	0.00	15.12	0.00	0.00

**INFORMACION REQUERIDO PARA EL PROCESO DE CALCULO**

CARACTERISTICAS DEL POSTE		CARACTERISTICAS DEL CONDUCTOR Y EDS = 18%		CARACTERISTICAS FISICAS DE LAS RETENIDAS	
Descripción del Poste de CAC	13 / 600 / 180 / 375	Tipo de Conductor	AAAC	Denominación Del Cable	A°G°-SIEMENS MARTIN-3/8"Diam.
Longitud Total del Poste	L [m] 13.00	Sección Del Conductor	[mm2] 35.000	Sección Nominal Del Cable	[mm2] 50.00
Longitud Libre del Poste	Ll [m] 11.50	Carga de Ruptura	[kg] 994.500	Carga De Rótura Del Cable	[kg] 3152.00
Longitud De Empotramiento	He [m] 1.50	Peso unitario del Conductor	[kg/m] 0.096	Diámetro Nominal Del Cable	[mm] 10.00
Diámetro En La Punta	dp [mm] 180.00	Diámetro Del Conductor	[mm] 7.600	Coefficiente de |	[Cte.] 2.00
Diámetro En El Empotramiento	de [mm] 352.50	Distancia Vertical del Conductor R	H <sub>FaseR</sub> [m] 11.550	Distancia Aplic. Retenida Superior	DisRS [m] 11.300
Diámetro en la base del Poste	db [mm] 375.00	Distancia Vertical del Conductor T	H <sub>FaseS</sub> [m] 10.150	Distancia Aplic. Retenida Intermedio	DisRM [m] 10.300
Carga de Rotura del Poste	Qrup [kg] 12000.00	Distancia Vertical del Conductor S	H <sub>FaseT</sub> [m] 9.750	Distancia Aplic. Retenida Inferior	DisRI [m] 9.300
Carga de Trabajo del Poste	Qt [N] 6000.00	<b>CALCULO DE LA CARGA CRITICA</b>		<b>CONDICIONES AMBIENTALES</b>	
Dist. Aplic. Calc. Respecto a la Punta	[cm] 10.00	Carga Critica Del Poste x Compresión.	Pcr [kg] 13682.99	Velocidad Del Viento	Vv [km/Hr] 0.00
Modulo de Elasticidad del Concreto	[kg/cm2] 189503.50	Momento de Inercia del Poste	I [cm4] 38700.784	Presion Del Viento	[kg/m²] 0.00
Peso del Poste	Wp [kg] 1250.00	<b>CARGA DEL OPERADOR Y LOS AISLADORES</b>		Fuerza Del Viento Sobre el Poste	Fvp[kg] 0.00
F.S. Según CNE en C. Normal	[Cte.] 2.00	Peso Del Operador :	Wop [kg] 102.00	Altura de Aplicación del Viento en Poste	Z [ m ] 5.129
		Peso De Ferrería (SUSPENSION) :	Wfe [kg] 10.19	Momento debido al Viento en el Poste	Mvp [kg-m] 0.00

**Tabla 19. Análisis de esfuerzo de trabajo del poste PMI-13**

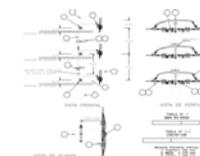
<b>I. ANALISIS DEL ESFUERZO DE TRABAJO DEL POSTE</b>												
<b>ANGULO DE DESVIO DE LINEA</b>		[ ° ]	<b>90</b>	<b>90</b>	<b>90</b>	<b>90</b>	<b>90</b>	<b>90</b>	<b>90</b>	<b>90</b>	<b>90</b>	
<b>VANO VIENTO</b>		[ m ]	<b>30</b>	<b>50</b>	<b>70</b>	<b>90</b>	<b>110</b>	<b>130</b>	<b>150</b>	<b>170</b>	<b>190</b>	<b>210</b>
VANO PESO	: [VPESO]	[ m ]	45.00	75.00	105.00	135.00	165.00	195.00	225.00	255.00	285.00	315.00
TIRO HORIZONTAL MAXIMO	: [TMAX]	[kg]	71.54	82.98	93.34	102.46	110.43	117.42	123.55	128.93	130.18	130.18
Fuerza del Viento Sobre el Conductor	: [F <sub>VC</sub> ]	[ kg ]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fuerza del Tiro del Conductor	: [F <sub>TC</sub> ]	[ kg ]	101.17	117.35	132.01	144.90	156.18	166.06	174.72	182.34	184.10	184.10
Cargas Verticales Sobre el Poste	: [W <sub>V</sub> ]	[ kg ]	176.12	184.76	193.40	202.04	210.68	219.32	227.96	236.60	245.24	253.88
Momento del Viento en los Conductores	: [M <sub>VC</sub> ]	[ kg-m ]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Momento por el Tiro de los Conductores	: [M <sub>TC</sub> ]	[ kg-m ]	3181.85	3690.68	4151.69	4557.05	4911.81	5222.48	5495.03	5734.64	5789.93	5789.93
Momento debido al Desequilibrio Vertical	: [M <sub>CW</sub> ]	[ kg-m ]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Momento del Viento sobre el poste	: [M <sub>VP</sub> ]	[ kg-m ]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Momento Resultante en Condición Normal	: [M <sub>RN</sub> ]	[ kg-m ]	3181.85	3690.68	4151.69	4557.05	4911.81	5222.48	5495.03	5734.64	5789.93	5789.93
Carga en Punta de Poste en Condición Normal	: [QN]	[ kg ]	280.34	325.17	365.79	401.50	432.76	460.13	484.14	505.25	510.13	510.13
Factor de Seguridad del Poste Calculado	: [FS <sub>CALC</sub> ]	[Cte.]	42.81	36.90	32.81	29.89	27.73	26.08	24.79	23.75	23.52	23.52
<b>VERIFICACION DE CARGA DE ROTURA DEL POSTE</b>			<b>OK</b>	<b>OK</b>	<b>OK</b>	<b>OK</b>	<b>OK</b>	<b>OK</b>	<b>OK</b>	<b>OK</b>	<b>OK</b>	<b>OK</b>
Fuerza Resultante en punta de Poste	: [F <sub>R</sub> ]	[ kg ]	280.34	325.17	365.79	401.50	432.76	460.13	484.14	505.25	510.13	510.13
Deflexion total del Poste	: [δ]	[ cm ]	19.38	22.48	25.29	27.75	29.91	31.81	33.47	34.93	35.26	35.26
Deflexion Porcentual del Poste	: [δ (%)]	[ % ]	1.69%	1.95%	2.20%	2.41%	<b>2.60%</b>	<b>2.77%</b>	<b>2.91%</b>	<b>3.04%</b>	<b>3.07%</b>	<b>3.07%</b>
<b>VERIFICACION DE LA DEFLEXION MAXIMA [2,5%]</b>			<b>OK</b>	<b>OK</b>	<b>OK</b>	<b>OK</b>	<b>Use Retenida</b>	Use Retenida	Use Retenida	Use Retenida	Use Retenida	Use Retenida
Número de Retenidas	: [N <sub>RET</sub> ]	[Cte.]	<b>1.00</b>	<b>2.00</b>	<b>2.00</b>	<b>2.00</b>	<b>2.00</b>	<b>2.00</b>	<b>2.00</b>	<b>2.00</b>	<b>2.00</b>	<b>2.00</b>
Número Total de Retenidas	: [N <sub>RET</sub> ]	[Cte.]	<b>2.00</b>	<b>4.00</b>	<b>4.00</b>	<b>4.00</b>	<b>4.00</b>	<b>4.00</b>	<b>4.00</b>	<b>4.00</b>	<b>4.00</b>	<b>4.00</b>
Angulo de Retenidas	: [ ° <sub>RET</sub> ]	[ ° ]	<b>30.00</b>	<b>30.00</b>	<b>30.00</b>	<b>30.00</b>	<b>30.00</b>	<b>30.00</b>	<b>30.00</b>	<b>30.00</b>	<b>30.00</b>	<b>30.00</b>
Tiro del Cable de la Retenidas	: [T <sub>RET</sub> ]	[ N ]	398.21	241.64	271.82	298.36	321.59	341.93	359.78	375.46	379.08	379.08
Factor de Seguridad de Retenidas Calculado:	[FS <sub>CALC</sub> ]	[Cte.]	7.92	13.04	11.60	10.56	9.80	9.22	8.76	8.39	8.31	8.31
<b>VERIFICACION DEL USO DEL N° DE RETENIDAS</b>			<b>OK</b>	<b>OK</b>	<b>OK</b>	<b>OK</b>	<b>OK</b>	<b>OK</b>	<b>OK</b>	<b>OK</b>	<b>OK</b>	<b>OK</b>
Carga Vertical de la Retenida	: [T <sub>VRET</sub> ]	[ kg ]	689.73	837.06	941.62	1033.56	1114.02	1184.48	1246.30	1300.64	1313.18	1313.18
Carga Vertical Actuante Sobre Poste	: [W <sub>VERT</sub> ]	[ kg ]	2115.85	2271.83	2385.03	2485.60	2574.70	2653.80	2724.26	2787.24	2808.42	2817.06
Factor de Seg. del Poste por Pandeo	: [FS <sub>CALC</sub> ]	[Cte.]	6.47	6.02	5.74	5.50	5.31	5.16	5.02	4.91	4.87	4.86
<b>VERIFICACION DEL PANDEO X CARGAS VERTICALES</b>			<b>OK</b>	<b>OK</b>	<b>OK</b>	<b>OK</b>	<b>OK</b>	<b>OK</b>	<b>OK</b>	<b>OK</b>	<b>OK</b>	<b>OK</b>

**Tabla 20. Información requerida para el proceso de cálculo del poste PRVM-3**

**CALCULO MECANICO DE ESTRUCTURAS, RETENIDAS, CRUCETAS Y MENSULAS**

**SOPORTE DE RETENCION VERTICAL EN MENSULA 3φ-ARMADO:**

**PRVM-3**



SELECCIÓN DE POSTE Y CABLE DE RETENIDA	CONDICIONES AMBIENTALES	ESTADO EDS	HIPOTESIS 2 EDS	HIPOTESIS 3 Máximo Viento	HIPOTESIS 4 Máximo Hielo	HIPOTESIS 5 Máx. Temp.
SELECCIONES HIPOTESIS DE CALCULO : <input type="text" value="HIPOTESIS 2"/>	Temperatura Ambiente : [°C]	26.00	26.00	15.00	0.00	50.00
LONGITUD Y ESFUERZO DEL POSTE : <input type="text" value="13 / 600 / 180 / 375"/>	Espesor del Hielo : [mm]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
TIPO DEL CABLE DE RETENIDA : <input diam."="" type="text" value="A°G°-SIEMENS MARTIN-3/8"/>	Velocidad del Viento : [Km/Hr]	0.00	0.00	60.00	0.00	0.00
TIPO DE LA CRUCETA : <input type="text" value="MENSULA M / 1,0 / 5000"/>	Presion del Viento : [Kg/m²]	0.00	0.00	15.12	0.00	0.00

INFORMACION REQUERIDO PARA EL PROCESO DE CALCULO						
CARACTERISTICAS DEL POSTE		CARACTERISTICAS DEL CONDUCTOR Y EDS = 18%			CARACTERISTICAS DE LAS CRUCETAS	
Descripción del Poste de CAC	<b>13 / 600 / 180 / 375</b>	Tipo de Conductor	AAAC	Peso de la Ménsula	Wcr [kg]	75.00
Longitud Total del Poste	L [m] 13.00	Sección Del Conductor	[mm <sup>2</sup> ] 35.000	Longitud Nominal de la Ménsula	[m]	1.00
Longitud Libre del Poste	Ll [m] 11.50	Carga de Ruptura	[kg] 994.500	Brazo de Cruceta	Bc [m]	0.90
Longitud De Empotramiento	He [m] 1.50	Peso unitario del Conductor	[kg/m] 0.096	Carga de Rotura Transversal "T"	[kg]	1000.00
Diametro En La Punta	dp [mm] 180.00	Diámetro Del Conductor	[mm] 7.600	Carga de Rotura Longitudinal "F"	[kg]	500.00
Diametro En El Empotramiento	de [mm] 352.50	Distancia Vertical del Conductor R	H <sub>FaseR</sub> [m] <b>11.300</b>	Carga de Rotura Vertical "V"	[kg]	300.00
Diametro en la base del Poste	db [mm] 375.00	Distancia Vertical del Conductor T	H <sub>FaseS</sub> [m] <b>10.400</b>	Coefficiente de Seguridad	[Cte.]	2.00
Carga de Rotura del Poste	Qrot [N] <b>12000.00</b>	Distancia Vertical del Conductor S	H <sub>FaseT</sub> [m] <b>9.500</b>	Número de Ménsulas en el Armado	[Cte.]	<b>3.00</b>
Carga de Trabajo del Poste	Qt [N] <b>6000.00</b>	CARACTERISTICAS FISICAS DE LAS RETENIDAS		CONDICIONES AMBIENTALES		
Dist. Aplic. Calc. Respecto a la Punta	[cm] 10.00	Denominación Del Cable	A°G°-SIEMENS MARTIN-3/8" Diam.	Velocidad Del Viento	Vv [km/Hr]	<b>0.00</b>
Modulo de Elasticidad del Concreto	[kg/cm <sup>2</sup> ] 189503	Sección Nominal Del Cable	[mm <sup>2</sup> ] 50.00	Presion Del Viento	[kg/m <sup>2</sup> ]	0.00
Peso del Poste	Wp [kg] 1250.00	Carga De Rótura Del Cable	[kg] 3152.00	Fuerza Del Viento Sobre el Poste	Fvp[kg]	0.00
F.S. Según CNE en C. Normal	[Cte.] 2.00	Diámetro Nominal Del Cable	[mm] 10.00	Altura de Aplicación del Viento en Poste	Z [ m ]	5.129
CARGA DEL OPERADOR Y LOS AISLADORES		CALCULO DE LA CARGA CRITICA				
Peso Del Operador :	Wop [kg] 102.00	Distancia Aplic. Retenida Superior	DisRS [m] <b>11.300</b>	Carga Critica Del Poste por la Compres	Pcr [kg]	13682.99
Peso De Ferreteria (PIN) :	Wfe [kg] 12.23	Distancia Aplic. Retenida Intermedio	DisRM [m] <b>10.300</b>	Momento de Inercia del Poste	I [cm <sup>4</sup> ]	38700.784
Peso De Ferreteria (SUSPENSION) :	Wfe [kg] 10.19	Distancia Aplic. Retenida Inferior	DisRI [m] <b>9.300</b>			

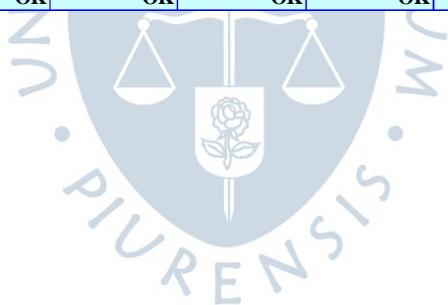
**Tabla 21. Análisis de esfuerzo de trabajo del poste PRVM-3**

<b>I. ANALISIS DEL ESFUERZO DE TRABAJO DEL POSTE</b>										
<b>ANGULO DE DESVIO DE LINEA</b>	<b>[ ° ]</b>	<b>5</b>	5	5	5	5	5	5	5	5
<b>VANO VIENTO</b>	<b>[ m ]</b>	<b>40</b>	<b>45</b>	<b>50</b>	<b>55</b>	<b>60</b>	<b>65</b>	<b>70</b>	<b>75</b>	<b>80</b>
VANO PESO : [VPESO]	[ m ]	60.00	67.50	75.00	82.50	90.00	97.50	105.00	112.50	120.00
TIRO HORIZONTAL MAXIMO : [TMAX]	[kg]	235.59	236.01	236.47	236.97	237.49	238.04	238.62	239.21	239.83
Fuerza del Viento Sobre el Conductor : [F <sub>VC</sub> ]	[ kg ]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fuerza del Tiro del Conductor : [F <sub>TC</sub> ]	[ kg ]	235.59	236.01	236.47	236.97	237.49	238.04	238.62	239.21	239.83
Fuerza Vertical Sobre el Poste : [W <sub>V</sub> ]	[ kg ]	292.14	294.30	296.46	298.62	300.78	302.94	305.10	307.26	309.42
Momento del Viento en los Conductores : [M <sub>VC</sub> ]	[ kg-m ]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Momento Transversal del Conductor : [M <sub>TC</sub> ]	[ kg-m ]	7350.54	7363.66	7377.96	7393.33	7409.66	7426.85	7444.80	7463.40	7482.57
Momento Transversal de Desequilibrio Vertical : [M <sub>CW</sub> ]	[ kg-m ]	268.11	270.70	273.29	275.89	278.48	281.07	283.66	286.25	288.85
Momento del Viento sobre el Poste : [M <sub>VP</sub> ]	[ kg-m ]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Momento Resultante en Condición Normal : [M <sub>RN</sub> ]	[ kg-m ]	7618.65	7634.37	7651.25	7669.21	7688.14	7707.92	7728.46	7749.65	7771.41
Carga en Punta de Poste en Condición Normal : [Q <sub>N</sub> ]	[ kg ]	671.25	672.63	674.12	675.70	677.37	679.11	680.92	682.79	684.71
Factor de Seguridad del Poste Calculado : [FS <sub>CALC</sub> ]	[Cte.]	17.88	17.84	17.80	17.76	17.72	17.67	17.62	17.57	17.53
<b>1.1. VERIFICACION DE CARGA DE ROTURA DEL POSTE</b>		<b>OK</b>	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
Fuerza Resultante en punta de Poste : [F <sub>R</sub> ]	[ kg ]	671.25	672.63	674.12	675.70	677.37	679.11	680.92	682.79	684.71
Deflexion total del Poste : [δ]	[cm]	46.40	46.50	46.60	46.71	46.82	46.94	47.07	47.20	47.33
Deflexion Porcentual del Poste : [δ (%)]	[ % ]	<b>4.03%</b>	<b>4.04%</b>	<b>4.05%</b>	<b>4.06%</b>	<b>4.07%</b>	<b>4.08%</b>	<b>4.09%</b>	<b>4.10%</b>	<b>4.12%</b>
<b>1.2. VERIFICACION DE LA DEFLEXION MAXIMA [2,5%]</b>		<b>Use Retenida</b>	Use Retenida	Use Retenida	Use Retenida	Use Retenida	Use Retenida	Use Retenida	Use Retenida	Use Retenida
Número de Retenidas : [N <sub>RET</sub> ]	[Cte.]	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	<b>2.00</b>
Angulo de Retenidas : [ ° <sub>RET</sub> ]	[ ° ]	<b>30.00</b>	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00
Tiro del Cable de la Retenidas : [T <sub>RET</sub> ]	[ N ]	705.43	706.89	708.45	710.11	711.86	713.70	715.60	717.56	719.58
Factor de Seguridad de Retenidas Calculado: [FS <sub>CALC</sub> ]	[Cte.]	4.47	4.46	4.45	4.44	4.43	4.42	4.40	4.39	4.38
<b>VERIFICACION DEL USO DEL N° DE RETENIDAS</b>		<b>OK</b>	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
Carga Vertical de la Retenida : [T <sub>VRET</sub> ]	[ kg ]	1221.84	1224.36	1227.07	1229.95	1232.99	1236.16	1239.45	1242.85	1246.34
Carga Vertical Actuante Sobre Poste : [W <sub>VERT</sub> ]	[ kg ]	2763.98	2768.66	2773.53	2778.57	2783.76	2789.10	2794.55	2800.11	2805.76
Factor de Seg. del Poste por Pandeo : [FS <sub>CALC</sub> ]	[Cte.]	4.95	4.94	4.93	4.92	4.92	4.91	4.90	4.89	4.88
<b>1.3. VERIFICACION DEL PANDEO X CARGAS VERTICALES</b>		OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	<b>OK</b>

**Tabla 22. Análisis de esfuerzo en la ménsula y esfuerzo de rotura de conductor en la ménsula superior poste PRVM-3**

<b>II. ANALISIS DE ESFUERZOS EN LA MENSULA</b>										
Carga de Rotura Transversal "T"	[ kg ]	117.80	118.01	118.24	118.48	118.74	119.02	119.31	119.61	119.91
FS Calculado de la Carga Transversal	[ cte. ]	8.49	8.47	8.46	8.44	8.42	8.40	8.38	8.36	8.34
<b>VERIFICACION DE : Carga de Rotura Transversal "T"</b>		<b>OK</b>	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
Carga de Rotura Longitudinal "F"	[ kg ]	20.55	20.59	20.63	20.67	20.72	20.77	20.82	20.87	20.92
FS Calculado de la Carga Longitudinal	[ cte. ]	24.33	24.28	24.24	24.19	24.13	24.08	24.02	23.96	23.90
<b>VERIFICACION DE : Carga de Rotura Longitudinal "F"</b>		OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	<b>OK</b>
Carga de Rotura Vertical "V"	[ kg ]	92.99	93.71	94.43	95.15	95.87	96.59	97.31	98.03	98.75
FS Calculado de la Carga Longitudinal	[ cte. ]	3.23	3.20	3.18	3.15	3.13	3.11	3.08	3.06	3.04
<b>VERIFICACION DE : Carga de Rotura Vertical "V"</b>		<b>OK</b>	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK

<b>III. ANALISIS DE ESFUERZOS EN EL POSTE</b>										
Momento Torsor	[ kg -m]	105.92	106.11	106.31	106.53	106.77	107.02	107.27	107.54	107.82
Momento Flector Debido a la Rotura del Conductor	[ kg -m]	1329.84	1332.21	1334.80	1337.58	1340.54	1343.65	1346.89	1350.26	1353.73
Momento Total Equivalente	[ kg -m]	1331.95	1334.32	1336.92	1339.70	1342.66	1345.77	1349.03	1352.40	1355.87
Carga en Punta de Poste en Condición Normal	[ kg ]	117.35	117.56	117.79	118.04	118.30	118.57	118.86	119.15	119.46
FS Calculado de la Carga Transversal	[ cte. ]	8.52	8.51	8.49	8.47	8.45	8.43	8.41	8.39	8.37
<b>VERIFICACION DE : Carga de Rotura del Poste</b>		OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	<b>OK</b>



**Tabla 23. Información requerida para el proceso de cálculo del poste PTVM-3**

**CALCULO MECANICO DE ESTRUCTURAS, RETENIDAS, CRUCETAS Y MENSULAS**

**SOPORTE DE TERMINAL VERTICAL EN MENSULA 3φ-ARMADO:**

**PTVM-3**



SELECCIÓN DE POSTE Y CABLE DE RETENIDA	CONDICIONES AMBIENTALES	ESTADO EDS	HIPOTESIS 2 EDS	HIPOTESIS 3 Máximo Viento	HIPOTESIS 4 Máximo Hielo	HIPOTESIS 5 Máx. Temp.
SELECCIONES HIPOTESIS DE CALCULO : <input type="text" value="HIPOTESIS 2"/>	Temperatura Ambiente : [°C]	26.00	26.00	15.00	0.00	50.00
LONGITUD Y ESFUERZO DEL POSTE : <input type="text" value="13 / 600 / 180 / 375"/>	Espesor del Hielo : [mm]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
TIPO DEL CABLE DE RETENIDA : <input diam."="" type="text" value="A°G°-SIEMENS MARTIN-3/8"/>	Velocidad del Viento : [Km/Hr]	0.00	0.00	60.00	0.00	0.00
TIPO DE LA CRUCETA : <input type="text" value="MENSULA M / 1,0 / 5000"/>	Presion del Viento : [Kg/m²]	0.00	0.00	15.12	0.00	0.00

**INFORMACION REQUERIDO PARA EL PROCESO DE CALCULO**

CARACTERISTICAS DEL POSTE		CARACTERISTICAS DEL CONDUCTOR Y EDS = 18%		CARACTERISTICAS DE LAS MENSULAS	
Descripción del Poste de CAC	<b>13 / 600 / 180 / 375</b>	Tipo de Conductor	AAAC	Peso de la Ménsula	Wcr [kg] 75.00
Longitud Total del Poste	L [m] 13.00	Sección Del Conductor	[mm²] 35.000	Longitud Nominal de la Ménsula	[m] 1.00
Longitud Libre del Poste	Ll [m] 11.50	Carga de Ruptura	[kg] 994.500	Brazo de Cruceta	Bc [m] 1.00
Longitud De Empotramiento	He [m] 1.50	Peso unitario del Conductor	[kg/m] 0.096	Carga de Rotura Transversal "T"	[kg] 1000.00
Diametro En La Punta	dp [mm] 180.00	Diámetro Del Conductor	[mm] 7.600	Carga de Rotura Longitudinal "F"	[kg] 500.00
Diametro En El Empotramiento	de [mm] 352.50	Distancia Vertical del Conductor R	H <sub>FaseR</sub> [m] <b>11.300</b>	Carga de Rotura Vertical "V"	[kg] 300.00
Diametro en la base del Poste	db [mm] 375.00	Distancia Vertical del Conductor T	H <sub>FaseS</sub> [m] <b>10.400</b>	Coefficiente de Seguridad	[Cte.] 2.00
Carga de Rotura del Poste	Qrot [N] <b>12000.00</b>	Distancia Vertical del Conductor S	H <sub>FaseT</sub> [m] <b>9.500</b>	Número de Ménsulas en el Armado	[Cte.] <b>3.00</b>
Carga de Trabajo del Poste	Qt [N] <b>6000.00</b>	<b>CARACTERISTICAS FISICAS DE LAS RETENIDAS</b>		<b>CONDICIONES AMBIENTALES</b>	
Dist. Aplic. Calc. Respecto a la Punta	[cm] 10.00	Denominación Del Cable	A°G°-SIEMENS MARTIN-3/8" Diam.	Velocidad Del Viento	Vv [km/Hr] <b>0.00</b>
Modulo de Elasticidad del Concreto	[kg/cm²] 189503	Sección Nominal Del Cable	[mm²] 50.00	Presion Del Viento	[kg/m²] 0.00
Peso del Poste	Wp [kg] 1250.00	Carga De Rótura Del Cable	[kg] 3152.00	Fuerza Del Viento Sobre el Poste	Fvp[kg] 0.00
F.S. Según CNE en C. Normal	[Cte.] 2.00	Diámetro Nominal Del Cable	[mm] 10.00	Altura de Aplicación del Viento en Poste	Z [ m ] 5.129
<b>CARGA DEL OPERADOR Y LOS AISLADORES</b>		Coefficiente de Seguridad [Cte.] 2.00		<b>CALCULO DE LA CARGA CRITICA</b>	
Peso Del Operador :	Wop [kg] 102.00	Distancia Aplic. Retenida Superior	DisRS [m] <b>11.300</b>	Carga Critica Del Poste por la Compres	Pcr [kg] 13682.99
Peso De Ferreteria (PIN) :	Wfe [kg] 12.23	Distancia Aplic. Retenida Intermedio	DisRM [m] <b>10.300</b>	Momento de Inercia del Poste	I [cm⁴] 38700.784
Peso De Ferreteria (SUSPENSION) :	Wfe [kg] 10.19	Distancia Aplic. Retenida Inferior	DisRI [m] <b>9.300</b>		

**Tabla 24. Análisis de esfuerzo de trabajo del poste PTVM-3**

<b>I. ANALISIS DEL ESFUERZO DE TRABAJO DEL POSTE</b>										
<b>ANGULO DE DESVIO DE LINEA</b>	<b>[ ° ]</b>	<b>0</b>	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>VANO VIENTO</b>	<b>[ m ]</b>	<b>40</b>	<b>45</b>	<b>50</b>	<b>55</b>	<b>60</b>	<b>65</b>	<b>70</b>	<b>75</b>	<b>80</b>
VANO PESO : [VPESO]	[ m ]	60.00	67.50	75.00	82.50	90.00	97.50	105.00	112.50	120.00
TIRO HORIZONTAL MAXIMO : [TMAX]	[kg]	235.59	236.01	236.47	236.97	237.49	238.04	238.62	239.21	239.83
Fuerza del Viento Sobre el Conductor : [F <sub>VC</sub> ]	[ kg ]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fuerza del Tiro del Conductor : [F <sub>TC</sub> ]	[ kg ]	235.59	236.01	236.47	236.97	237.49	238.04	238.62	239.21	239.83
Fuerza Vertical Sobre el Poste : [W <sub>V</sub> ]	[ kg ]	261.56	294.30	296.46	298.62	300.78	302.94	305.10	307.26	309.42
Momento del Viento en los Conductores : [M <sub>VC</sub> ]	[ kg-m ]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Momento Transversal del Conductor : [M <sub>TC</sub> ]	[ kg-m ]	7350.54	7363.66	7377.96	7393.33	7409.66	7426.85	7444.80	7463.40	7482.57
Momento Transversal de Desequilibrio Vertical : [M <sub>CW</sub> ]	[ kg-m ]	267.32	300.78	303.66	306.54	309.42	312.30	315.18	318.06	320.94
Momento del Viento sobre el Poste : [M <sub>VP</sub> ]	[ kg-m ]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Momento Resultante en Condición Normal : [M <sub>RN</sub> ]	[ kg-m ]	7617.85	7664.44	7681.62	7699.87	7719.08	7739.15	7759.98	7781.46	7803.51
Carga en Punta de Poste en Condición Normal : [Q <sub>N</sub> ]	[ kg ]	671.18	675.28	676.79	678.40	680.09	681.86	683.70	685.59	687.53
Factor de Seguridad del Poste Calculado : [FS <sub>CALC</sub> ]	[Cte.]	17.88	17.77	17.73	17.69	17.64	17.60	17.55	17.50	17.45
<b>1.1. VERIFICACION DE CARGA DE ROTURA DEL POSTE</b>		<b>OK</b>	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
Fuerza Resultante en punta de Poste : [F <sub>R</sub> ]	[ kg ]	671.18	675.28	676.79	678.40	680.09	681.86	683.70	685.59	687.53
Deflexion total del Poste : [δ]	[cm]	46.40	46.68	46.78	46.89	47.01	47.13	47.26	47.39	47.53
Deflexion Porcentual del Poste : [δ (%)]	[ % ]	<b>4.03%</b>	<b>4.06%</b>	<b>4.07%</b>	<b>4.08%</b>	<b>4.09%</b>	<b>4.10%</b>	<b>4.11%</b>	<b>4.12%</b>	<b>4.13%</b>
<b>1.2. VERIFICACION DE LA DEFLEXION MAXIMA [2,5%]</b>		<b>Use Retenida</b>	Use Retenida	Use Retenida	Use Retenida	Use Retenida	Use Retenida	Use Retenida	Use Retenida	Use Retenida
Número de Retenidas : [N <sub>RET</sub> ]	[Cte.]	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	<b>1.00</b>
Angulo de Retenidas : [ ° <sub>RET</sub> ]	[ ° ]	<b>37.00</b>	37.00	37.00	37.00	37.00	37.00	37.00	37.00	37.00
Tiro del Cable de la Retenidas : [T <sub>RET</sub> ]	[ N ]	1120.19	1127.04	1129.57	1132.25	1135.07	1138.02	1141.09	1144.25	1147.49
Factor de Seguridad de Retenidas Calculado: [FS <sub>CALC</sub> ]	[Cte.]	2.81	2.80	2.79	2.78	2.78	2.77	2.76	2.75	2.75
<b>VERIFICACION DEL USO DEL N° DE RETENIDAS</b>		<b>OK</b>	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
Carga Vertical de la Retenida : [T <sub>VRET</sub> ]	[ kg ]	894.62	900.09	902.11	904.25	906.51	908.87	911.31	913.84	916.43
Carga Vertical Actuante Sobre Poste : [W <sub>VERT</sub> ]	[ kg ]	2406.18	2444.39	2448.57	2452.87	2457.29	2461.81	2466.41	2471.10	2475.84
Factor de Seg. del Poste por Pandeo : [FS <sub>CALC</sub> ]	[Cte.]	5.69	5.60	5.59	5.58	5.57	5.56	5.55	5.54	5.53
<b>1.3. VERIFICACION DEL PANDEO X CARGAS VERTICALES</b>		OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	<b>OK</b>

**Tabla 25. Análisis de esfuerzo en la ménsula y esfuerzo de rotura de conductor en la ménsula superior poste PTVM-3**

<b>II. ANALISIS DE ESFUERZOS EN LA MENSULA</b>										
Carga de Rotura Transversal "T"	[ kg ]	235.59	236.01	236.47	236.97	237.49	238.04	238.62	239.21	239.83
FS Calculado de la Carga Transversal	[ cte. ]	4.24	4.24	4.23	4.22	4.21	4.20	4.19	4.18	4.17
<b>VERIFICACION DE : Carga de Rotura Transversal "T"</b>		<b>OK</b>	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
Carga de Rotura Longitudinal "F"	[ kg ]	235.59	236.01	236.47	236.97	237.49	238.04	238.62	239.21	239.83
FS Calculado de la Carga Longitudinal	[ cte. ]	2.12	2.12	2.11	2.11	2.11	2.10	2.10	2.09	2.08
<b>VERIFICACION DE : Carga de Rotura Longitudinal "F"</b>		<b>OK</b>	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
Carga de Rotura Vertical "V"	[ kg ]	90.95	93.71	94.43	95.15	95.87	96.59	97.31	98.03	98.75
FS Calculado de la Carga Longitudinal	[ cte. ]	3.30	3.20	3.18	3.15	3.13	3.11	3.08	3.06	3.04
<b>VERIFICACION DE : Carga de Rotura Vertical "V"</b>		<b>OK</b>	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK

<b>III. ANALISIS DE ESFUERZOS EN EL POSTE</b>										
Momento Torsor	[ kg -m]	235.59	236.01	236.47	236.97	237.49	238.04	238.62	239.21	239.83
Momento Flector	[ kg -m]	2662.21	2666.97	2672.15	2677.71	2683.63	2689.85	2696.35	2703.09	2710.03
Momento Total Equivalente	[ kg -m]	3998.52	4005.66	4013.44	4021.80	4030.68	4040.03	4049.80	4059.92	4070.34
Carga en Punta de Poste en Condición Normal	[ kg ]	352.29	352.92	353.61	354.34	355.13	355.95	356.81	357.70	358.62
FS Calculado de la Carga de Rotura del Poste	[ cte. ]	34.06	34.00	33.94	33.87	33.79	33.71	33.63	33.55	33.46
<b>VERIFICACION DE : Carga de Rotura del Poste</b>		OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	<b>OK</b>

## Capítulo 3 Montaje

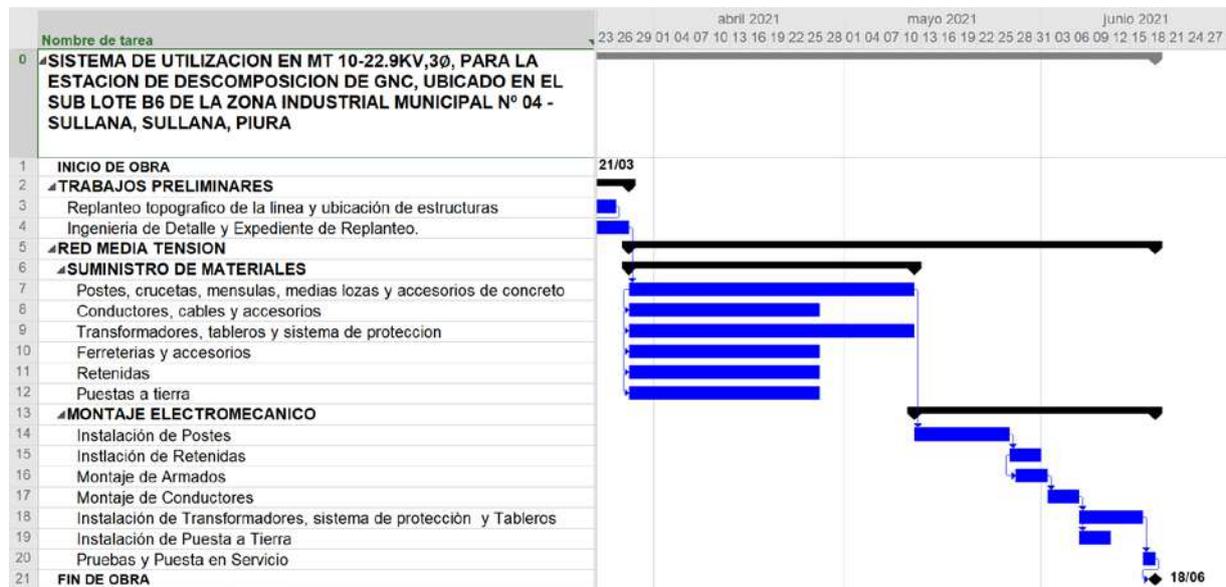
### 3.1 Introducción

En el presente capítulo se mostrará material fotográfico de cada una de las etapas que hay que seguir para el montaje de un sistema de utilización.

### 3.2 Cronograma de ejecución

En la Figura 2 se muestra el diagrama Gantt del proyecto.

Figura 2. Diagrama de Gantt



### 3.3 Excavación

En primer lugar, se debe comenzar con el suministro de materiales tal como se muestran en la Figura 3.

**Figura 3. Suministro de materiales**



Posteriormente se prosigue con la excavación de la zanja (ver Figura 4).

**Figura 4. Excavación con pala en terreno duro y arcilloso**



Como se aprecia en la Figura 5 se debe tener un hoyo con la profundidad suficiente para asentar correctamente el poste.

**Figura 5. Vista final de hoyo culminado**



### **3.4 Izaje de postes y cimentación**

Para el izaje de los postes se deben seguir los siguientes pasos.

#### ***3.4.1 Aplicación de sellador***

El sellador se aplica por capas, la primera capa que comprende desde la base hasta la cima del poste (esperar 24 horas a que seque). Luego otra capa y después se debe esperar 6 horas para la instalación del poste.

#### ***3.4.2 Izaje de poste***

En las zonas urbanas, los postes se instalan mediante una grúa de 6 toneladas sujeta a la plataforma de un camión.

En la Figura 6 se muestra el procedimiento, para lo que se ha utilizado un camión con brazo grúa.

**Figura 6. Colocación de poste utilizado grúa**



En la Figura 7 se muestra la codificación de los postes.

**Figura 7. Codificación del poste**



### **3.4.3 Relleno y cimentación**

La cimentación de la columna deberá estar hecha de hormigón relleno con piedras circundantes. El cemento y los agregados, el agua, la dosificación y las pruebas deben cumplir

con las reglamentaciones del código de construcción estatal para la resistencia a la compresión especificada.

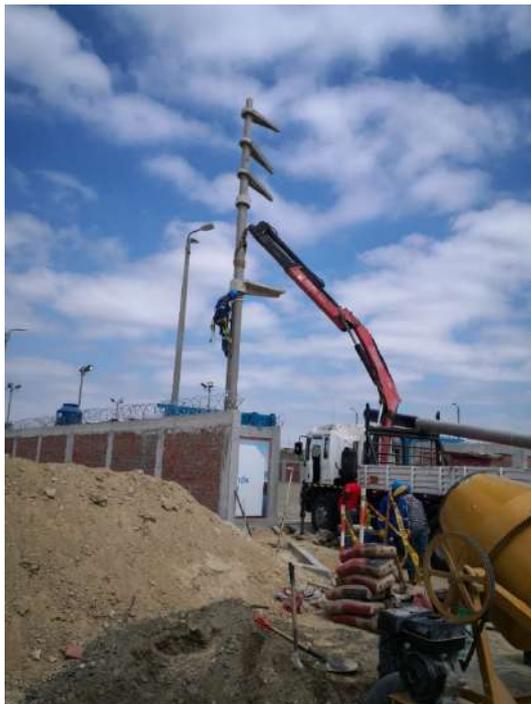
El material debe tener una resistencia a la compresión de  $175 \text{ kg/cm}^2$  en una proporción de 1:2:3 y los bloques no deben contener piedras de más de 5 pulgadas por encima de un 30%. Se utiliza cemento tipo MS (Rioja Lora, 2019)

**Figura 8. Cimentación poste en alineamiento**



En la Figura 9, se muestra la cimentación de la subestación aérea biposte.

**Figura 9. Cimentación de subestación aérea biposte**



Por último, en la Figura 10 se muestra el acabado final.

**Figura 10. Acabado final**



### **3.5 Armado de estructuras**

Los armados incluyen instalación de:

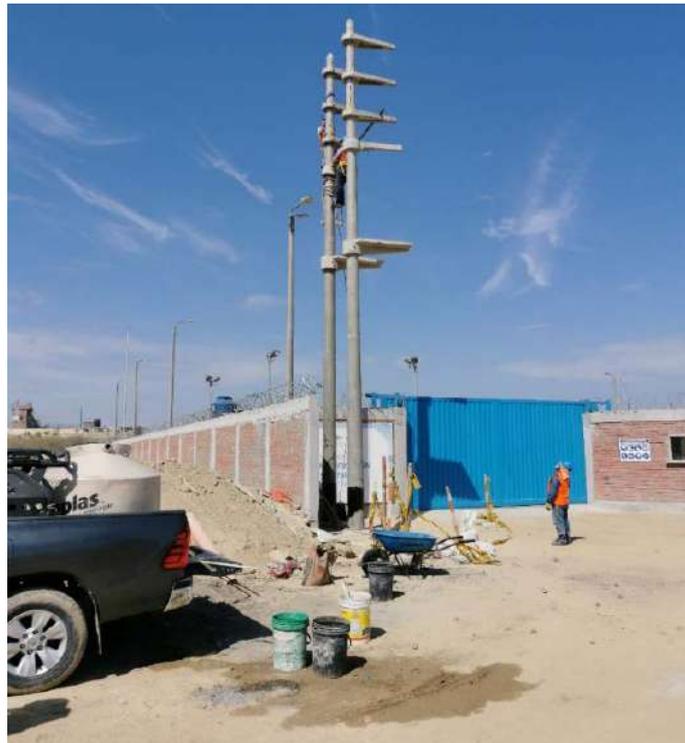
- Aisladores
- Ferretería
- Seccionadores Cut Out
- Accesorios de sujeción para terminaciones termo contraíbles

En la Figuras 11, 12 y 13 se muestra el procedimiento.

**Figura 11. Armado de subestación aérea biposte – parte 1**



**Figura 12. Armado de subestación aérea biposte – parte 2**



**Figura 13. Armado de subestación aérea biposte – parte 3**



### **3.6 Montaje de retenidas y anclajes**

En la Figura 14 se muestra al operario en las labores de montaje de la retenida.

**Figura 14. Montaje de retenida en estructura fin de línea – parte 1**



En la Figura 15 y 16, se muestra la culminación del montaje de la retenida, como se puede apreciar hay actividades de excavación y de relleno, además, se debe tener en cuenta la correcta orientación de la varilla de anclaje. Es importante indicar que la varilla debe sobresalir 20 cm con respecto al nivel del terreno.

Para las retenidas los cables deben quedar en tensión y en posición vertical, después que los conductores hayan sido colocados.

**Figura 15. Montaje de retenida en estructura fin de línea – parte 2**



**Figura 16. Montaje de anclaje en estructura fin de línea – parte 3**



### 3.7 Puesta a tierra

En la Figuras 17, 18 y 19 se muestran los pasos para la colocación de la puesta a tierra.

**Figura 17. Excavación para puesta a tierra**



**Figura 18. Tubería y puesta a tierra ya colocada**



**Figura 19. Cable para puesta a tierra**



### **3.8 Tendido y puesta en flecha de conductores aéreos**

#### ***3.8.1 Manipulación de los Conductores.***

En la Figura 20 se muestra la manipulación del carrete de cable subterráneo.

**Figura 20. Manipulación de cable subterráneo**



Del mismo modo en la Figura 21 se muestra la manipulación del carrete de cable aéreo.

**Figura 21. Manipulación de conductor aéreo**



### **3.8.2 Aisladores, Grapas y Mordazas**

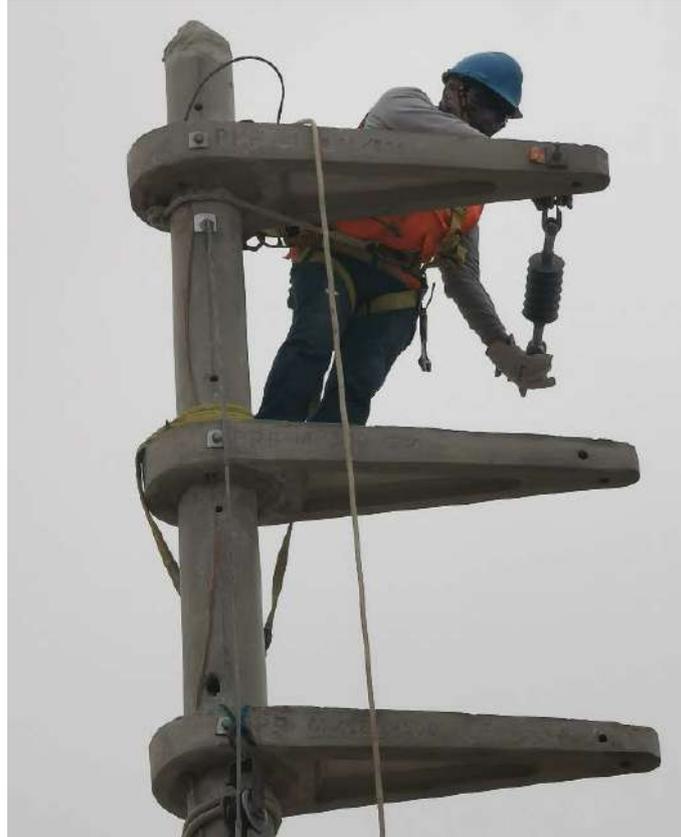
En la Figura 22 se muestran los aisladores y las grapas utilizadas

**Figura 22. Aisladores y grapas**



Del mismo modo en la Figura 23, se visualiza la instalación por el operario tanto del aislador como de las grapas.

**Figura 23. Instalación de ferretería aislado y grapas en estructura fin de línea**



### **3.8.3 Poleas**

Para la construcción y enrutamiento de los conductores, se utilizan rodillos con el diámetro de fondo de la ranura requerido para acomodar cómodamente los conductores, y las ranuras de los rodillos están cubiertas con un revestimiento de neopreno para evitar el roce del metal.

El tamaño y la forma de la ranura, la naturaleza del metal y el acabado de la superficie deben minimizar la fricción y proteger completamente al conductor contra daños.

La profundidad de la ranura debe ser lo suficientemente profunda para que el conductor pase sin riesgo de descarrilamiento.

**Figura 24. Utilización de polea para pasar el cable, para posterior puesta en flecha**



#### ***3.8.4 Operación de tendido***

Los cables deben sacarse de los carretes utilizando cables guía de acero del tamaño adecuado. El cable se tira mediante un cabrestante en el otro extremo de la sección de tendido. La fuerza sobre el cable guía se comprueba con un dinamómetro y no debe superar el 15% de la carga de rotura del conductor de soporte de aleación de aluminio.

**Figura 25. Tendido de conductor aéreo desnudo de aluminio AAAC-35mm**



### ***3.8.5 Puesta en flecha.***

Con base en el esfuerzo del conductor en las condiciones EDS definidas para el conductor de carga, el contratista elabora un diagrama de tensión teniendo en cuenta las temperaturas que pueden presentarse durante el proceso de flexión.

Después de colocar la línea, se debe esperar al menos 2 horas para que la línea se estabilice contra el asentamiento. Después de este tiempo se continúa con la deflexión y para ello se determina el intervalo sobre el cual se mide la deflexión. Este tramo está en el punto medio de la sección de colocación y es preferiblemente igual en longitud al tramo medio.

Después de completar el proceso de desviación, se fija la escalera y se retira la polea de desviación.

**Figura 26. Puesta en flecha ya culminada**



### ***3.8.6 Fijación del Conductor a los Aisladores Tipo Pin y Grapas de Anclaje***

Una vez barridos los conductores, se trasladan a un aislador tipo PIN para su fijación final. En cada extremo de la sección invertida, los conductores están sujetos a clips de retención en los hilos de aislamiento.

El anclaje se realiza de acuerdo con la información del plan de proyecto. El par de apriete aplicado a la tuerca del clip de retención lo especifica el fabricante. La inspección se realiza con una llave dinamométrica suministrada por un contratista, esta llave debe ser de calidad y precisión comprobadas.

En la Figura 27 se muestra el proceso de fijación de conductor ya concluido.

**Figura 27. Proceso de fijación de conductor ya concluido.**



### **3.9 Montaje de cables subterráneos de media tensión**

En la Figura 28 se muestra el inicio de la línea subterránea. En la Figura 29 se muestra la culminación en la base del cable, cabe resaltar que se debe colocar espuma en el ducto para impedir el ingreso de agua. Por su parte en la Figura 30 se aprecia la zanja que para este proyecto ha sido en forma de “L”. Posteriormente en la Figura 31 se visualiza la caja de paso y en la Figura 32 los ductos para el paso del cable subterráneo. Por último, en la Figura 33 se muestra el trabajo ya culminado.

**Figura 28. Cable subterráneo en la cima del poste**



**Figura 29. Cable subterráneo en la base del poste**



**Figura 30. Zanja para colocar tubería y caja de para para cable subterráneo**



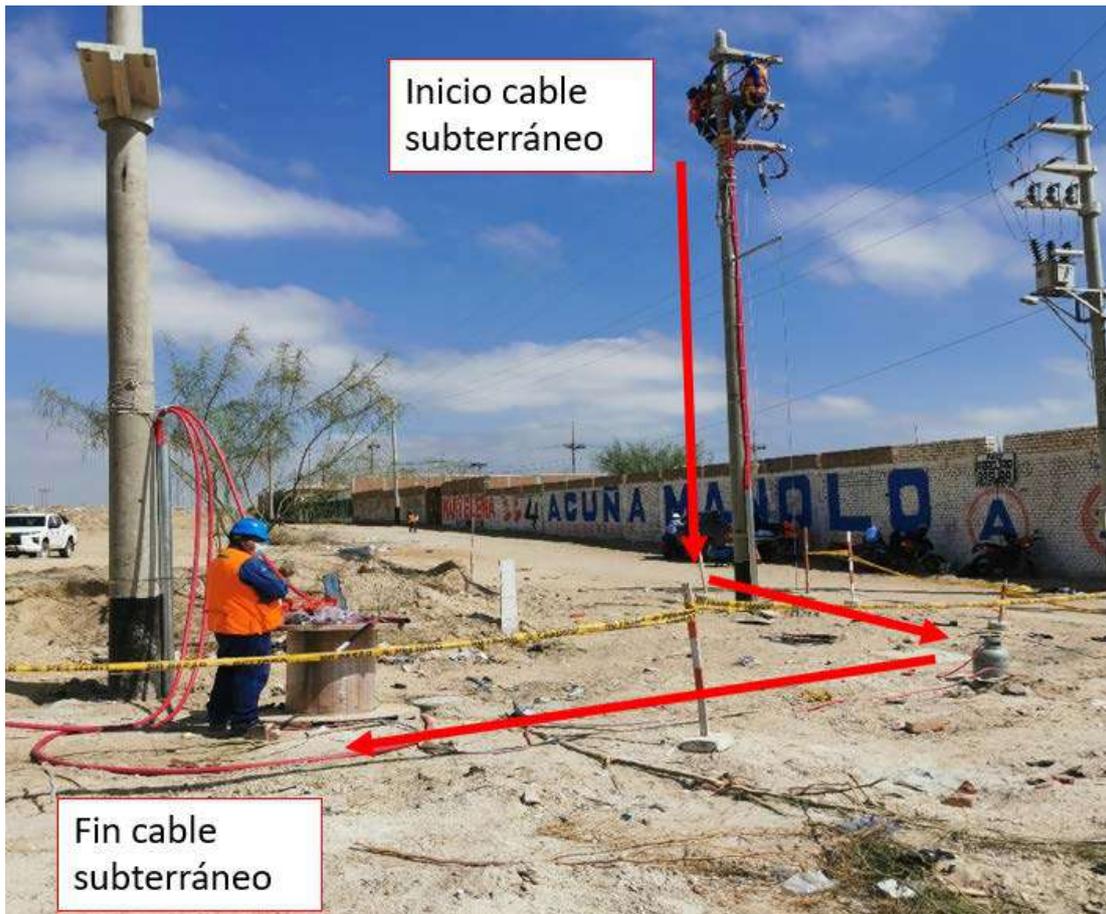
**Figura 31. Caja de paso del cable subterráneo**



**Figura 32. Ductos para pasar el cable subterráneo**



**Figura 33. Trabajo ya culminado**



### 3.10 Instalación de terminaciones termo contraíbles y terminales

En la Figura 34 se muestra la culminación del cable subterráneo, posteriormente y tal como se visualiza en la Figura 35 el cable se tiene que lijar para que después se puedan colocar el recubrimiento con termo contraíble.

**Figura 34. Terminación del cable subterráneo**



**Figura 35. Lijado del cable para colocación de termo contraíbles**



En la Figura 36 se puede apreciar en la parte izquierda el cable lijado y en la parte derecha el cable ya recubierto con termo contraíble. El cable termo contraíble se coloca con pistola de calor. La Figura 37 muestra la colocación de las terminales de los cables.

**Figura 36. Cable lijado y cable con termo contraíbles**



**Figura 37. Colocación de las terminales de los cables subterráneos**



### **3.11 Empalme de los conductores**

El empalme se hace por compresión y en la Figura 38 se visualiza la operación en la realización de esta actividad.

**Figura 38. Fase de empalme de conductores**

### **3.12 Montaje de subestación de distribución**

El contratista debe confirmar la ubicación y orientación de la subestación y puede realizar cambios en la subestación con la aprobación del supervisor. Además, ensamblará y conectará los equipos para cada tipo de subestación de acuerdo al plano del proyecto.

Según el tipo de subestación, los armarios de distribución suministrados por el fabricante se montan sobre postes con el equipo totalmente fijado mediante abrazaderas y tornillos. Los conductores de media tensión se conectan con abrazaderas de presión y se aseguran con tuercas y contratueras.

Los conductores para la conexión del transformador al cuadro y de éste al circuito de distribución secundario externo son del tipo NYY y tienen la sección indicada en el plano del proyecto.

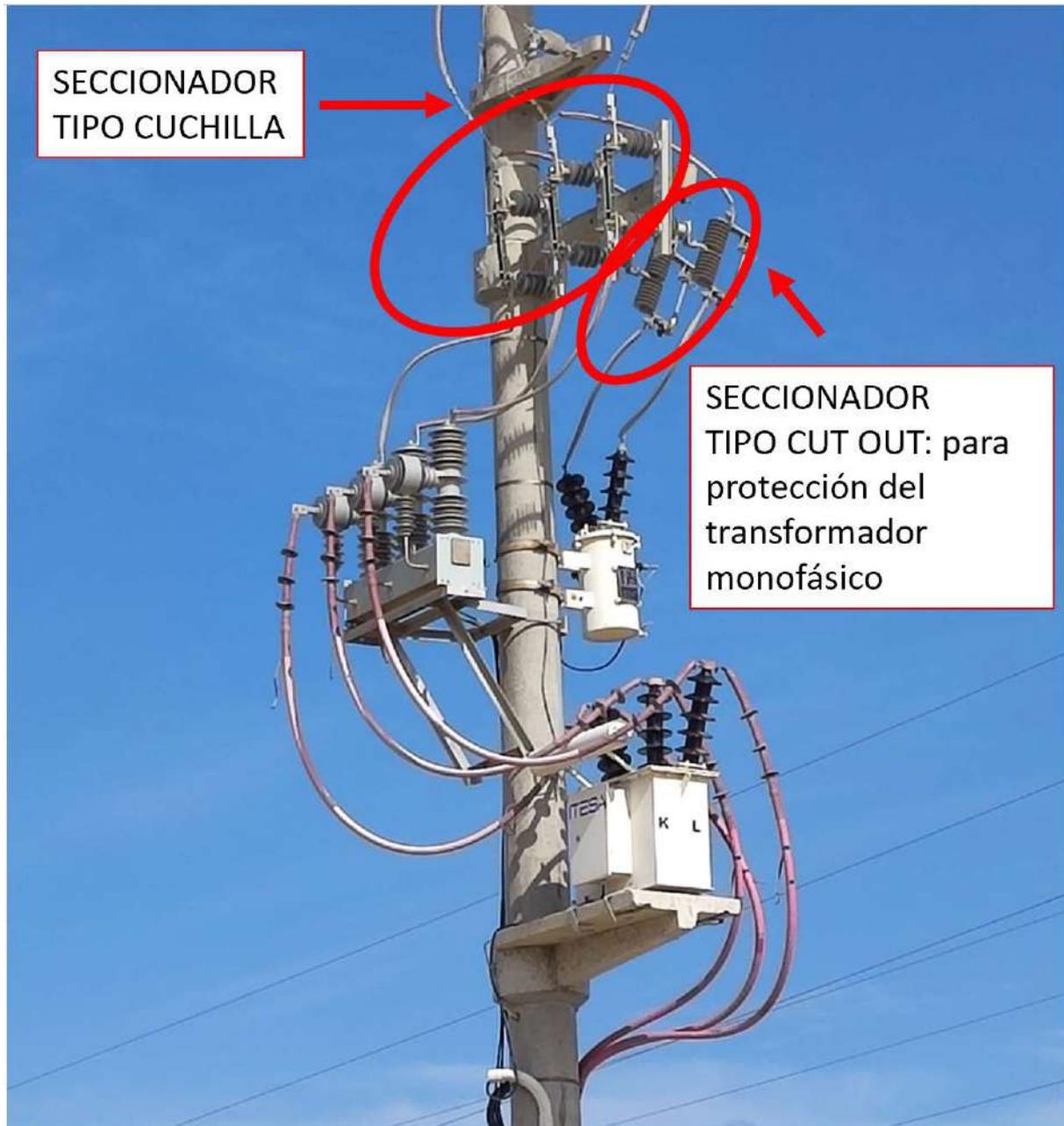
**Figura 39. Subestación aérea biposte**

### 3.13 Instalación de seccionadores

El corte y la instalación de dispositivos de protección se realizan antes de tender los cables. Siempre deben tratarse con cuidado, revisarse en busca de defectos y mantenerse limpios antes de la instalación. Si están defectuosos, se rechazan y se marcan de forma permanente para que no se puedan utilizar.

Durante el montaje, el contratista deberá utilizar técnicas de elevación adecuadas y tener cuidado de no dañar el equipo y evitar golpear elementos de construcción. El contratista se asegurará de que todo el equipo esté correctamente instalado.

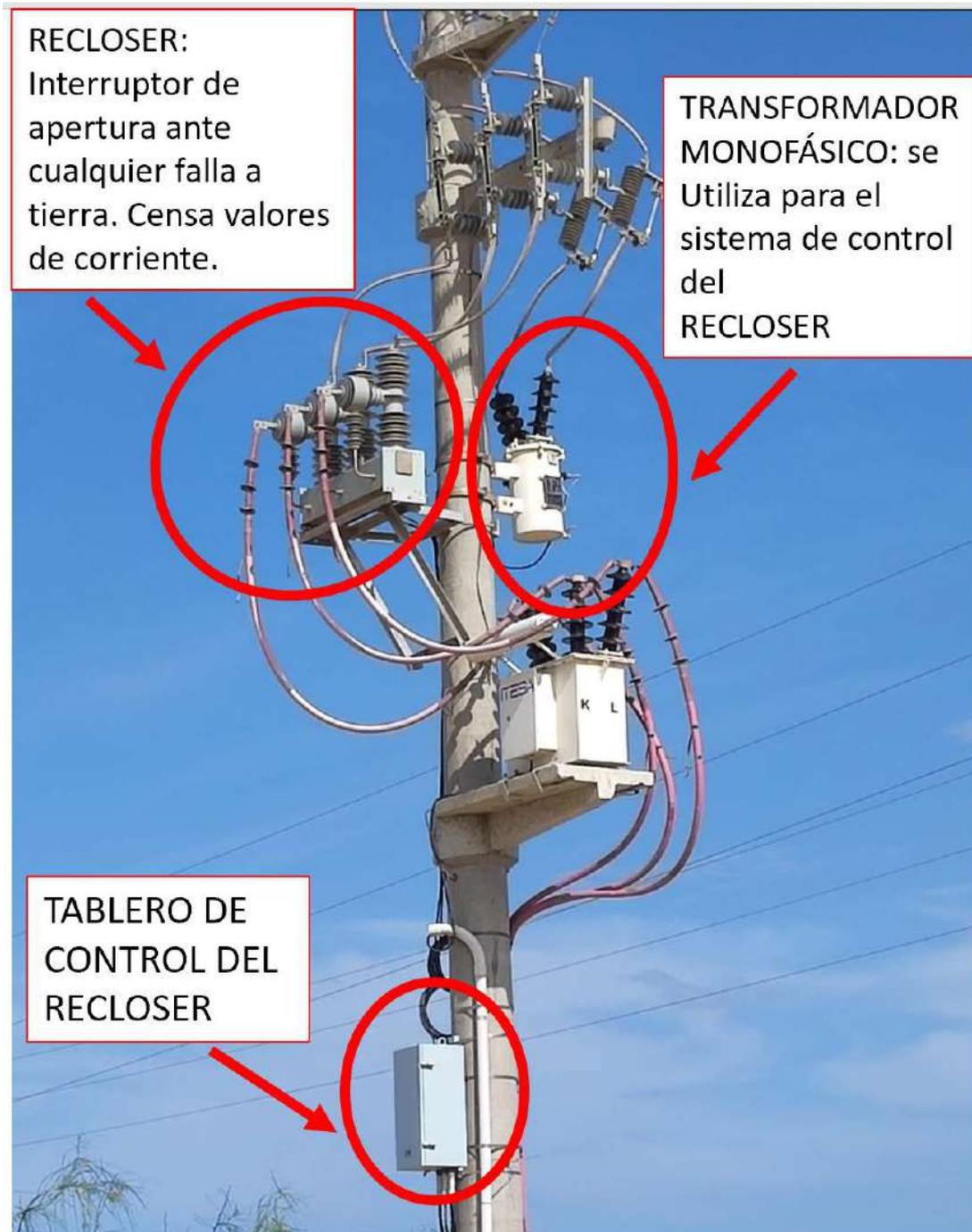
**Figura 40. Seccionadores**



### 3.14 Montaje de equipo y protección - RECLOSER

El Recloser es un interruptor de apertura ante cualquier falla a tierra. Como se visualiza en la Figura 41 el equipo Recloser adicionalmente cuenta con un transformador monofásico el cual sirve para alimentar el tablero de control.

**Figura 41. Equipo de protección Recloser**



### 3.15 Montaje de TRANSFORMIX.

Los transformadores de gran capacidad se instalan con camiones grúa para no dañar los aisladores. La ubicación de los lados de carga y fuente de Transformix debe identificarse cuidadosamente y coordinarse con el ingeniero principal.

El interruptor de desconexión de cuchilla y el Recloser se instalan con el transformix.

El Transformix está construido para que no se desplace bajo la influencia de la vibración.

**Figura 42. Transformix**





## **Capítulo 4**

### **Resultados y conclusiones**

#### **4.1 Inspección de obra terminada**

Una vez finalizado el trabajo, el supervisor realiza una inspección general para asegurarse de que el trabajo se ha realizado correctamente y aprueba las pruebas de puesta en marcha.

Se debe verificar lo siguiente:

- Respeto de las distancias mínimas de seguridad.
- Limpieza de choferes y camiones.
- Conexión del dispositivo de desconexión.
- Conexión a tierra. El tamaño de las flechas de escalera debe corresponder a la información en la tabla de tensión.

Se deben retirar los residuos de embalaje y otros desechos.

La limpieza de franjas de servidumbre debe cumplir con los requisitos del proyecto.

#### **4.2 Inspección de tramos y estructura**

Se debe comprobar que se cumpla con lo siguiente:

- Distancias de seguridad correctas.
- Limpieza del área de trabajo.
- Conexión del dispositivo de desconexión.
- Conexión a tierra.
- El tamaño de las flechas de escalera debe corresponder a la información en la tabla de tensión.
- La limpieza de franjas de servidumbre.

### 4.3 Pruebas de puesta en servicio

Las pruebas de puesta en marcha son realizadas por el contratista de acuerdo con las modalidades y los informes de prueba aprobados. El programa de prueba de puesta en marcha incluye:

- Determinación de la secuencia de fases.
- Medición de la resistencia eléctrica de los conductores de fase.
- Medición de la resistencia a tierra de las subestaciones.
- Medida de aislamiento fase a tierra, y entre fases.
- Medida de la impedancia directa.
- Medición de la impedancia homopolar.
- Prueba de la tensión brusca.
- Prueba de cortocircuito.
- Medición de corriente, tensión, potencia activa y reactiva, con la línea bajo tensión y en vacío.

En el transformador de distribución: medición del aislamiento de los devanados, medición de la tensión en vacío y con carga.

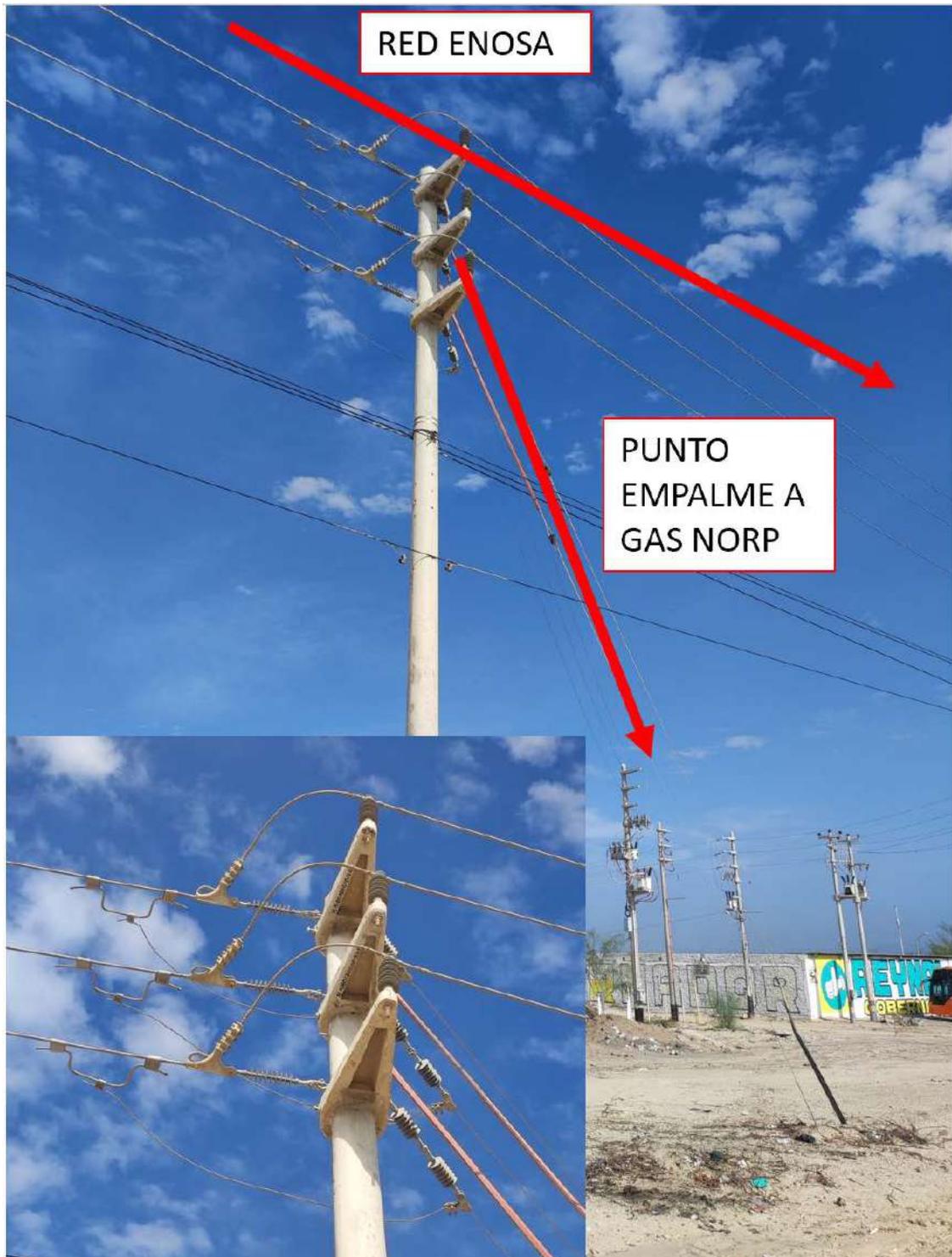
La capacidad y la precisión del equipo de prueba proporcionado por el Contratista serán tales que garanticen resultados precisos.

Las pruebas de puesta en servicio serán llevadas a cabo en los plazos fijados contractualmente y con un programa aprobado por la Supervisión

#### 4.4 Material Fotográfico proyecto culminado

En la Figura 43 se muestra el punto de empalme del proyecto a la red de ENOSA, cabe resaltar que el empalme se hizo en caliente. También se muestra el detalle de la conexión.

Figura 43. Inicio de línea de sistema de utilización



En la Figura 44 se aprecia el poste inicial de la línea en el cual se encuentra el Recloser, Transformix, medidor entre otros equipos. Luego hay un cableado subterráneo al segundo poste (el del lado derecho), posteriormente la línea continua como se visualiza en la Figura 45 y por último culmina en la subestación y fin de línea (ver Figura 46).

**Figura 44. Postes, conexiones y cableado del proyecto – parte 1**



Figura 45. Postes, conexiones y cableado del proyecto – parte 2



Figura 46. Subestación y fin de línea



## Conclusiones

A partir del presente proyecto de tesis, se ha llegado a las siguientes conclusiones:

Se llevó a cabo satisfactoriamente el Montaje electromecánico de un sistema de utilización en MT 10-22.9 KV, trifásico, para la estación de descompresión de GNC en Sullana, Piura, respetando las normas de seguridad, logrando un trabajo con cero accidentes.

Es de vital importancia realizar los cálculos de caída de tensión, de corriente en el sistema, de puestas a tierra, cálculos mecánicos de los conductores y por último el cálculo mecánico de estructuras y retenidas, para no sobredimensionar equipos y estructuras.

Es importante seguir correctamente y de manera secuencial todos los pasos mencionados en el capítulo 1 para la correcta instalación del sistema de utilización en media tensión.

Se recomienda para la ejecución de instalaciones de sistemas de utilización, seguir las siguientes buenas prácticas:

- Ser estricto en la utilización equipos de protección que están indicados de acuerdo a normativa vigente del sector eléctrico, muchas veces usan equipos normado para el del sector civil que no protegen a los operarios.
- Utilizar equipos de mediciones calibrados por instituciones componentes.
- Utilizar material (cableado, ferretería, etc) que cuente con certificación de calidad correspondiente.
- Contratar Personal técnico con experiencia suficiente para este tipo de montaje, que esté debidamente acreditado con en su currículum vitae.



### Lista de abreviaturas

$\Delta V \%$	: Caída de tensión en porcentaje.
P	: Potencia [kW]
L	: Longitud del tramo de línea [km]
$V_L$	: Tensión de línea entre fases [kV]
$V_f$	: Tensión monofásica fase – fase [kV]
$r_1$	: Resistencia del conductor, en ohm/km
$X_1$	: Reactancia inductiva para sistemas trifásicos [ohm/km]
$X_2$	: Reactancia inductiva para sistema bifásicos [ohm/km]
$\phi$	: Angulo de factor de potencia
K	: Factor de caída de tensión
$\rho$	: Resistividad eléctrica aparente del terreno [ohm-m]
$\rho_1$	: Resistividad eléctrica aparente del terreno [ohm-m] con tratamiento o suelo artificial
r	: Radio de la varilla [mm]
$P_v$	: Presión del viento sobre superficies cilíndricas [Pa]
d	: Longitud del vano-viento [m]
$T_c$	: Carga del conductor [N]
$\phi_c$	: Diámetro del conductor [m]
$\alpha$	: Angulo de desvío topográfico, en grados
$D_o$	: Diámetro del poste en la cabeza, en cm

- Dm : Diámetro del poste en la línea de empotramiento [cm]
- hl : Altura libre del poste, en m
- hi : Altura de la carga i en la estructura con respecto al terreno [m]
- h<sub>A</sub> : Altura del conductor roto, respecto al terreno, en m
- Bc : Brazo de la cruceta [m]
- Rc : Factor de reducción de la carga del conductor por rotura: 0.5 (según CNE)
- Wc : Peso del conductor [N/m]
- WCA : Peso del aislador tipo Pin [N]
- WAD : Peso de un hombre con herramientas, igual a 980 N



## Referencias bibliográficas

- B&B Projects. (n.d.). *Sistema de utilización en MT 22.9 KV para las casetas de bombeo del pingo, biamchi y miraflores de la Urb. Miraflores country club, ubicada en el distrito de Castilla, Piura*. Piura.
- Google maps. (2023, 02 15). *Google maps*. From <https://www.google.com/maps/place/Coco's+Suite/@-4.9256254,-80.6985617,436m/data=!3m1!1e3!4m9!3m8!1s0x9035f96973904245:0x25d7f8e97ee5c5bf!5m2!4m1!1i2!8m2!3d-4.9257741!4d-80.6959706!16s%2Fg%2F12qh5c8pq>
- ICE Ingenieros Consultores. (2023, 02 01). *Remodelación de RP y RS de la ciudad de Huancavelica*. From scribd: <https://www.scribd.com/doc/250412149/Retenida-Poste-2#>
- Leyva Regalado, D., & Chancafe Guerrero, J. (n.d.). *Remodelación y ampliación de la electrificación en los centros poblados de Cochalan y Angash del distrito de San José de alto de la provincia de Jaén, Departamento de Cajamarca*.
- Ministerio de Energía y Minas. (2002). *Norma de procedimientos para la Elaboración de Proyectos y Ejecución de Obras en Sistemas de Distribución y Sistemas de Utilización en Media Tensión en Zonas de Concesión de Distribución, Resolución Directoral N° 018-2002-EM/DGE*. Lima.
- Ministerio de Energía y Minas. (2011). *Código Nacional de Electricidad- Suministro*. Lima.
- Ministerio de Energía y Minas. (2011). *Norma Técnica de calidad de los Servicios Eléctricos y sus modificatorias, Decreto Supremo N° 020-97-EM*. . Lima.
- Ministerio de Energía y Minas. (2002). *Terminología en Electricidad y Símbolos Gráficos de Electricidad, Resolución Ministerial N° 091-2002-EM/VME*. Lima.
- Ministerio de Energía y Minas. (2009). *de concesiones Eléctricas y su reglamento*. . Lima.
- Rioja Lora, J. (2019). *Ampliación de redes secundarias 440/220V y conexiones domiciliarias de los sectores vallejos y sandoval del caserío Briceño, Distrito de Motupe - Lambayeque*. Lambayeque: Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica - Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

Suarez Leiva , P. (2010). *Diseño de líneas y redes primarias en 22,9kV. para la electrificación del distrito de Santa María del Valle - Huánuco*. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería.

