

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN ENERGIA



**“DISEÑO DE UNA LÍNEA DE TRANSMISIÓN DE
13.2 KV A LA SUBESTACIÓN PUNTA ARENAS –
REFINERÍA TALARA”**

**INFORME DE TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA
OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO EN
ENERGIA**

BACH. ANIVAL WENCESLAO NEYRA VILCA

Callao, Enero, 2018

PERU

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA

ACTA DE EXPOSICIÓN DEL INFORME DE TRABAJO DE
SUFICIENCIA PROFESIONAL

Siendo, las 10:50:00 AM horas del día 24 de marzo del 2018 en el Auditorio "Ausberto Rojas Saldaña" de la Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía de la Universidad Nacional del Callao, se reunieron los miembros del jurado Revisor y Evaluador de la Exposición de los Informes Finales del I curso taller: para titulación por modalidad de exposición del informe de trabajo de suficiencia profesional, designados por Resolución de Consejo de Facultad N° 017-2018-CF-FIME de fecha 07/03/2018, conformado por los siguientes docentes:

Presidente : Dr. JUAN MANUEL PALOMINO CORREA
Secretario : Mg. RUBEN FRANCISCO PEREZ BOLIVAR
Vocal : Mg. ARTURO PERCEY GAMARRA CHINCHAY
Suplente : Dr. PABLO MAMANI CALLA

Así mismo, contando con la presencia de la Dra. Ana Mercedes León Zarate - Vicerrectora de investigación de la Universidad nacional del Callao (Supervisora General), Dr. José Hugo Tezén Campos – Decano de la Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía (Supervisor de la Facultad) y el Eco. Guillermo Alonso Gallarday Morales Miembro de la Comisión de Grados y Títulos de la Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía (Representante de la Comisión de Grados y Títulos).

De acuerdo a lo señalado en el Capítulo X, numeral 10.1 de la Directiva de curso taller: Para titulación por modalidad de exposición del informe de trabajo de suficiencia profesional de la Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía de la Universidad Nacional del Callao, aprobada por Resolución de Consejo de Facultad N° 130-2017-CF-FIME de fecha 12/10/2017, concordante con la Resolución de Consejo Universitario N° 135-2017-CU de fecha 22/06/2017, y por Resolución de Consejo Universitario N° 309-2017-CU de fecha 24/10/2017.

Se procede con el acto de exposición del Informe de Suficiencia Profesional titulado: "DISEÑO DE UNA LINEA DE TRANSMISIÓN DE 13.2 KV A LA SUBESTACIÓN PUNTA ARENAS - REFINERÍA TALARA", presentado por el bachiller NEYRA VILCA, Anival Wenceslao, contando con el asesoramiento del Msc. Ing. ORDOÑEZ CÁRDENAS GUSTAVO.

Luego de la exposición correspondiente y de absolver las preguntas formuladas por los miembros del Jurado de exposición, se procede a la deliberación en privado respecto a la evaluación.

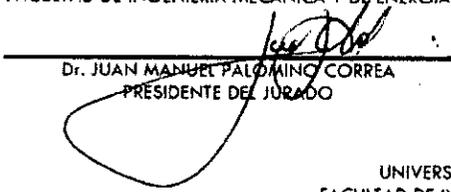
Este jurado acordó calificar al bachiller NEYRA VILCA, Anival Wenceslao, para optar el Título Profesional de Ingeniero en Energía por Modalidad de Exposición del Informe de Trabajo de Suficiencia Profesional, según la puntuación cuantitativa y cualitativa que a continuación se detalla:

CALIFICACIÓN CUANTITATIVA	CALIFICACIÓN CUALITATIVA
14 (CATORCE)	BUENO

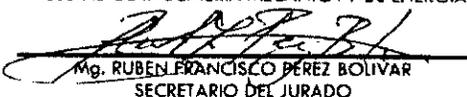
Con lo que se da por concluido el acto, siendo las 11:15:00 AM horas del sábado 24 de marzo del 2018.

En señal de conformidad con lo actuado, firman la presente acta.

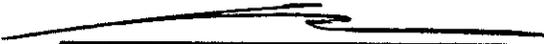
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA


Dr. JUAN MANUEL PALOMINO CORREA
PRESIDENTE DEL JURADO

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA


Mg. RUBEN FRANCISCO PEREZ BOLIVAR
SECRETARIO DEL JURADO

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA


Mg. ARTURO PERCEY GAMARRA CHINCHAY
VOCAL DEL JURADO

DEDICATORIA

A mi padre, por haberme dado la vida,
por su dedicacion y esfuerzo por
sacarnos adelante, por su temprana
partida no pudo ver en vida mi objetivo
alcanzado pero sé lo orgulloso que
estaría.

AGRADECIMIENTO

A mi familia, a mi alma mater y a todas las personas que contribuyeron a mi formacion profesional gracias a su apoyo pude lograr uno de mis objetivos.

ÍNDICE

I. OBJETIVOS	7
1.1 Objetivo general.....	7
1.2 Objetivos específicos.....	7
II. ORGANIZACIÓN DE LA EMPRESA O INSTITUCIÓN.....	8
2.1 Electro Diésel Nor Oriente S.R.L.....	8
2.2 Reseña histórica	8
2.3 Datos Generales.....	9
2.4 Declaraciones estratégicas.....	9
2.5 Organigrama de la empresa.....	10
III. ACTIVIDADES DESARROLLADAS POR LA EMPRESA O INSTITUCIÓN.....	14
IV. DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL PROYECTO DE INGENIERÍA	18
4.1 Descripción del tema.....	18
4.2 Antecedentes.....	19
4.2.1 Antecedentes Nacionales	19
4.2.2 Antecedentes Internacionales.....	20
4.3 Planteamiento del problema	20
4.4 Justificación	20
4.5 Marco teórico	21
4.6 Fases del proyecto.....	40
4.6.1 Parámetros de diseño:.....	40
4.6.2 Diseño de la Línea de transmisión	41
4.6.3 Cálculos mecánicos	54
4.6.4 Selección de materiales	80

4.6.5 Especificaciones de Montaje.....	89
4.6.6 Pruebas y puesta en servicio.....	94
V. EVALUACIÓN TÉCNICO- ECONÓMICO	97
5.1 Análisis estratégico.....	97
5.2 Costo del Proyecto.....	97
VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	99
6.1 Conclusiones.....	99
6.2 Recomendaciones	99
VII. REFERENCIALES	101
VIII. ANEXOS Y PLANOS	102
8.1 Catalogo de Cable de aluminio ACSR mm2 INDECO.....	102
8.2 Plano recorrido de la línea de transmisión de 13.2kv.....	105
8.3 Plano perfil longitudinal de la línea de transmisión de 13.2kv	107

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Organigrama de la empresa Electro Diésel Nor Oriente SRL..	11
Figura 2: Organigrama del Proyecto	13
Figura 3: Aisladores tipo poste de porcelana	24
Figura 4: Aisladores tipos suspensión poliméricos.....	25
Figura 5: Herrajes más utilizados.....	26
Figura 6: Armado en alineación	28
Figura 7: Armado en ángulo	29
Figura 8: Armado en anclaje.....	30
Figura 9: Armado fin de línea.....	31
Figura 10: Armado 90°	31
Figura 11: Estructura en anclaje	33
Figura 12: Estructura en H	34
Figura 13: Estructuras mixtas	35
Figura 14: Red abierta de distribución secundaria.....	36
Figura 15: Diagrama de cuerpo libre del poste.13/400	63
Figura 16: Diagrama de cuerpo libre del poste.13/300	67
Figura 17: Diagrama de cuerpo libre del poste.11/400	71
Figura 18: Esquema de retenida para los postes de anclaje	78
Figura 19: Esquema de cimentación de postes.	79

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Proyectos en ejecutados por Electro Diésel Nor Oriente SRL ...	14
Tabla 2: Datos climatológicos de la ciudad de Talara.	41
Tabla 3: Datos Eléctricos de Cable ACSR.....	43
Tabla 4: Parámetros de corto circuito.....	48
Tabla 5: Hipótesis para el cálculo de esfuerzos.....	54
Tabla 6: Datos dimensionales del cable ACSR.....	54
Tabla 7: Características del Postes 13/400/180/375	59
Tabla 8: Características postes. 13/300/165/360	60
Tabla 9: Características del postes 11/400/180/345	60
Tabla 10: datos del poste C.A.C. 13 / 400 /180 /375.....	61
Tabla 11: Resultados de la Feq para ángulos < 10° Poste 13/400.....	63
Tabla 12: Resultados de la Feq para ángulos > 10° Poste 13/400	64
Tabla 13: Datos del poste C.A.C. 13 / 300 /165 /360	65
Tabla 14: Resultados de la Feq para ángulos < 10° Poste 13/300	68
Tabla 15: Resultados de la Feq para ángulos > 10° Poste 13/300.....	68
Tabla 16: Datos del poste C.A.C. 11 / 400 /180 /345	69
Tabla 17: Resultados de la Feq para ángulos < 10° Poste 11/400	72
Tabla 18: Resultados de la Feq para ángulos > 10° Poste 11/400	72
Tabla 19: Valores de resistencia de puesta a tierra según potencia del trafo.....	75
Tabla 20: Características de los postes de concreto armado.....	80
Tabla 21: Datos técnicos aisladores polimérico Tipo Pin	82

Tabla 22: Características de los Aisladores poliméricos.	83
Tabla 23: Datos técnicos perno ojo A° G° 16x254mm (5/8"x10").....	85
Tabla 24: Datos técnicos tuerca ojo A° G° 16mm	86
Tabla 25: Especificaciones técnicas de los pernos para el armado.	87
Tabla 26: Datos técnicos varilla de armar simple 25mm2	88
Tabla 27: Valores de resistencia para las pruebas de aislamiento.....	96
Tabla 28 Costos estimados del proyecto.....	97

INTRODUCCIÓN

El Proyecto de Modernización de la Refinería de Talara (PMRT) es el megaproyecto energético más importante del país que permitirá producir combustibles más limpios, que aseguran la preservación del aire, para ello Petroperú viene construyendo nuevos módulos de vivienda en el condominio Punta Arena para personal externo que laborará en el Proyecto de modernización de la refinería Talara, motivo por el cual es necesario alimentar dicha zona con energía eléctrica por lo que se requiere aumentar la potencia contratada en 850 KW adicionales.

El presente proyecto tiene como objetivo diseñar una línea de transmisión en 13.2kV y 2MW, desde el punto de entrega definido por el concesionario de distribución de electricidad ELECTRONOROESTE en una subestación aérea, hasta la subestación del campamento punta arenas recorriendo aproximadamente 1250m. Esta línea deberá cumplir con lo especificado en el Código Nacional de Electricidad – Suministro y la Resolución Directoral RD-018-2003-EM “Norma de diseño de redes primarias DGE” de tal manera que garantice el suministro de electricidad de manera eficiente y segura tanto para la infraestructura y personas que circulen cerca de la línea de transmisión.

I. OBJETIVOS

1.1 Objetivo general.

Diseñar una línea de transmisión eléctrica sustentado en un adecuado calculo eléctrico y mecánico que permita suministrar energía eléctrica de manera segura al nuevo campamento punta arenas de la refinería talara.

1.2 Objetivos específicos.

- Realizar el cálculo eléctrico para dimensionar y seleccionar el cable eléctrico para la línea de transmisión en 13.2 kV.
- Realizar el cálculo mecánico para el cable eléctrico, y postes de la línea de transmisión.
- Seleccionar los materiales que cumplan los requerimientos mínimos que brinden seguridad.

II. ORGANIZACIÓN DE LA EMPRESA O INSTITUCIÓN

2.1 Electro Diésel Nor Oriente S.R.L.

ELECTRO DIÉSEL NOR ORIENTE S.R.L. es una compañía peruana de servicios de ingeniería y ejecución de proyectos industriales en las especialidades de mecánica, eléctrica y electrónica, cuenta con amplia experiencia en el sector de hidrocarburos realizando servicios de mantenimiento eléctrico, electrónico en las refinerías de Petroperú.

2.2 Reseña histórica

En setiembre del 2001, se crea la empresa "ELECTRO DIESEL NOR ORIENTE S.R.L.", con el fin de ofrecer a la industria en general soluciones integrales en la industria Petrolera. En sus inicios, la organización estableció como su base de operaciones la ciudad de Piura, Av. Independencia Nro. 406 Int. B Urb. Miraflores – Castilla Piura - Piura. Los trabajos principales en esa primera etapa fueron orientados a la industria Petrolera realizando trabajos de consultorías sobre estudios de riesgo, sistemas contra incendios montaje de equipos electromecánicos, posteriormente se expandió a otras industrias brindando servicios de mantenimiento de equipos electromecánicos.

La calidad y puntualidad caracterizaron los trabajos que se ejecutaban nos permitió en su momento ampliar, nuestra cartera de proyectos con nuestro cliente principal "PETROPERÚ" brindando servicios que van

desde estudios, peritaje tasación y trabajos el mantenimiento y montaje, manteniendo un crecimiento continuó hasta la actualidad.

Luego de algunos años se creó el GRUPO ELECTRODIESELNOR grupo dirigido por Javier Enrique Távora Cieza, Hijo del fundador de la empresa Electro Diésel Nor Oriente S.R.L, quien se sumó como personal Natural y como Electro Nor Perú S.A.C. actualmente este grupo brinda el servicio bianual de mantenimiento de pozos a tierra, servicio anual de mantenimiento de iluminación y el servicio de mantenimiento de instrumentación en la Refinería de Talara siempre enmarcados en la filosofía de mejora continua en todos nuestros servicios.

2.3 Datos Generales

- Razón Social: Electro Diesel Nor Oriente S.R.L.
- Ruc: 20483838663
- Oficina Principal: Jr. Junín N° 236 Dpto. 304 Magdalena Del Mar – Lima.
- Email: electrodieselnor@yahoo.es

2.4 Declaraciones estratégicas

Misión

Prestar servicios de consultoría, ingeniería de calidad para satisfacer las necesidades del cliente en calidad, seguridad y tiempo maximizando el retorno de su inversión en corto tiempo.

Visión

Ser una empresa referente y líder en los servicios que brinda empleando la mejora continua y tecnología de punta.

Fortaleza

La fortaleza de ELECTRODIESEL, es el equipo humano con el que cuenta, preocupándose de la constante capacitación en el área que se desarrolla, fomentamos un clima laboral en el cual les permite desarrollar su máximo potencial.

Valores

Los valores que nuestra empresa promueve desde la gerencia hacia todo el personal que labora son el compromiso, responsabilidad, eficiencia, honestidad y profesionalismo.

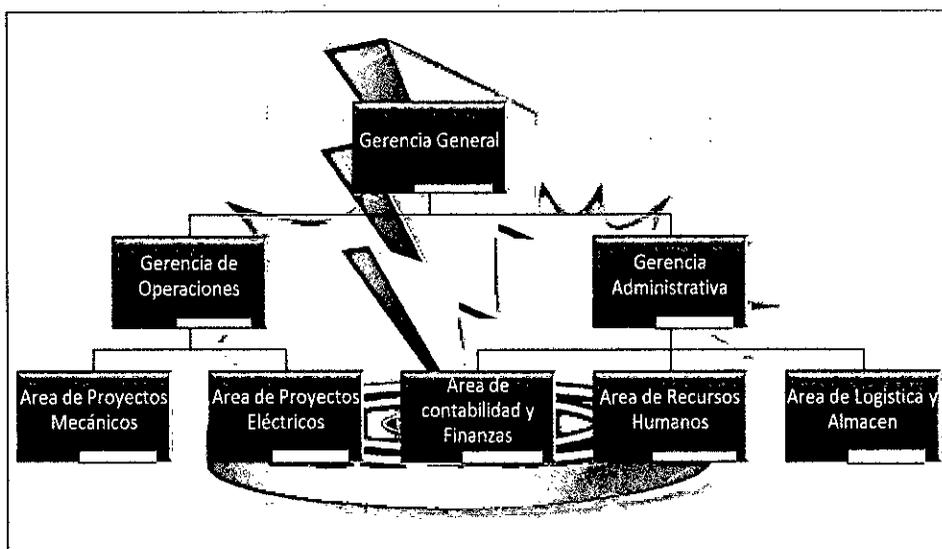
2.5 Organigrama de la empresa

El cargo que desarrollé en el proyecto que es tema del presente informe fue el de Asistente de Ingeniería, siendo ascendido luego a Supervisor de Proyectos, dentro de mis funciones están las siguientes actividades.

- Apoyar al ingeniero residente en la elaboración de la ingeniería de detalle del proyecto.
- Coordinar la ejecución del proyecto con el personal de campo.
- Administrar el seguimiento y control del avance del proyecto.

- Verificar que el trabajo ejecutado en campos u obra cumpla con lo establecido en el expediente técnico.
- Verificar la capacidad técnica del personal de obrera, recomendando o exigiendo su reemplazo cuando sea necesario.
- Coordinar y verificar que la compra de los materiales cumpla con las especificaciones técnicas solicitadas.
- Verificar el cumplimiento del Procedimiento de Trabajo Seguro PETS.
- Emitir informe de avance diario al ingeniero residente del proyecto.

Figura 1: Organigrama de la empresa Electro Diésel Nor Oriente SRL



Fuente: Empresa ELECTRO DIESEL NOR ORIENTE S.R.L.

Los principales departamentos y áreas de la empresa ELECTRO DIESEL NOR ORIENTE SRL son:

Gerencia general

Encargado de la conducción y dirección de la empresa en las diferentes áreas y departamento que contempla la organización, mediante la gestión y administración para cumplir las metas y objetivos estratégicos.

Gerencia Administrativa

Encargado de la financiera de la empresa.

Gerencia de Operaciones

Encargado de formular las políticas de la empresa, planeamiento de diversas operaciones y actividades, evaluar los proyectos y controlar recursos materiales de la empresa.

Área contabilidad

Realizar las acciones necesarias para garantizar que el sistema contable de la organización, así como las modificaciones que se generen, contando con las autorizaciones legales, tributario y finanzas para su funcionamiento y operación.

Área logística y almacén

El responsable de logística debe gestionar las actividades de logística y compras utilizando con efectividad la supervisión de las actividades diarias para proveer los requerimientos de los materiales de obra y

almacén de la empresa. Además de dar trazabilidad de los materiales desde lugar de procedencia hasta pie de obra.

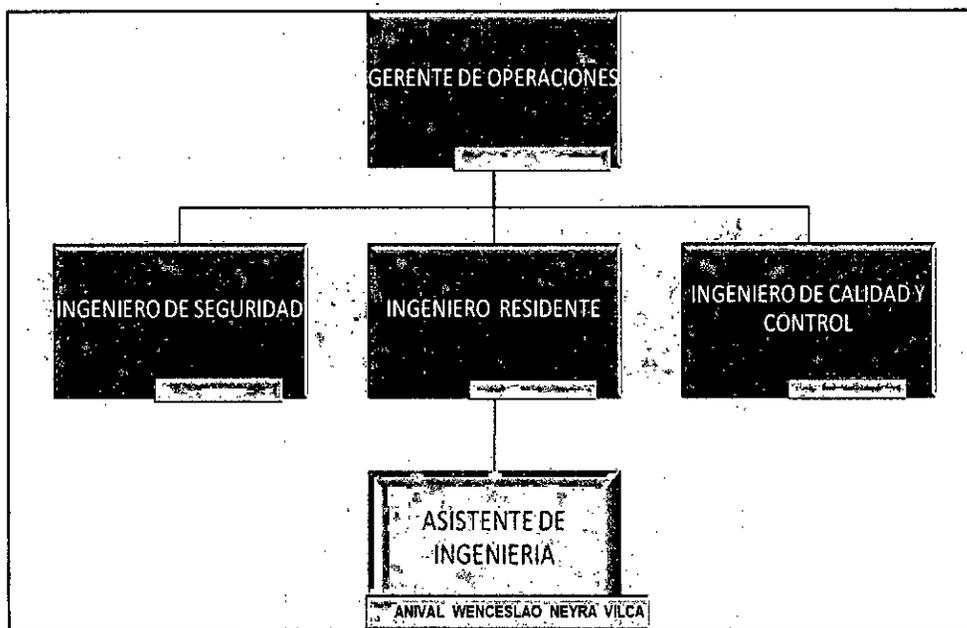
Área de recursos humanos

Responsable de la selección del personal para destacar las funciones que se le asigne al personal contratado, en los diferentes ámbitos de los sectores que ejecute la empresa.

Organigrama de Obra- Residencia

Para este proyecto, el gerente de operaciones me asigno como asistente del ingeniero residente de obra.

Figura 2: Organigrama del Proyecto



Fuente: Empresa Electro Diésel Nor Oriente S.R.L

III. ACTIVIDADES DESARROLLADAS POR LA EMPRESA O INSTITUCIÓN

Los servicios más importantes desarrolladas por ELECTRO DIESEL NOR ORIENTE SRL en la industria se muestran a continuación:

Tabla 1: Proyectos en ejecutados por Electro Diésel Nor Oriente SRL

N°	Cliente	Descripción del Servicio
1	MINISTERIO DE ECONOMIA Y FINANZAS	Adquisición e instalación de tableros eléctricos para la sala del grupo electrógeno del sótano de la sede central de MEF
2	PETROLEOS DEL PERU - PETROPERU S.A.	Servicio de instalación de línea de utilización en 13.2 kV a nuevo campamento punta arenas e instalación de equipos de protección a nuevo campamento y oficinas temporales.
3	PETROLEOS DEL PERU - PETROPERU S.A.	Servicio de inspección de mantenimiento y estado de equipos de los terminales del norte, centro y sur.
4	PETROLEOS DEL PERU - PETROPERU S.A.	Saneamiento y verificación de medidas y elaboración de planos de ubicación y localización con coordenadas UTM y planos de arquitectura de todas las edificaciones construidas en refinería concha y terminal portuario.
5	PETROLEOS DEL PERU - PETROPERU S.A.	Servicio de verificación del programa de mantenimiento e inventario de equipos off-shore arrendados a Savia Perú SA.
6	PETROLEOS DEL PERU - PETROPERU S.A.	Inspección de 10 tanques de almacenamiento actualmente arrendadas a

N°	Cliente	Descripción del Servicio
		la empresa Savia Perú SA, que se encuentran ubicados en el lote Z-28, Talara.
7	PETROLEOS DEL PERU - PETROPERU S.A.	Servicio en unidad logística para el análisis y verificación del cumplimiento de los requerimientos de órdenes de trabajo internas para el plan maestro de tanques 2012 refinería talara.
8	PETROLEOS DEL PERU - PETROPERU S.A.	Servicio de revisión de los expedientes técnicos del sistema contra incendios de planta de ventas Iquitos y planta de ventas trapito.
9	PETROLEOS DEL PERU - PETROPERU S.A.	Ejecución del plan de abandono de la ex planta de ventas de tingo Maria que comprende: la demolición de las estructuras de concreto, retiro de tuberías enterradas, retiro de tuberías almacenadas transporte de las tuberías a la planta de ventas de villa de Pasco. Manejo y transporte de materiales contaminados, Retiro de material no contaminado, Construcción de caseta de madera para la vigilancia, Desbroce del terreno, etc.
10	PETROLEOS DEL PERU - PETROPERU S.A.	Reubicación de trabajo general eléctrico e instalación de nuevos alimentadores en planta aeropuerto Pisco
11	PETROLEOS DEL PERU - PETROPERU S.A.	Servicio de ingeniería de detalle para reubicación de bomba de productos negros - operaciones concha

N°	Cliente	Descripción del Servicio
12	PETROLEOS DEL PERU - PETROPERU S.A.	Elaboración de fichas técnicas de inmuebles de propiedad de Petroperú S.A., Actualmente arrendados a Petrotech y Maple, ubicados en ciudades de Talara y Pucallpa respectivamente. El servicio incluye el levantamiento topográfico y elaboración de planos de dichos inmuebles, entre otras actividades.
13	PETROLEOS DEL PERU - PETROPERU S.A.	Servicio de cálculo del valor arancelario de los bienes inmuebles que intervienen en el cálculo de la base imponible tales como terrenos, construcciones y otras instalaciones de la Refinería Canchan.
14	PETROLEOS DEL PERU - PETROPERU S.A.	Servicio de levantamiento topográfico para identificación de tuberías y equipos de refinería concha.
15	PETROLEOS DEL PERU - PETROPERU S.A.	Servicio de actualizar los inventarios y elaboración de fichas técnicas de los activos correspondientes a los bienes inmuebles (terrenos y edificaciones) de los siguientes predios: propiedad de PETROPERU S.A.: Terminal Eten, Ex Planta Pimentel, Terminal Salaverry, Terminal Chimbote, Casa Chimbote, Planta Aeropuerto Chiclayo y Planta Aeropuerto Trujillo.
16	PETROLEOS DEL PERU - PETROPERU S.A.	Servicio de actualizar los inventarios y elaboración de fichas técnicas de los activos correspondientes a los bienes inmuebles (terrenos y edificaciones) de los siguientes predios propiedad de PETROPERU S.A.: Terminal Callao,

N°	Cliente	Descripción del Servicio
		Terminal Supe (Zona Baja, Zona Alta), Terminal Pisco, Planta Aeropuerto Pisco, Ex Planta Ica, Planta Cerro de Pasco, Petrocentro Cañete y Ex Planta Tingo María.
17	PETROLEOS DEL PERU - PETROPERU S.A.	Elaboración del expediente técnico para el diseño de la ingeniería de detalle de las instalaciones electromecánicas del nuevo laboratorio de la refinería concha.
18	PETROLEOS DEL PERU - PETROPERU S.A.	Servicio de análisis de flexibilidad de nuevas líneas del circuito 1 y 2 de transporte de crudo de operaciones concha.

Fuente: Elaboración Propia

IV. DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL PROYECTO DE INGENIERÍA

4.1 Descripción del tema.

El presente proyecto de ampliación del Sistema de Utilización en media tensión 13.2 KV, considera redes en Media Tensión en 13200 Voltios, frecuencia de 60 Hz, Sistema trifásico, el cual ha sido desarrollado a partir de la estructura indicada como punto de diseño fijado por la Empresa Concesionaria.

El proyecto se divide en varias partes que se detallan a continuación:

- a) El Punto de diseño se modificará para albergar el equipamiento necesario para el sistema de protección contra fallas a tierra y un sistema limitador de potencia.
- b) La línea aérea existente de ACSR 3-1x35mm² -13.2KV; tiene un recorrido en vía pública y dentro del predio de aprox. 1062m. desde el Punto de diseño hasta el último Poste existente (N°18). Esta red no se modificará. Se considera solo para cálculos.
- c) La línea aérea del sistema de Utilización proyectada a partir de este el Penúltimo Poste existente (Poste N°17) será de; de ACSR 3-1x35mm² -13.2KV; tiene un recorrido dentro del predio de aprox. 1250 m. Aproximadamente. El conductor será instalado en postes de concreto armado centrifugado de 13m /400kg., 13m /300kg. y 11m /400kg.

- d) Se mostraran alcances de las Subestación SE del Nuevo campamento. (la Subestación y el cable subterráneo que bajara del último poste no es parte de este proyecto.
- e) Se instalara una cama metálica sobre las tuberías de combustibles entre los Postes N°3 y N°4; que proteja en caso excepcional de rotura de red aérea en este cruce.

4.2 Antecedentes.

Se tiene la necesidad de suministrar de energía eléctrica a los nuevos módulos del campamento punta arenas de la Refinería Talara para lo cual se requiere diseñar una línea de transmisión en 13.2 KV, para el presente trabajo es importante tener en cuenta los siguientes antecedentes.

4.2.1 Antecedentes Nacionales

- Tesis curricular para la obtención del Título de Ingeniero Electricista, Titulado: "Sistema de Utilización en 22.9 kV, 3Ø para el varadero de embarcaciones artesanales en el distrito de los órganos", presentado por el Bachiller Ebert Anthony Montero Juárez, en el año 2015. Se encuentra en la página web de la Universidad Nacional del Callao.
- Tesis curricular para la obtención del Título de Ingeniero Mecánico - Electricista, Titulado: "Evaluación de la eficiencia energética y diseño óptimo de una línea de distribución en media tensión 10kV", presentado por el Bachiller Kerry Zerpa Seminario, en el año 2013.

Se encuentra en el repositorio institucional PIRHUA – Universidad de Piura de la Universidad del Piura.

4.2.2 Antecedentes Internacionales

- Trabajo de grado para optar al Título de Ingeniero Electricista, Titulado: “Diseño de redes de distribución eléctrica de media y baja tensión para la normalización del barrio el piñoncito de campo de la cruz”, presentado por los Bachilleres Yonathan E. Narvaez Lopez y Kieferd D. Prado Linero, en el año 2012. Se encuentra en la página Web de la Universidad de La Costa CUC, Barranquilla, Colombia.

4.3 Planteamiento del problema

¿Cómo Diseñar una línea de transmisión que permita suministrar energía eléctrica de manera segura al campamento punta arenas de la refinería talara?

4.4 Justificación

Este informe se pretende realizar debido a que no se cuenta con la potencia de energía eléctrica necesaria para alimentar el nuevo campamento punta arenas, el cual actualmente se alimenta con una potencia contratada de 850 kW que representa el 60% de lo que se requiere para alimentar los módulos del nuevo campamento punta arenas para el personal tercero que laborará en la ampliación de la Refinería Talara, por ello se debe garantizar el suministro de energía eléctrica

específicamente mediante el diseño, instalación y puesta en operación de la línea de transmisión de 2000 kW y 13.2 kV para garantizar el suministro de energía hacia los módulos del nuevo campamento de la Refinería Talara de manera segura y cumpliendo las normas que garanticen el correcto funcionamiento y brinde seguridad a las personas e instalaciones por donde la línea hará su recorrido.

4.5 Marco teórico

Conductores

Los conductores son los encargados del transporte de energía desde las subestaciones de distribución hasta las subestaciones tipo poste. Son el elemento más delicado de todo el conjunto en las redes de distribución ya que dependiendo del buen estado de estos así será la calidad en el servicio de energía. [1, p. 12]

Los cables usados como conductores en redes aéreas deben cumplir con todas las especificaciones establecidas en el apartado 17.1 del RETIE. Todos los cables usados actualmente son de aluminio o aleaciones de aluminio.

Se usan conductores desnudos para circuitos primarios o de media tensión, son cables de aluminio ACSR y aleación de aluminio AAAC. Para circuitos secundarios se pueden usar cables desnudos pero principalmente se están implementando los conductores forrados

trenzados compuestos por cables AAC en fases y AAAC en neutro, con el fin de evitar la manipulación de las líneas por parte de terceros.

Para conductores desnudos ACSR usados en distribución de media tensión el calibre mínimo será el #2 AWG aunque el calibre más usado actualmente es el 1/0 AWG. Para red trezada en distribución secundaria el calibre mínimo usado es el 1/0 AWG.

Crucetas

Son la estructura que va anclada a los postes por medio de herrajes, sobre estas se colocan los aisladores, dependiendo del tipo de estructura así será la cantidad de crucetas necesarias y el tipo de aisladores que se instalaran en estas. Su función es sostener horizontalmente las líneas y cuentan con el tamaño adecuado para dar la separación mínima adecuada a cada nivel de tensión.

El tipo de crucetas usado en los sistemas de distribución depende del tipo de armado, en algunos casos se hará necesaria la presencia de un herraje adicional sobre el cual vaya una de las líneas de la red para poder cumplir con las distancias mínimas de seguridad exigidas en el RETIE.

En general existen dos grupos o tipos de crucetas y se diferencian debido al material con el que están hechas: crucetas de madera y crucetas metálicas.

Crucetas de madera:

Este tipo de crucetas son de madera inmunizada para evitar su rápido deterioro. Para su instalación se hacen necesarios muchos herrajes en acero galvanizado como abrazaderas, sillas, diagonales, etc.

Estas crucetas se han dejado de usar debido al deterioro que sufren en diferentes zonas, por ejemplo las rurales donde son víctimas de los pájaros carpinteros y las termitas. Además, presentan desventaja con las crucetas metálicas en el momento de la instalación ya que se necesitan de más herrajes, haciendo lento el trabajo. Normalmente se encuentran crucetas de 2,4m de largo aunque existen algunas de 4m que se usaban para formar estructuras en H; usadas en tramos muy extensos de redes donde se necesitaba una mayor separación entre las líneas.

Crucetas metálicas: Son crucetas hechas con acero galvanizado. Existen de dos tipos: Angulares y tipo bandera.

Las crucetas angulares cuentan con una pestaña, que parece un corbatín y cuya función es permitir la fijación directa de la cruceta, por medio de tornillos o abrazaderas, al centro del poste. Las crucetas angulares tienen varios tamaños, los más usados son 2400, 1800 y 1400 milímetros, que se usan dependiendo del tipo de armado que se vaya a realizar, el nivel de tensión y la longitud del vano. Las crucetas tipo bandera tienen una longitud de 2400 milímetros y su instalación debe ir acompañada de un brazo angular o diagonal. Inicialmente estas crucetas se usaban para separar los conductores de las edificaciones y cumplir con las distancias

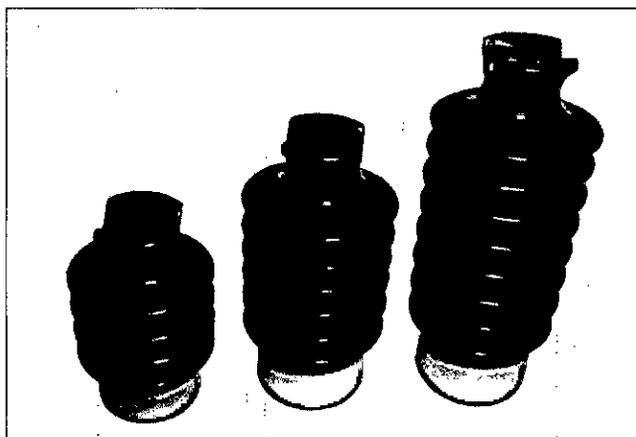
de seguridad, hoy en día se usan con el objetivo adicional de instalar la red secundaria en el borde de esta cruceta para así evitar la manipulación de esta por personas ajenas a las empresas de distribución.

Aisladores

Estos son los encargados de aislar las líneas de las estructuras o armados en cada poste. Se usan dependiendo del nivel tensión y el tipo de armado que hay en cada apoyo. Los aisladores usados en anclajes y fin de línea son diferentes a los usados en alineaciones y pequeños ángulos.

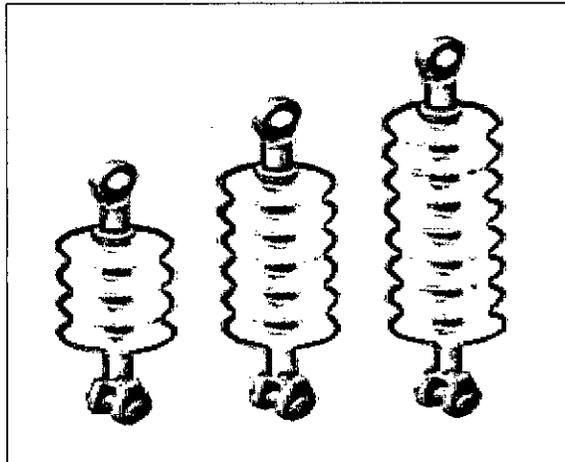
Los aisladores podrán ser de porcelana, vidrio, poliméricos y otros materiales aislantes equivalentes que resistan las acciones de la intemperie, deben ofrecer una resistencia suficiente a los esfuerzos mecánicos a que estén sometidos y protegidos contra corrosión para el medio donde se disponga su instalación.

Figura 3: Aisladores tipo poste de porcelana



Fuente: <http://www.emincco.com.co/prueba/porcelana5.html>

Figura 4: Aisladores tipos suspensión poliméricos



Fuente: <http://electrocornejo.com/subcategoria.php?idcat=2&idsub=11>

Herrajes

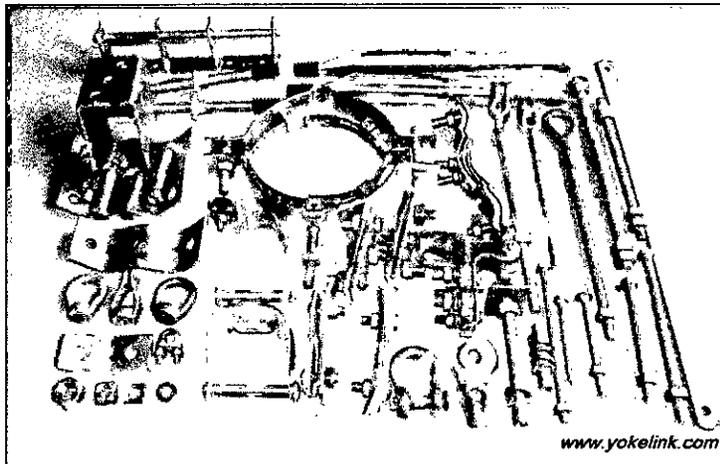
Se consideran herrajes a todas las partes metálicas presentes en cada tipo de estructura cuya función es fijar o asegurar todos los materiales usados en el poste y entre estos mismos. El RETIE se refiere a los herrajes en su apartado 17.17

Se consideran bajo esta denominación todos los elementos utilizados para la fijación de los aisladores a la estructura, los de fijación del conductor al aislador, los de fijación de cable de guarda a la estructura, los de fijación de las retenidas (templetes), los elementos de protección eléctrica de los aisladores y los accesorios del conductor, como conectores, empalmes, separadores y amortiguadores.

Los herrajes usados en media tensión deben ser de acero galvanizado y los de baja tensión que sirven para realizar conexiones con los conductores en acero inoxidable.

Los herrajes más usados en las redes aéreas son los tornillos, pernos rosca corrida, abrazaderas y grapas de amarre. (Ver Figura 7)

Figura 5: Herrajes más utilizados



Fuente: <http://herrajes29.blogspot.pe/2013/12/introduccion-herrajs.html>

Equipos de seccionamiento

Los equipos de seccionamiento en redes de distribución eléctrica sirven para establecer y/o delimitar zonas de trabajo y para proteger el sistema en caso de una falla. En distribución se usan como equipos de seccionamiento cortacircuitos, switches, interruptores y reconectores, principalmente.

Los switches y seccionadores monoplares son equipos que sólo se usan para seccionar un circuito o red, estos no tienen la facultad de actuar automáticamente

La operación de estos puede ser manual en sitio o remota. Para el caso de los cortacircuitos y seccionadores monoplares, su operación se debe

realizar sin carga y en sitio. Los switches y reconectores pueden actuar con carga y desde un mando a distancia.

Transformadores

En los sistemas de distribución todos los transformadores son usados para reducir los niveles de tensión de la energía eléctrica en ese punto. Las relaciones de transformación de tensión más comunes en distribución son las presentadas en la Tabla 1.

Para las transformaciones de media tensión a baja tensión se emplean transformadores monofásicos con los siguientes valores de potencia o nominales: 25 - 37.5 - 50 - 75 kVA y transformadores trifásicos con potencia de 30 - 45 - 75 -112.5 y 150 kVA. El sistema de protecciones de un transformador de distribución consta de cortacircuitos, fusibles y pararrayos tipo válvula y SPT.

Tabla 1. Relaciones de transformación más comunes

Tensión de entrada	Tensión de salida
110 kV	34,5/13,2 kV
34,5 kV	13,2 kV
34,5 kV	440 V
13,2 kV	440 V
13,2 kV	240/120 V
7,6 kV	240/120 V

Fuente: Elaboración Propia

En la sección 17.10 del RETIE se establecen todos los requisitos que deben cumplir los transformadores que van a ser instalados en Colombia.

Armados

Se le llama armados al conjunto de crucetas, aisladores y herrajes que se instalan en un poste. Las principales características que diferencian a los armados son la cantidad de crucetas y el tipo de aisladores.

La cantidad y tipo de armados que se instalen en un apoyo define el tipo de estructura y la función que va a tener ese punto dentro del sistema.

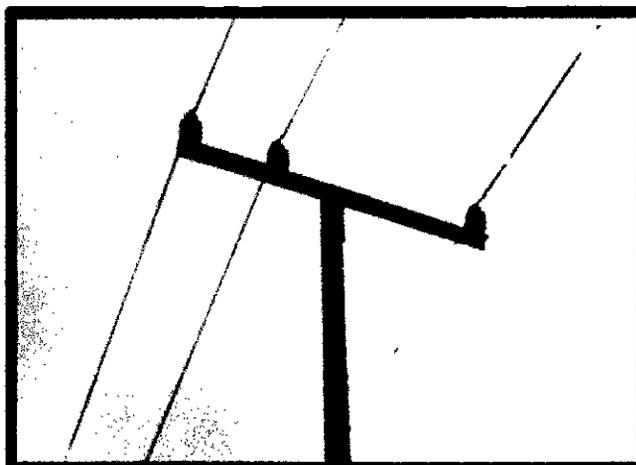
Los armados utilizados en sistemas de distribución con redes aéreas son los siguientes:

Armado de alineación

Este armado se utiliza cuando el conductor de la red forma un ángulo de 0° a 5° al pasar por el punto o apoyo donde se va a instalar el armado.

Los armados en alineación cuentan, básicamente, con una cruceta, herrajes y 3 aisladores line post.

Figura 6: Armado en alineación



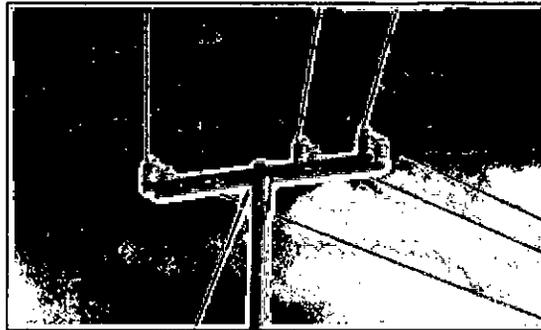
Fuente: Tesis de diseño de redes de distribución presentado por YONATHAN E. NARVAEZ

Armado de ángulo

Este armado se utiliza cuando el conductor de la red de distribución forma un ángulo entre 5° y 30° al realizar un cambio de dirección. Estos cambios de dirección en el conductor se pueden deber a la forma de la carretera, en el caso que las líneas se encuentren paralelas a alguna vía, que en un punto realiza una curva.

Este tipo de armados está formado por dos crucetas, los respectivos herrajes y aisladores line post. La cantidad de aisladores siempre será el doble de la cantidad de conductores que tenga la red.

Figura 7: Armado en ángulo



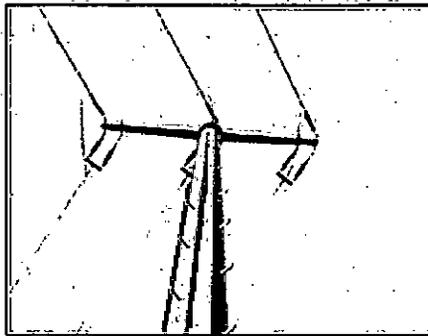
Fuente: Tesis de diseño de redes de distribución presentado por YONATHAN E. NARVAEZ

Armado de anclaje

Este armado se utiliza cuando el conductor de la red forma un ángulo de 30° a 60° al realizar un cambio de dirección en su paso por este apoyo o cuando en un punto de la red se quiere realizar un corte o amarre. Cuando se está construyendo una línea nueva, normalmente se colocan los anclajes según la longitud de los conductores que vienen en cada bobina, aunque esto lo define el diseñador.

Este tipo de armados está formado por dos crucetas, herrajes y aisladores de suspensión. La cantidad de aisladores siempre será el doble de la cantidad de conductores que tenga la red. En este tipo de armados se usa algo conocido como "cadenas de amarre", conformadas por una grapa de suspensión o de amarre con la cual se sujeta el conductor, un aislador tipo suspensión y otro herraje que puede ser un grillete o tuerca de ojo que sirven para sujetar el conjunto con la cruceta.

Figura 8: Armado en anclaje



Fuente: <https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcSolBZ8gNNThBm7-fjIF1z5S8Vrt6rEaxscDodmenQg2oyS1qeJuA>

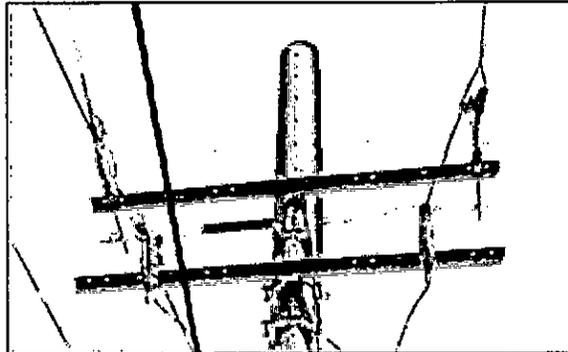
Armado fin de línea

Este armado se utiliza en el inicio de un tramo de red aérea luego de un tramo subterráneo como por ejemplo en la salida de una subestación de distribución y también en el comienzo y final de una derivación o ramal.

Es muy común encontrar este tipo de armados acompañados de un transformador o una acometida primaria subterránea.

Los armados fin de línea está formado con los mismos materiales de un armado en anclaje, con la única diferencia que las cadenas de amarre utilizadas en este son la misma cantidad de líneas que tiene la red.

Figura 9: Armado fin de línea



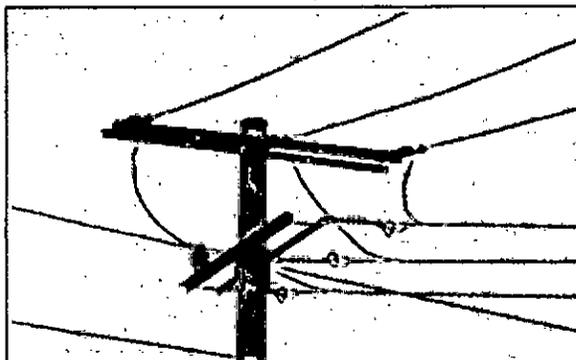
Fuente: Tesis de diseño de redes de distribución presentado por YONATHAN E. NARVAEZ

Armado de ángulo 90°

Este armado se utiliza cuando el desvío o cambio de dirección que sufre la línea es un ángulo entre 60° y 90°. Es muy común encontrar estos armados en algunas esquinas dentro de las ciudades.

Este armado es básicamente la combinación de dos armados fin de línea. Cuenta con 4 crucetas seis cadenas de amarre y sus respectivos herrajes. Normalmente se hace necesario instalar retenidas en este tipo de armados, pero actualmente se usan postes auto-soportados para evitar las retenidas.

Figura 10: Armado 90°



Fuente: Tesis de diseño de redes de distribución presentado por YONATHAN E. NARVAEZ

Estructuras de media tensión

Las estructuras usadas en la distribución de energía varían de acuerdo a su función y de disposición de los armados en el montaje. Su característica principal son los armados, los cuales la identifican, pero varían dependiendo la combinación de estos y el tipo de apoyo que utiliza.

Estructura en alineación

Este tipo de estructura está compuesta por un apoyo y un armado en alineación. Los apoyos utilizados en este tipo de estructura son generalmente los de menor resistencia en comparación con otro tipo de estructuras debido a que las fuerzas que debe resistir son menores en magnitud y cantidad.

En Europa podemos encontrar estructuras que tienen armados tipo suspensión, es decir, el cable se encuentra suspendido por una cadena de amarre y no va encima de un aislador tipo poste.

Estructura en ángulo

Este tipo de estructura está compuesta por un apoyo y por un armado en ángulo, y dependiendo de los cálculos puede llevar retenida, que está conformada por unos metros de cable de acero galvanizado, un ancla de hormigón y una varilla de anclaje. La retenida de en este tipo de estructuras se utiliza para evitar que el apoyo ceda ante la componente horizontal de la resultante de fuerzas. Para evitar las retenidas es

necesario instalar un poste de capacidad y resistencia acorde a las fuerzas que debe soportar el apoyo.

Cuando se construyen nuevas redes aéreas se evitan este tipo de estructuras.

Estructura en anclaje

Este tipo de estructura está conformado por un apoyo, un armado en anclaje y las retenidas. También se utiliza cuando se hace necesario realizar un amarre en las líneas. Los amarres se utilizan para establecer cantones y facilitar los tendidos de líneas. Por lo general se usan postes de mayor resistencia en estas estructuras debido a que serán expuestos a mayores esfuerzos.

Figura 11: Estructura en anclaje



Fuente: Tesis de diseño de redes de distribución presentado por YONATHAN E. NARVAEZ

Estructura fin de línea

Estas estructuras cumplen la función de asegurar las redes en el punto final de un circuito o de alguna extensión de red y en el inicio de un ramal o derivación. Estas estructuras siempre llevan una retenida como

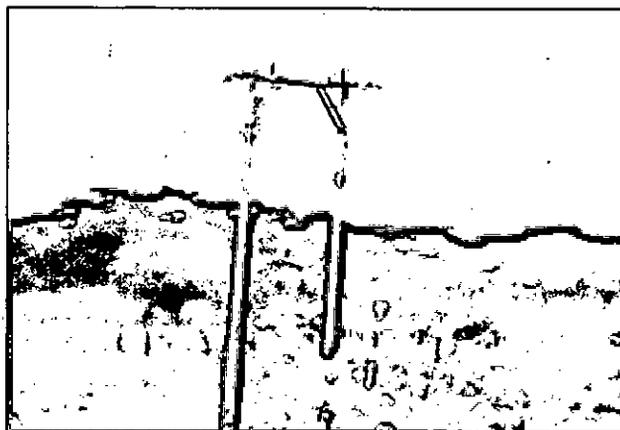
compensación por el esfuerzo generado por las líneas en el poste. Esta estructura está compuesta por el apoyo, un armado fin de línea y, en la mayoría de los casos, una retenida. El uso de la retenida depende del apoyo utilizado y el tense del conductor.

Estructura en H

Este tipo de estructuras no son muy usadas actualmente pero eran necesarias cuando había que mantener y asegurar una distancia mayor entre las líneas de MT, para amarrar la línea entre dos puntos a una muy larga distancia y evitar que el viento las uniera y provocara un corto circuito a mitad del vano. Estas largas distancias entre las estructuras se generan cuando el terreno no es plano, y está conformado por pequeños cerros y montañas.

Las estructuras en H están conformadas por 2 apoyos unidos entre sí por dos crucetas de 4m. Normalmente se hacen amarres en este tipo de estructuras.

Figura 12: Estructura en H



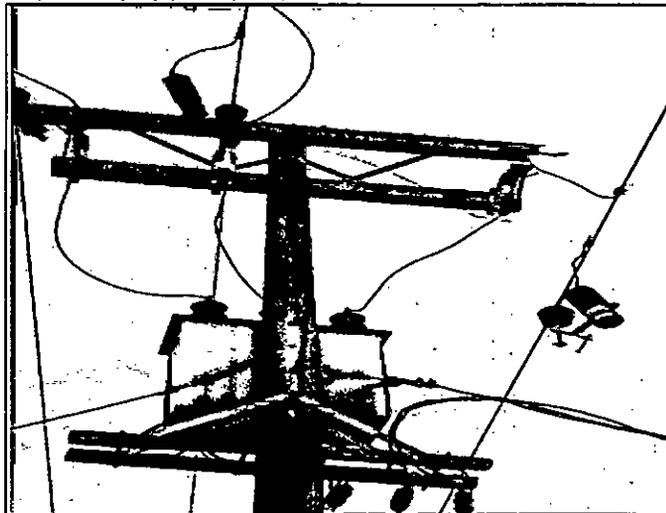
Fuente: Tesis de diseño de redes de distribución presentado por YONATHAN E. NARVAEZ

Estructuras mixtas

Son las estructuras que contienen más de un armado, siendo la más común la que contiene un armado en alineación y un armado fin de línea, esta combinación es utilizada en las derivaciones de los circuitos.

Hacen parte de las estructuras mixtas, las estructuras en doble nivel, en estas van dos circuitos sobre el mismo apoyo en paralelo.

Figura 13: Estructuras mixtas



Fuente: <http://www.cooperativacamet.com.ar/lightbox/images/nota63/foto1.png>

Configuraciones en redes aéreas de distribución

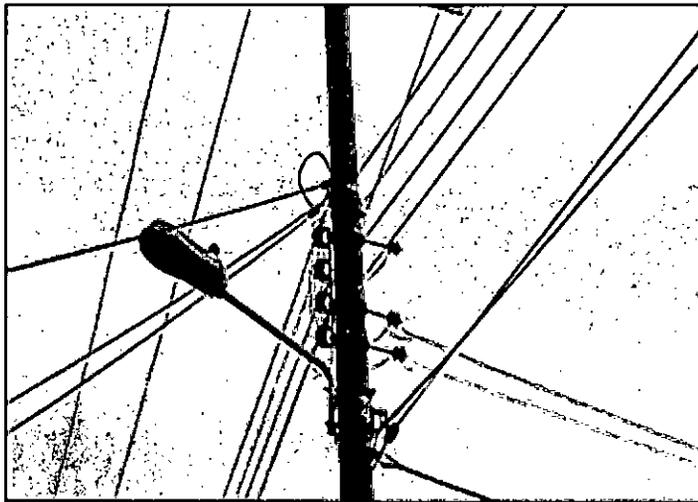
Las diferentes configuraciones de las redes aéreas se han creado, principalmente para evitar la manipulación de terceros a la red y disminuir las pérdidas no técnicas del sistema. La red abierta permite la conexión ilegal de usuarios al sistema, además genera un riesgo para las personas ya que el contacto directo con estas puede ocasionar un accidente.

A continuación se mencionan las diferentes configuraciones usadas en las redes eléctricas de Colombia.

Sencilla con red abierta

En este tipo de configuración la distribución secundaria se realiza con estructuras formadas por postes de 9m y soportes de percha u otro herraje que sostenga el aislador de carrete en el cual se soportaban los conductores desnudos.

Figura 14: Red abierta de distribución secundaria



Fuente: Tesis de diseño de redes de distribución presentado por YONATHAN E. NARVAEZ

La instalación de este tipo de redes resulta más económica que cualquier otro tipo. Esta configuración de red no es instalada actualmente, las redes que existen de

Con las redes abiertas era muy fácil para los usuarios normalizados realizar fraude instalando una acometida alterna, evitando la lectura del contador de energía. También se presentaban inconvenientes en los

sectores subnormales debido a la conexión ilegal y de directos a las redes.

Sencilla con red trenzada

En esta configuración la distribución secundaria se realiza con conductores cubiertos por un aislamiento que permite el trenzado o entorche de los mismos, postes de 9m, soportes de horquilla y aisladores carrete. Los herrajes y aisladores disminuyen de 3 a 1 por estructura.

Esta configuración necesita mayor inversión debido a que el precio del metro en conductor trenzado es superior al metro de los tres o cuatro conductores desnudos.

La red trenzada se empezó a instalar aproximadamente hace 10 años y su funcionalidad principal era evitar la instalación de acometidas paralelas dificultando la manipulación de estas redes por terceros. Consiste en usar los mismos apoyos donde se encontraba la red abierta y cambiar los conductores desnudos por red trenzada. Los conductores de la red trenzada son de mayor diámetro que los de la red abierta por lo que al instalarlos mejoraba la calidad del servicio en lo que se refiera a regulación.

Con los conductores trenzados se dificulta la manipulación de las redes por parte de terceros porque no permite conectarse directamente al conductor debido a su aislamiento. Para la conexión de acometidas se

instalan unas cajas de derivación o de abonados que al estar cerradas evitan las conexiones fraudulentas en los barrajes de la misma.

Configuración especial

En este tipo de configuración la distribución primaria también tiene una característica diferente. Las estructuras usadas son conformadas por postes de 12m, armados primarios en disposición tipo bandera, armados secundarios formados por un soporte en U y un aislador tipo carrete, instalados en el borde de las crucetas, conductores desnudos para las líneas primarias y conductores trenzados para la distribución secundaria. Los postes de 9m usados en este tipo de configuración no son usados para realizar distribución, se usan para hacer retenidas aéreas cuando hay armados fin de línea en disposición bandera. También se usan postes de 9m para llevar la red chilena desde las cajas de derivación hasta los usuarios.

Esta configuración de red es la que se está implementando actualmente debido a todas las ventajas que ofrece. Su diseño está hecho pensando en el crecimiento de la carga según cada nivel social durante 15 años y las cargas están mejor distribuidas por transformador. Esta consiste en realizar la distribución de media y baja tensión por medio de postes de 12m y colocando la red trenzada más cerca de la red primaria y lejos de los apoyos para evitar su manipulación ilegal.

En todo su recorrido por la red secundaria está acompañada de la red de media tensión, se encuentra a más de 2m del poste y las cajas de derivación se encuentran sobre el vano del conductor trenzado. Todas estas condiciones de la configuración especial llevan a una reducción de fallas en el sistema, mejora en la calidad del servicio de energía y disminución de pérdidas no técnicas. El uso principal de este tipo de redes es en zonas definidas como de difícil gestión.

Configuración especial con medida centralizada

La media centralizada es un sistema de medición de energía eléctrica agrupado en cajas de medida, integrado por medidores (tarjetas electrónicas de medida o medidores individuales), transformadores de medida (cuando aplique) y equipo de comunicación, que cuentan con operación remota para realizar lectura, suspensión, reconexión, etc.

La medida centralizada es una tecnología implementada principalmente en sectores subnormales donde la gestión por parte de la empresa para cobro o corte del servicio es muy difícil y peligrosa para los trabajadores. También es usada en

Este tipo de configuración combina los conceptos de la configuración especial normal, protegiendo la red secundaria con la primaria en toda su extensión, con la diferencia del tipo de cajas de distribución secundaria que se usan.

Diseño de redes aéreas de media tensión

Para el diseño de redes aéreas de media tensión es tan importante realizar tanto cálculos eléctricos como cálculos mecánicos, ya que las redes no sólo dependen de un buen conductor o un excelente aislamiento, también lo hacen de los apoyos y demás elementos presentes en las estructuras.

4.6 Fases del proyecto.

4.6.1 Parámetros de diseño:

Los cálculos de la Red Aérea se harán para una potencia de **2 000 kW**. De acuerdo a las bases del contrato entre PETROPERU y la empresa contratista: CONSORCIO: ELECTRO DIESEL NOR ORIENTE SRL. - JAVIER TAVARA CIEZA.

Cabe indicar que esta red alimentara a un transformador de 1.5 MVA 13.2/ 0.23KV. Aproximadamente. Por lo que hacer el cálculo para una mayor potencia es adecuado.

Cabe indicar que la carga contratada proyectada será de 850 KW. Repartida en 3 subestaciones. Por lo que el verdadero consumo de la Subestación del Nuevo campamento será mucho menor.

Condiciones Geográficas

La zona tiene un clima cálido, árido y oceánico.

Tabla 2: Datos climatológicos de la ciudad de Talara.

Temperatura máxima	36 °C
Temperatura mínima	14 °C
Temperatura promedio	24 °C
Velocidad máxima del viento	50 km/h
Velocidad promedio del viento	24 km/h

Fuente: SENAMHI y Atlas Eólico del Perú

4.6.2 Diseño de la Línea de transmisión

6.6.2.1 Cálculos eléctricos

a) Dimensionamiento del cable aéreo.

Para el dimensionamiento del cable este debe cumplir los 3 criterios siguientes:

- Criterio por capacidad de corriente.
- Criterio por caída de tensión.
- Criterio por cortocircuito.

Además el cable debe soportar la alta humedad relativa del lugar y el ambiente salitroso propia de las zonas cercanas al mar, por lo tanto el cable que se usará será de aluminio con alma de acero o tipo ACSR, que cumple las características de ser económica con respecto al cable de cobre es resistente a la corrosión y soporta altas cargas de tracción.

a.1) Cálculo por capacidad de corriente

Calculamos la corriente que generara esta capacidad de 2000 MW; y daremos un margen de 25 % adicional. Para tener una corriente de diseño mínima que tendrá que soportar el cable seleccionado.

$$I_n = \frac{S}{\sqrt{3}U_N}$$

Dónde:

I_n = Corriente nominal en Amperios

S = Potencia nominal de diseño en KVA

U_N = Tensión nominal del sistema en kV

Datos:

P = 2000 kW

S = 2353 KVA (Considerando f.p. 0.85)

U_N = 13.2 KV.

Entonces:

I_n = 102.92 Amperios

$I_{diseño} = 1.25 \times I_n$

$I_{diseño} = 128.65$ Amperios

Por lo tanto

$$I_{conductor} > I_{diseño}$$

$$160 \text{ A} > 128.65 \text{ A}$$

Por lo tanto de la Tabla N° 3 el cable 3-1x35mm² A CSR - 13.2 kV cumple la condición de soportar toda la capacidad de corriente de 2000 kW.

Tabla 3: Datos Eléctricos de Cable ACSR

Sección [mm ²]	Nº alambres Aluminio	Nº Alamb. Acero	Mín. Resist. Tracción Cond. [kN]	Max. DC Resist. Cond. 20°C [Ohm/km]	Amperaje aire 40°C [A]
25	6	1	8.4	1.165	130
35	6	1	11.6	0.8323	160
50	6	1	15.77	0.5826	195
70	26	7	25.0	0.4188	255
95	26	7	33.46	0.3085	305
120	26	7	40.37	0.2443	365
150	26	7	49.75	0.1954	415
240	26	7	77.35	0.1221	565

Fuente: Catalogo de cables de aluminio Indeco.

a.2) Calculo por caída de tensión.

La red aérea total tiene 2 tramos:

Para la obtención de la caída de tensión al final de la línea se tiene que hacer los cálculos por tramos. De toda la línea existente y proyectada; desde el Punto de entrega del concesionario hasta la Subestación Nuevo campamento.

1° Tramo: Red Existente ACSR 35mm² - 13.2KV

Red Aérea, se inicia desde el Punto de entrega hasta el Penúltimo Poste existente N°17, en vanos que varían su longitud cada uno. (Longitud aprox. 1062m.) 3-1x35 mm² ACSR -13.2KV.

Calculo de la resistencia:

Para el conductor de aleación de aluminio ACSR de 35 mm²:

$$R_{75^{\circ}C} = R_{20^{\circ}C} \times [1 + \alpha (T_{75^{\circ}C} - T_{20^{\circ}C})]$$

Dónde:

$$\alpha = 19.1 \times 10^{-6} \text{ } ^{\circ}\text{C} \text{ (Coeficiente de dilatación lineal ACSR 6+1)}$$

$$R_{20^{\circ}C} = 0.8323 \text{ } \Omega/\text{km}$$

$$R_{75^{\circ}C} = 0.8332 \text{ } \Omega/\text{km}$$

Calculo de reactancia:

$$X_L = 0.376992 \times \left[0.05 + 0.4605 \times \log \left(\frac{D_m}{r} \right) \right] \dots \dots \dots \text{ (}\Omega/\text{Km)}$$

Donde:

$$D_m = \sqrt{D_1 \times D_2 \times D_3} \text{ Para disposición triangular.}$$

r = 4.1 mm. (Características del conductor ACSR)

Calculando:

$$D_m = \sqrt{1.20 \times 1.34 \times 1.34} = 129.27 \text{ mm}$$

Reemplazando en X_L

$$X_L = 0.376992 \times \left[0.05 + 0.4605 \times \log\left(\frac{129.27}{4.1}\right) \right] = 0.2790 \text{ } \Omega/\text{km}$$

Calculo de la caída de tensión del primer tramo:

$$\Delta V = \sqrt{3} \times I \times L \times (R \cos \phi + X \sin \phi)$$

Dónde:

$$I = \text{In de carga en A} = 102.92$$

$$L = \text{Longitud del cable en km} = 1.062$$

$$R = \text{Resistencia del cable en ohmios/km} = 0.9971$$

$$X = \text{Reactancia del cable en ohmios/km} = 0.2790$$

$$\cos \phi = 0.85$$

$$\sin \phi = 0.527$$

Entonces

$$\Delta V = 161.90 \text{ V} \quad (\text{Caída de tensión del Primer tramo})$$

2° Tramo: Red Proyectada ACSR 3x35 mm² - 13.2KV

Red Aérea, se inicia desde el Penúltimo Poste existente N°17, hasta el Poste N°15 Proyectado de la red aérea en vanos que varían su longitud cada uno. (Longitud aprox. 1250m)

Calculo de la resistencia:

Para el conductor de aleación de aluminio ACSR de 35 mm²:

$$R_{75^{\circ}C} = R_{20^{\circ}C} \times [1 + \alpha (T_{75^{\circ}C} - T_{20^{\circ}C})]$$

Dónde:

$$\alpha = 19.1 \times 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C} \text{ (Coeficiente de dilatación lineal ACSR 6+1)}$$

$$R_{20^{\circ}C} = 0.8323 \text{ } \Omega/\text{km}$$

$$R_{75^{\circ}C} = 0.8332 \text{ } \Omega/\text{km}$$

Calculo de reactancia:

$$X_L = 0.376992 \times \left[0.05 + 0.4605 \times \log\left(\frac{D_m}{r}\right) \right] \dots \dots \dots \text{ (}\Omega/\text{Km)}$$

Donde:

$$D_m = \sqrt{D_1 \times D_2 \times D_3} \text{ Para disposición triangular.}$$

r = 4.1 mm. (Características del conductor ACSR - INDECO S.A.)

Calculando:

$$D_m = \sqrt{1.20 \times 1.34 \times 1.34} = 129.27 \text{ mm}$$

Reemplazando en X_L

$$X_L = 0.376992 \times \left[0.05 + 0.4605 \times \log\left(\frac{129.27}{4.1}\right) \right] = 0.2790 \text{ } \Omega/\text{km}$$

Calculo de la caída de tensión del primer tramo:

$$\Delta V = \sqrt{3} x I x L x (R \cos \phi + X \sin \phi)$$

Dónde:

$$I = \text{In de carga en A} = 102.92$$

$$L = \text{Longitud del cable en km} = 1.062$$

$$R = \text{Resistencia del cable en ohmios/km} = 0.9971$$

$$X = \text{Reactancia del cable en ohmios/km} = 0.2790$$

$$\cos \phi = 0.85$$

$$\sin \phi = 0.527$$

Entonces

$$\Delta V = 190.55 \text{ V} \quad (\text{Caída de tensión del Segundo tramo})$$

Luego calculamos la caída de tensión total

$$\Delta V_{Total} = \Delta V_{1^\circ \text{ Tramo}} + \Delta V_{2^\circ \text{ Tramo}}$$

$$\Delta V_{Total} = 161.90 \text{ V} + 190.55 \text{ V}$$

$$\Delta V_{Total} = 352.45 \text{ V}$$

$$\% \Delta V = \frac{\Delta V_{Total}}{V} = \frac{352.45}{13200} = 2.67 \%$$

$$\% \Delta V = 2.67\% < 5.0\%$$

Por lo tanto:

El cable 3-1x35mm² ACSR - 13.2KV. Cumple la condición de soportar La caída de tensión de 2000 KW.

a.3) Cálculo por corriente de cortocircuito.

De acuerdo a los parámetros proporcionados por PETROPERU de los parámetros en el punto de entrega NTCSE 306054 A1304 (A37)

Tabla 4: Parámetros de corto circuito

Punto Diserto NTCSE	Aliment.	Nivel Tensión (kV)	Barra 10KV		Punto Diseño	
			I _{cc} 3φ (KA)	I _{cc} 1φ (kA)	I _{cc} 3φ (kA)	I _{cc} 1φ (kA)
31278	1304	13.2	21.899	0.101	2.030	0.094

Fuente: Elaboración propia.

Entonces la P_{cc} en el Punto de entrega será:

$$P_{cc} = I_{cc} \times V$$

$$P_{cc} = 2.030 \text{ KA} \times 13.2 \text{ KV.}$$

$$P_{cc} = 26.796 \text{ MVA}$$

Para los cálculos se está considerando una Potencia de 200 MVA (Mucho mayor a la existente) y un tiempo de apertura de 0.02 seg en el punto de entrega de ENOSA.

$$I_{cc} = \frac{P_{cc}}{\sqrt{3}U_n}$$

Donde:

I_{cc} = Corriente de cortocircuito en KA

P_{cc} = Potencia cortocircuito en MVA = 200 MVA

U_n = Tensión nominal del sistema en kV = 13.2 kV

Entonces:

$I_{cc} = 8.75$ KA (debido a los 200 MVA considerados)

Luego calculamos la corriente media eficaz:

$$I_{km(Al)} = 0.09447 \frac{S}{\sqrt{t}} \text{ (Aluminio)}$$

Donde:

I_{km} = Corriente media eficaz de cortocircuito en KA

S = Sección nominal del conductor = 35 mm^2 (conductor ACSR)

t = Tiempo en seg. = 2 s

Entonces:

$$I_{km} = 21.88 \text{ kA}$$

Por lo tanto:

$$I_{km} > I_{cc}$$

21.88 kA > 8.75 kA..... (Cumple la condición).

El conductor = 35 mm² ACSR; cumplen la condición de soportar la corriente de cortocircuito más elevada del punto de alimentación.

Conclusión:

El cable seleccionado del tipo: 3 x 35mm² ACSR; Cumple con las Condiciones y Requerimientos Técnicos para el proyecto.

b) Cálculo de la potencia de cortocircuito (P_{cc2}).

b.1) Cálculo de la P_{cc2} en el penúltimo poste existente N°17 (Tramo N°1 - existente).

Condiciones:

- Red Aérea 3x35mm² ACSR - 13.2 KV (existente).
- Tensión nominal (V) : 13.2 kV
- Potencia de cortocircuito en el punto de entrega (P_{cc1}) 200 MVA
(asumido)

Impedancia del sistema:

$$Z_1 = \frac{V^2}{P_{cc1}} \Omega$$

$$Z_1 = \frac{(13.2)^2}{200} = j 0.8712 \Omega$$

Impedancia del Cable:

Las características del cable seleccionado son:

$$r = 0.9971 \Omega/\text{km}$$

$$x = 0.2790 \Omega/\text{km}$$

$$L = 1.062 \text{ km}$$

Luego:

$$Z_c = (r + jx) \cdot L$$

$$Z_c = (0.9971 + j 0.2790) \times 1.062$$

$$Z_c = (1.0589 + j 0.2963) \Omega$$

La impedancia total hasta las barras de M.T es:

$$Z_2 = Z_1 + Z_c$$

$$Z_2 = j 0.8712 + (1.0589 + j 0.2963)$$

$$Z_2 = (1.0589 + j 1.1675)$$

$$Z_2 = 1.5762 \Omega$$

Luego la potencia de cortocircuito en el Poste N°1 (Inicio del tramo N°2)

es:

$$P_{cc_2} = \frac{V^2}{Z_2} = \frac{(13.2)^2}{1.5762} = 110.55 \text{ MVA}$$

Calculo de la corriente de cortocircuito en el poste N°17 (En 13.2 kV)

$$I_{cc_2} = \frac{P_{cc_2}}{\sqrt{3} \times V} = \frac{110.55}{\sqrt{3} \times 13.2}$$

$$I_{cc_2} = 4.84 \text{ kA}$$

Cálculo de la corriente de choque

$$I_{ch} = 1.8x\sqrt{2}I_{cc2} = 1.8x\sqrt{2}x4.84 \text{ (kA)}$$

$$I_{ch} = 12.31 \text{ kA}$$

b.2) Calculo de la Pcc en el último poste proyectado N°15 (Tramo N°2 - Proyectado)

Condiciones:

- Red Aérea 3x35mm² ACSR - 13.2 KV. (Proyectada)
- Tensión nominal (V) : 13.2 kV
- Potencia de cortocircuito en el punto de entrega (P_{cc2}): 110.55 MVA
(Pcc en poste N°17 exist.)

Impedancia del sistema:

$$Z_1 = \frac{V^2}{P_{cc2}} \Omega$$

$$Z_1 = \frac{(13.2)^2}{110.55} = j 1.5761 \Omega$$

Impedancia del Cable:

Las características del cable seleccionado son:

$$r = 0.9971 \Omega/\text{km}$$

$$x = 0.2790 \Omega/\text{km}$$

$$L = 1.250 \text{ km}$$

Luego:

$$Z_c = (r + jx).L$$

$$Z_c = (0.9971 + j 0.2790) \times 1.250$$

$$Z_c = (1.2464 + j 0.3488) \Omega$$

La impedancia total hasta las barras de M.T., es:

$$Z_2 = Z_1 + Z_c$$

$$Z_2 = j 1.5761 + (1.2464 + j 0.3488)$$

$$Z_2 = (1.2464 + j 1.814)$$

$$Z_2 = 2.2932 \Omega$$

Luego la potencia de cortocircuito en el Poste N°1 (Inicio del tramo N°2)
es:

$$P_{cc2} = \frac{V^2}{Z_2} = \frac{(13.2)^2}{2.2932} = 75.98 \text{ MVA}$$

**Cálculo de la corriente de cortocircuito en el poste N°15 (Proyectado
en 13.2 kv.)**

$$I_{cc2} = \frac{P_{cc2}}{\sqrt{3} \times V} = \frac{75.98}{\sqrt{3} \times 13.2}$$

$$I_{cc2} = 3.32 \text{ kA}$$

Cálculo de la corriente de choque.

$$I_{ch} = 1.8 \times \sqrt{2} \times I_{cc2} = 1.8 \times \sqrt{2} \times 3.32 \text{ (kA)}$$

$$I_{ch} = 8.46kA$$

Por lo tanto los equipos en la Subestación del Nuevo campamento Punta arenas deberán ser mínimos: $I_{cc} = 16 kA$; $I_{ch} = 20KA$.

4.6.3 Cálculos mecánicos

A) Cálculo mecánico de protección del conductor

Los datos para la verificación del conductor están indicados en la tabla 3, para el cálculo de esfuerzos se plantea 3 hipótesis:

Tabla 5: Hipótesis para el cálculo de esfuerzos

VARIABLES	HIP. 1 Esfuerzo diario	HIP. 2 Esfuerzo máximo	HIP. 3 Flecha máxima
Temperatura (°C)	$T_1 = 20$	$T_2 = 10$	$T_3 = 50$
Velocidad del Viento (Km./h)	Nulo	50	Nulo

Los cálculos se harán para un vano de 138 m. (vano más largo entre los postes P7 y P8)

Tabla 6: Datos dimensionales del cable ACSR

Sección [mm ²]	N° alambres Aluminio	N° Alamb. Acero	Diam. Alamb. Aluminio [mm]	Diam. Alamb. Acero [mm]	Diam. Conductor [mm]	Peso aprox. [kg/km]
25	6	1	2.3	2.3	6.9	101
35	6	1	2.72	2.72	8.2	141
50	6	1	3.25	3.25	9.8	202
70	26	7	1.85	1.44	11.7	281
95	26	7	2.15	1.67	13.6	381
120	26	7	2.42	1.86	15.3	483
150	26	7	2.71	2.09	17.1	602
240	26	7	3.42	2.64	21.6	959

Fuente: Catalogo de cables de aluminio Indeco.

Cálculo del esfuerzo σ_1 en la hipótesis 1

Cálculo del peso del conductor (W_{r1}) en la hipótesis 1:

$$W_{r1} = \sqrt{w^2 + P_v^2}$$

Donde:

Velocidad del viento es nulo ($P_v = 0$), $W_{r1} = w = 0.141 \text{ kg/m}$

Esfuerzo admisible para la hipótesis 1:

De la Tabla N° 3 la carga de rotura del ACSR 35 mm² = 11.6 kN = 1183 Kg.

$$\sigma_1 = \frac{C_r \times 18\%}{S}$$

$$\sigma_1 = 6.08 \text{ kg/mm}^2$$

Calculo del esfuerzo σ_2 en la hipótesis 2

Calculo del peso del conductor (W_{r2}) en la hipótesis 2:

$$W_{r2} = \sqrt{w^2 + P_v^2}$$

Donde:

Velocidad del viento es: 50 km/h

$$P_v = K \times V^2 \times D = 0.0042 \times 50 \times 8.2 \times 10^{-3} = 0.0861 \text{ Kg.}$$

Reemplazando:

$$W_{r2} = \sqrt{0.141^2 + 0.0861^2} = 0.1652 \text{ kg/m}$$

El Esfuerzo para la hipótesis 2 lo calculamos con la ecuación de cambio de estado:

$$\sigma_2^2 \left[\sigma_2 - \sigma_1 + E\alpha(t_2 - t_1) + \frac{W_{r1}^2 L^2 E}{24A^2 \sigma_1^2} \right] = \frac{W_{r2}^2 L^2 E}{24A^2}$$

$$\sigma_2^2 [\sigma_2 - M] = N$$

Donde:

$$N = \frac{W_{r2}^2 L^2 E}{24A^2}; \quad M = \sigma_1 - R; \quad R = E \left[\alpha(t_2 - t_1) + \frac{W_{r1}^2 L^2 E}{24A^2 \sigma_1^2} \right]$$

Datos:

A: Sección del conductor (mm²) : 35 mm²

α : Coeficiente de dilatación lineal (1/°C) : 1.91x10⁻⁵

L: vano en m. : 138 m

E: Modulo de Elasticidad (Kg. / mm²) : 8100 Kg/mm²

Reemplazando valores:

$$R = 8100 \left[9.19 \times 10^{-5} (10 - 20) + \frac{0.141^2 \times 138^2 \times 8100}{24 \times 35^2 \times 6.08^2} \right] = 2.5432$$

$$M = \sigma_1 - R = 6.08 - 2.5432 = 3.5408$$

$$N = \frac{0.1652^2 \times 138^2 \times 8100}{24 \times 35^2} = 143.208$$

Luego:

$$N = \sigma_2^2 [\sigma_2 - M]$$

$$143.208 = \sigma_2^2 [\sigma_2 - 354.08]$$

$$\sigma_2 = 6.7159 \text{ kg/mm}^2$$

Calculo del esfuerzo σ_3 en la hipótesis 3

Calculo del peso del conductor (W_{r3}) en la hipótesis 3:

$$W_{r3} = \sqrt{w^2 + P_v^2}$$

Donde:

Velocidad del viento es nulo: $P_v = 0 = W_{r3} = W = 01410 \text{ Kg/m}$.

El Esfuerzo para la hipótesis 3 lo calculamos con la ecuación de cambio de estado:

$$\sigma_3^2 \left[\sigma_3 - \sigma_2 + E\alpha(t_3 - t_1) + \frac{W_{r1}^2 L^2 E}{24A^2 \sigma_1^2} \right] = \frac{W_{r3}^2 L^2 E}{24A^2}$$

$$\sigma_3^2 [\sigma_3 - M] = N$$

Donde:

$$N = \frac{W_{r3}^2 L^2 E}{24A^2}; \quad M = \sigma_1 - R; \quad R = E \left[\alpha(t_3 - t_1) + \frac{W_{r1}^2 L^2 E}{24A^2 \sigma_1^2} \right]$$

Datos:

A: Sección del conductor (mm²) : 35 mm²

α : Coeficiente de dilatación lineal (1/°C) : 1.91x10⁻⁵

L: vano en m. : 138 m

E: Modulo de Elasticidad (Kg. / mm²) : 8100 Kg/mm²

Reemplazando valores:

$$R = 8100 \left[9.19 \times 10^{-5} (50 - 20) + \frac{0.141^2 \times 138^2 \times 8100}{24 \times 35^2 \times 6.08^2} \right] = 7.4594$$

$$M = \sigma_1 - R = 6.08 - 7.4594 = 1.3754$$

$$N = \frac{0.141^2 \times 138^2 \times 8100}{24 \times 35^2} = 104.312$$

Luego:

$$N = \sigma_3^2 [\sigma_3 - M]$$

$$143.208 = \sigma_3^2 [\sigma_3 - 1.3754]$$

$$\sigma_3 = 4.2907 \text{ kg/mm}^2$$

Cálculo de Flechas (f_1, f_2, f_3):

Hipótesis 1:

$$f_1 = \frac{W_{r1} \times L^2}{8A\sigma_1} = \frac{0.141 \times 138^2}{8 \times 35 \times 6.08} = 1.58$$

Hipótesis 2:

$$f_2 = \frac{W_{r2} \times L^2}{8A\sigma_2} = \frac{0.1652 \times 138^2}{8 \times 35 \times 6.7159} = 1.67$$

Hipótesis 3:

$$f_3 = \frac{W_{r3} \times L^2}{8A\sigma_3} = \frac{0.1410 \times 138^2}{8 \times 35 \times 4.2907} = 2.24$$

Por lo tanto tenemos como flecha máxima a $f_3 = 2.24$

En la siguiente grafica se muestra la altura libre:

$$L = 13 - (0.10 + 1.20 + 1.20 + 2.24 + 1.30) = 6.96 \text{ m.} > 6.0 \text{ m.}$$

(A lo largo de calles y caminos en zonas urbanas: 6.0 m.)

Por lo tanto los Postes Proyectoados de 13.0 m cumple con las distancias de seguridad.

B) Cálculos mecánicos de las estructuras de concreto.

Se está considerando:

Tabla 7: Características del Postes 13/400/180/375

DESCRIPCION	TIPO - I
Norma de fabricación	NTP 339-027
Forma de fabricación	Centrifugado
Longitud (m.)	13
Esfuerzo en la punta (Kg.)	400
Coefficiente de seguridad	2
Diámetro de vértice (mm.)	180
Diámetro en base (mm.)	375

Fuente: Industria de Postes Sullana SAC.

Tabla 8: Características postes 13/300/165/360

DESCRIPCION	TIPO - I
Norma de fabricación	NTP 339-027
Forma de fabricación	Centrifugado
Longitud (m.)	13
Esfuerzo en la punta (Kg.)	300
Coefficiente de seguridad	2
Diámetro de vértice (mm.)	165
Diámetro en base (mm.)	360

Fuente: Industria de Postes Sullana SAC.

Tabla 9: Características del postes 11/400/180/345

DESCRIPCION	TIPO - I
Norma de fabricación	NTP 339-027
Forma de fabricación	Centrifugado
Longitud (m.)	11
Esfuerzo en la punta (Kg.)	400
Coefficiente de seguridad	2

Diámetro de vértice (mm.)	180
Diámetro en base (mm.)	345

Fuente: Industria de Postes Sullana SAC.

B.1) Considerando estructuras C.A.C. 13 / 400 /180 /375

Cálculos Mecánicos de los postes de C.A.C.

Tabla 10: datos del poste C.A.C. 13 / 400 /180 /375

Longitud del Poste "H" (m)	13
Carga de Trabajo (kg)	400
Diámetro en la Punta "d1" (mm)	180
Diámetro en la Base "d2" (mm)	375

Fuente: Elaboración propia.

Datos:

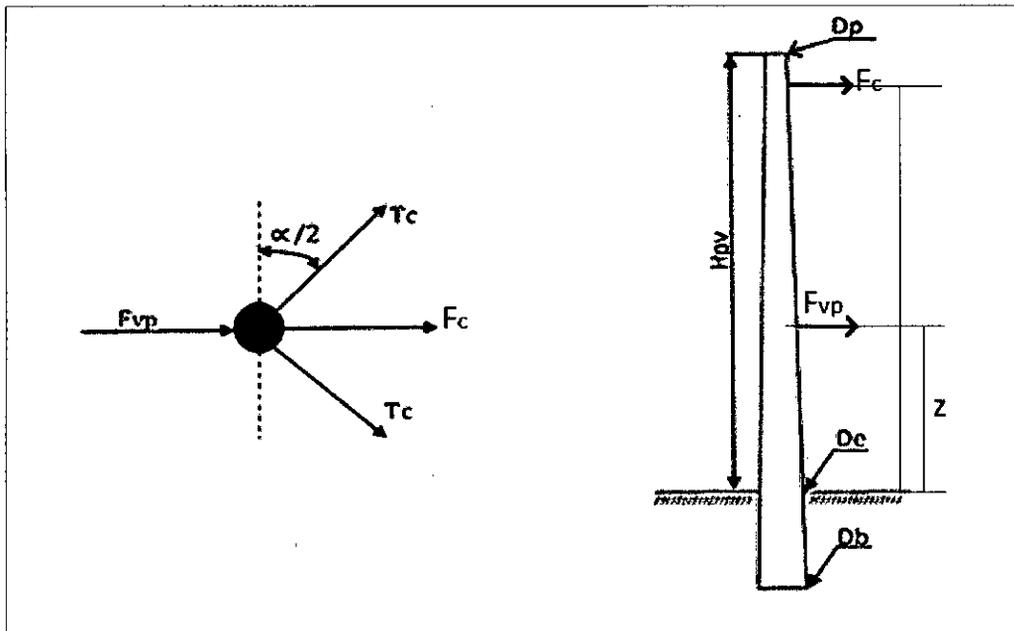
Altura de Empotramiento. (m)	: 1.30
Altura expuesta al viento "h" (m)	: 11.70
Diámetro de Empotramiento "d1" (mm)	: 356
Altura Equivalente a 0.1 de Punta (mm)	: 12.90
Área del poste sometido a la acción del viento "Avp" (m ²)	: 3.13
Velocidad del viento (km/h) "V"	: 50
Vano "L" (m)	: 138
Esfuerzo máximo " σ_{max} " (kg/mm ²)	: 6.716
Sección nominal del conductor "A" (mm ²)	: 35
Diámetro del conductor " ϕ_c " (mm)	: 8.20

$$T_c = 2T \times \sin(\alpha/2)$$

$$T_c = 470.11 \times \sin(\alpha/2)$$

$$F_c = F_{vc} + T_c$$

Figura 15: Diagrama de cuerpo libre del poste.13/400



Fuente: Elaboración propia.

Cálculo de la fuerza equivalente en el poste "Feq"

$$F_{eq} = \frac{F_{vp} \times Z + (L_1 + L_2 + L_3) \times F_c}{H_e}$$

$$F_{eq} = \frac{32.89 \times 6.49 + (12.9 + 11.7 + 11.7) \times 11.88 \cos(\alpha/2) + 470.11 \sin(\alpha/2)}{11.70}$$

$$F_{eq} = 18.24 + 36.86 \cos(\alpha/2) + 1458.56 \sin(\alpha/2)$$

Estructura de alineamiento

Tabla 11: Resultados de la Feq para ángulos < 10° Poste 13/400

α	F_{eq}
Angulo de la línea	Fuerza en la punta del poste (kgf)
0	55.11
1	67.83
2	80.56
3	93.28
4	105.99
5	118.69
6	131.39
7	144.08
8	156.76
9	169.43
10	182.09

Fuente: Elaboración propia.

Estructura de anclaje

Tabla 12: Resultados de la F_{eq} para ángulos $> 10^\circ$ Poste 13/400

Poste 13/400	
α	F_{eq}
Angulo de la línea	Fuerza en la punta del poste (kgf)
15	245.17
20	307.82
30	431.35
40	551.74
50	668.07
60	779.45
70	885.03
80	984.02
90	1075.66

Fuente: Elaboración propia.

Para disminuir los esfuerzos mayores a 400 kg de la punta del poste se emplearan retenidas simples y/o dobles de acuerdo a la estructura.

B.2) Considerando estructuras C.A.C. 13 / 300 /165 /360

Cálculos Mecánicos de los postes de C.A.C.

Tabla 13: Datos del poste C.A.C. 13 / 300 /165 /360

Longitud del Poste "H" (m)	13
Carga de Trabajo (kg)	300
Diámetro en la Punta "d1" (mm)	165
Diámetro en la Base "d2" (mm)	360

Fuente: Elaboración propia.

Datos:

Altura de Empotramiento. (m)	: 1.30
Altura expuesta al viento "h" (m)	: 11.70
Diámetro de Empotramiento "d1" (mm)	: 341
Altura Equivalente a 0.1 de Punta (mm)	: 12.90
Área del poste sometido a la acción del viento "Avp" (m2)	: 2.96
Velocidad del viento (km/h) "V"	: 50
Vano "L" (m)	: 138
Esfuerzo máximo " σ_{max} " (kg/mm2)	: 6.716
Sección nominal del conductor "A" (mm2)	: 35
Diámetro del conductor " ϕ_c " (mm)	: 8.20

Tiro de rotura mínima del cable "Tr" (kg)	: 1183
Triangular = 1, Vertical = 2	: 1
Separación entre fases (0.80 o 1.20m)	: 1.20

Calculo de la fuerza del viento sobre el poste "Fvp"

Calculo del punto de aplicación de Fvp: Z

$$Z = \frac{h(d_1 + 2d_0)}{3(d_1 + d_0)}$$

$$Z = 6.53 \text{ m}$$

Calculo de la presión del viento

$$F_v = 0.0042xV^2$$

$$F_v = 10.5 \text{ kg}$$

Fuerza del viento sobre el poste:

$$F_{vp} = F_v \times A_{pv}$$

$$F_{vp} = 31.05 \text{ kg}$$

Calculo de la fuerza de los conductores sobre el poste "Fc"

Calculo de la fuerza del viento sobre los conductores "Fvc":

$$F_{vc} = L \times \phi_c \times P_v \times \cos(\alpha/2)$$

$$F_{vc} = 11.88 \times \cos(\alpha/2)$$

Fuerza de los conductores sobre el poste

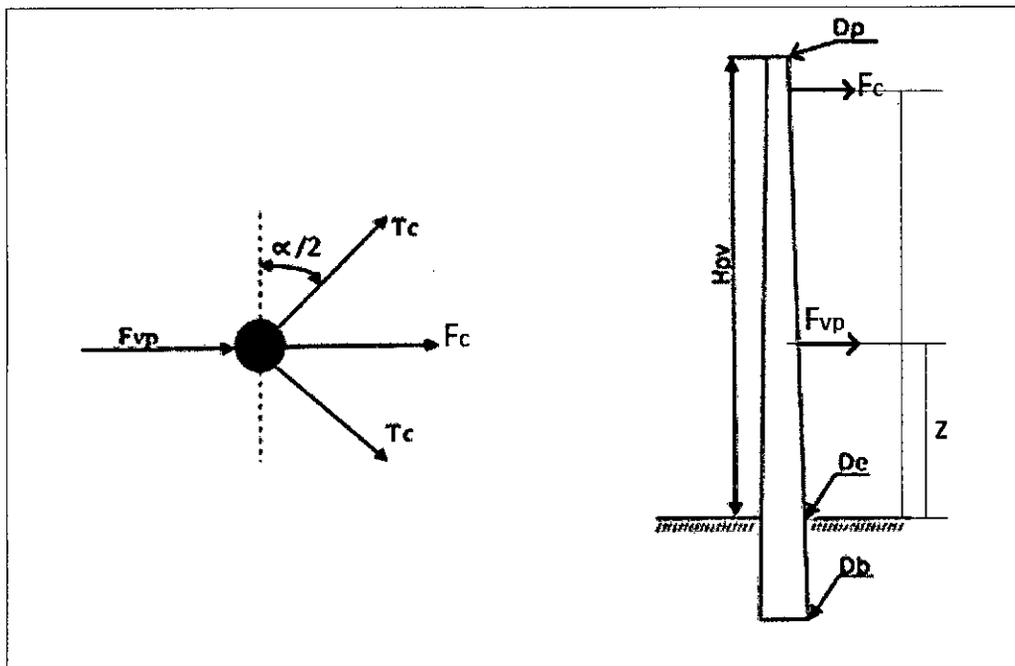
$$T = \sigma_{max} \times A$$

$$T_c = 2T \times \sin(\alpha/2)$$

$$T_c = 470.11 \times \sin(\alpha/2)$$

$$F_c = F_{vc} + T_c$$

Figura 16: Diagrama de cuerpo libre del poste.13/300



Fuente: Elaboración propia.

Cálculo de la fuerza equivalente en el poste "F_{eq}"

$$F_{eq} = \frac{F_{vp} \times Z + (L_1 + L_2 + L_3) \times F_c}{H_e}$$

$$F_{eq} = \frac{31.05 \times 6.53 + (12.9 + 11.7 + 11.7) \times 11.88 \cos(\alpha/2) + 470.11 \sin(\alpha/2)}{11.70}$$

$$F_{eq} = 17.32 + 36.86 \cos(\alpha/2) + 1458.56 \sin(\alpha/2)$$

Estructura de alineamiento

Tabla 14: Resultados de la F_{eq} para ángulos $< 10^\circ$ Poste 13/300

α	F_{eq}
Angulo de la línea	Fuerza en la punta del poste (kgf)
0	54.19
1	66.91
2	79.64
3	92.35
4	105.07
5	117.77
6	130.47
7	143.16
8	155.84
9	168.51
10	181.17

Fuente: Elaboración propia.

Estructura de anclaje

Tabla 15: Resultados de la F_{eq} para ángulos $> 10^\circ$ Poste 13/300

α	F_{eq}
Angulo de la línea	Fuerza en la punta del poste (kgf)
15	244.25
20	306.90
30	430.43
40	550.82
50	667.14
60	778.52
70	884.11
80	983.10
90	1074.74

Fuente: Elaboración propia.

Para disminuir los esfuerzos mayores a 300kg de la punta del poste se emplearan retenidas simples y/o dobles de acuerdo a la estructura.

B.3) Considerando estructuras C.A.C. 11 / 400 /180 /345

Cálculos Mecánicos de los postes de C.A.C.

Tabla 16: Datos del poste C.A.C. 11 / 400 /180 /345

Longitud del Poste "H" (m)	13
Carga de Trabajo (kg)	400
Diámetro en la Punta "d1" (mm)	180
Diámetro en la Base "d2" (mm)	345

Fuente: Elaboración propia.

Altura de Empotramiento. (m)	: 1.10
Altura expuesta al viento "h" (m)	: 9.90
Diámetro de Empotramiento "d1" (mm)	: 329
Altura Equivalente a 0.1 de Punta (mm)	: 10.90
Área del poste sometido a la acción del viento "Avp" (m2)	: 2.52

Datos:

Velocidad del viento (km/h) "V"	: 50
Vano "L" (m)	: 65
Esfuerzo máximo " σ_{max} " (kg/mm2)	: 6.716
Sección nominal del conductor "A" (mm2)	: 35
Diámetro del conductor " ϕ_c " (mm)	: 8.20

Tiro de rotura mínima del cable "Tr" (kg)	:	1183
Triangular = 1,	Vertical = 2	: 1
Separación entre fases (0.80 o 1.20m)	:	1.20

Calculo de la fuerza del viento sobre el poste "Fvp"

Calculo del punto de aplicación de Fvp: Z

$$Z = \frac{h(d_1 + 2d_0)}{3(d_1 + d_0)}$$

$$Z = 5.43 \text{ m}$$

Calculo de la presión del viento

$$F_v = 0.0042xV^2$$

$$F_v = 10.5 \text{ kg}$$

Fuerza del viento sobre el poste:

$$F_{vp} = F_v \times A_{pv}$$

$$F_{vp} = 26.43 \text{ kg}$$

Calculo de la fuerza de los conductores sobre el poste "Fc"

Calculo de la fuerza del viento sobre los conductores "Fvc":

$$F_{vc} = L \times \emptyset_c \times P_v \times \cos(\alpha/2)$$

$$F_{vc} = 5.6 \times \cos(\alpha/2)$$

Fuerza de los conductores sobre el poste

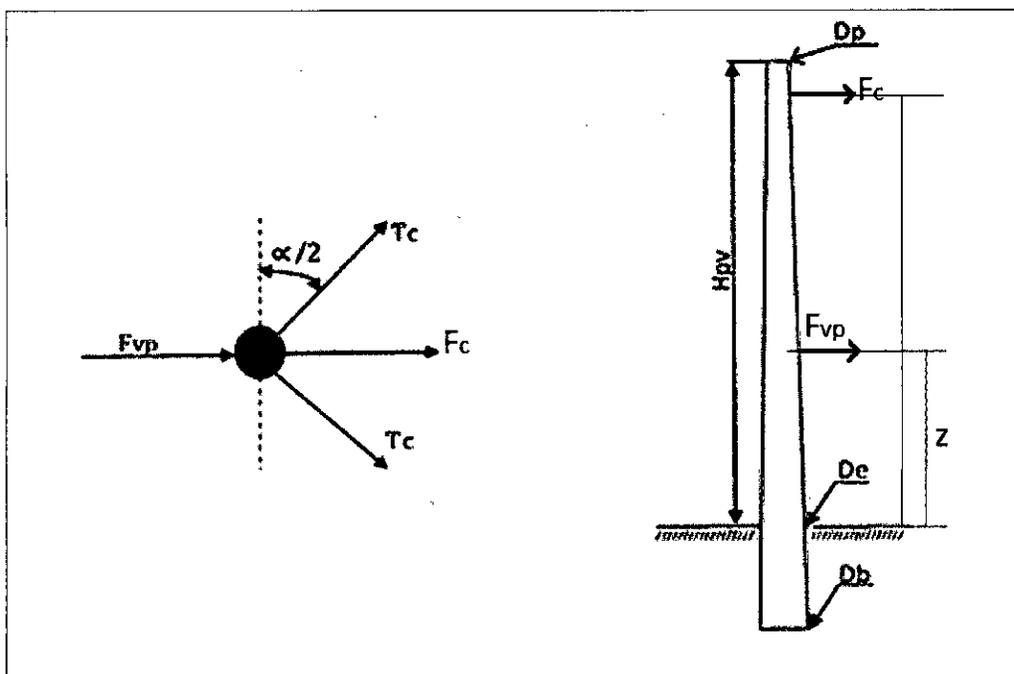
$$T = \sigma_{max} \times A$$

$$T_c = 2T \times \sin(\alpha/2)$$

$$T_c = 470.11 \times \sin(\alpha/2)$$

$$F_c = F_{vc} + T_c$$

Figura 17: Diagrama de cuerpo libre del poste.11/400



Fuente: Elaboración propia.

Calculo de la fuerza equivalente en el poste "Feq"

$$F_{eq} = \frac{F_{vp} \times Z + (L_1 + L_2 + L_3) \times F_c}{H_e}$$

$$F_{eq} = \frac{26.43 \times 5.43 + (10.9 + 9.7 + 9.7) \times 5.6 \cos(\alpha/2) + 470.11 \sin(\alpha/2)}{9.9}$$

$$F_{eq} = 14.5 + 17.13 \cos(\alpha/2) + 1438.83 \sin(\alpha/2)$$

Estructura de alineamiento

Tabla 17: Resultados de la F_{eq} para ángulos $< 10^\circ$ Poste 11/400

α	F_{eq}
Angulo de la línea	Fuerza en la punta del poste (kgf)
0	31.63
1	44.19
2	56.74
3	69.29
4	81.83
5	94.37
6	106.91
7	119.44
8	131.96
9	144.47
10	156.97

Fuente: Elaboración propia.

Estructura de anclaje

Tabla 18: Resultados de la F_{eq} para ángulos $> 10^\circ$ Poste 11/400

Poste 11/400	
α	F_{eq}
Angulo de la línea	Fuerza en la punta del poste (kgf)
15	219.29
20	281.22
30	403.44
40	522.71
50	638.10
60	748.75
70	853.81

80	952.48
90	1044.02

Fuente: Elaboración propia.

Para disminuir los esfuerzos mayores a 400kg de la punta del poste se emplearan retenidas simples y/o dobles de acuerdo a la estructura.

C) Calculo de las retenidas.

Características básicas del cable para viento

Referencia : Especificación técnica DNC-ET-032

Norma de fabricación : ASTM A 475-89

Diámetro nominal : 5/16"

Cableado : Mano izquierda

Esfuerzo de rotura : 5080

Numero de hilos : 7

Factor de seguridad : 2

$$T_r \frac{\text{Tiro de rotura}}{F.S.} = \frac{5080}{2} = 2\,540 \text{ kgf}$$

Tiro de trabajo de la retenida : $T_r = 2\,540 \text{ kgf}$

Angulo de la retenida : $\varnothing: 30 \leq \varphi \leq 45$

Altura equivalente : $H_e = 9.90$

Altura de la retenida : $H_r = 12.60$

Fuerza en la punta del poste : F_p

Luego:

$$T_r \times \sin \varnothing \times H_r - F_p \times h_e = 0$$

$$F_p = \frac{T_r \times \sin \emptyset \times H_r}{h_e} = \frac{2540 \times 12.6 \times \sin \emptyset}{9.90} = 3232.73 \times \sin \emptyset$$

RETENIDA	
\emptyset	F_p
Angulo de la retenida	Fuerza en la punta del poste (kgf)
30	1616.36
35	1854.22
40	2077.96
45	2285.88

Fuente: Elaboración propia.

Conclusión:

De acuerdo a los cálculos se está considerando

Estructura N°	Designación	Armado	Tipo	vano
1	11 / 400 / 180 / 345	A-20	Angulo con seccionamiento	53
2	13 / 400 / 180 / 375	A-21	Anclaje	65
3	13 / 400 / 180 / 375	A-25	Angulo con Anclaje	72
4	13 / 400 / 180 / 375	A-25	Angulo con Anclaje	53
5	13 / 400 / 180 / 375	A-25	Angulo con Anclaje	105
6	13 / 400 / 180 / 375	A-21	Anclaje	55
7	13 / 400 / 180 / 375	A-21	Anclaje	58
8	13 / 400 / 180 / 375	A-25	Angulo con Anclaje	138
9	13 / 400 / 180 / 375	A-25	Angulo con Anclaje	78
10	13 / 300 / 165 / 360	A-11	Alineamiento	77

11	13 / 300 / 165 / 360	A-11	Alineamiento	70
12	13 / 400 / 180 / 375	A-25	Angulo con Anclaje	60
13	13 / 300 / 165 / 360	A-11	Alineamiento	53
14	13 / 300 / 165 / 360	A-11	Alineamiento	63
15	13 / 400 / 180 / 375	A-31	Extremo de línea con seccionamiento.	81

Fuente: Elaboración propia.

D) Consideraciones para el cálculo de puestas a tierra

Debido a que las instalaciones de Puestas a Tierra aún están proyectadas, aun no se hace las mediciones de la resistividad del terreno. El electrodo de cobre será instalado en posición vertical para lo cual se excavarán hoyos de 1.00 x 1.00 metros de sección y 3.00 metros de profundidad. El relleno de la excavación será con capas consecutivas de sal, carbón y tierra de chacra cernida debidamente compactadas y humedeciendo profusamente.

Para la Puestas a Tierra con electrodo vertical o jabalina, se utilizará las normas de procedimientos del Ministerio de Energía y Minas para su instalación.

Tabla 19: Valores de resistencia de puesta a tierra según potencia del trafo.

Potencia del Transformador en KVA	Resistencia de Puesta a Tierra
5	25
10	25
15	20
25	15

Fuente: Elaboración propia.

Se efectuarán mediciones durante la instalación para asegurar que la resistencia de la conexión a tierra no supere los 15 Ω en media tensión y los 10 Ω en baja **tensión**. Caso contrario, se procederá a la instalación de pozos a tierra adicionales conectados en paralelo hasta alcanzar los valores admisibles.

E) Cimentación de Postes

Bases de Cálculo.

Consideramos que la cimentación de los postes se ejecutara con mezcla de concreto ciclópeo compuesta por mezcla de cemento - hormigón de relación 1/10 agregando piedras en proporción no mayor de 30% del volumen total del cimiento. Las piedras serán de dimensiones comprendidas entre 150mm y 200mm

Para la mezcla de éste tipo se requiere por metro cúbico 4 bolsas de cemento y 1.21 m³ de hormigón. De la tabla de cantidad de materiales por metro cúbico de mortero y concreto sin desperdicios del Manual Básico del Ingeniero Residente en Edificaciones editado por CAPECO, tomamos para una mezcla de relación 1:10 las siguientes características:

Bolsas de cemento de 42.5 kg	:	4 bolsas.
Hormigón	:	1.21 nf.
Agua	:	160 litros.
Piedra	:	0.45 m ² .

Aplicación

En los cálculos de cimentación de postes de 13m se definió un macizo de concreto de dimensiones 1.00x1.00x1.65 metros, para lo cual es de 1.2959 m³. Para el volumen real de la mezcla será de:

POSTES

Altura de postes	: 13.00 m
Diámetro en la Punta (Dp)	: 0,180 m
Diámetro en la Base (Dd)	: 0,375 m
Altura de empotramiento del poste (he)	: 1,50 m
Altura de poste expuesta al viento (Hpv)	: 11,50 m
Diámetro de empotramiento (De)	: 0,357 m
Profundidad del hoyo para el cimiento	: 1.45 m
Diámetro del hoyo para la cimentación	: 1.00 m
Volumen del hoyo	: 1.30 m ³
Volumen del poste empotrado	: 0.14 m ³
Volumen resultante	: 1.16 m ³

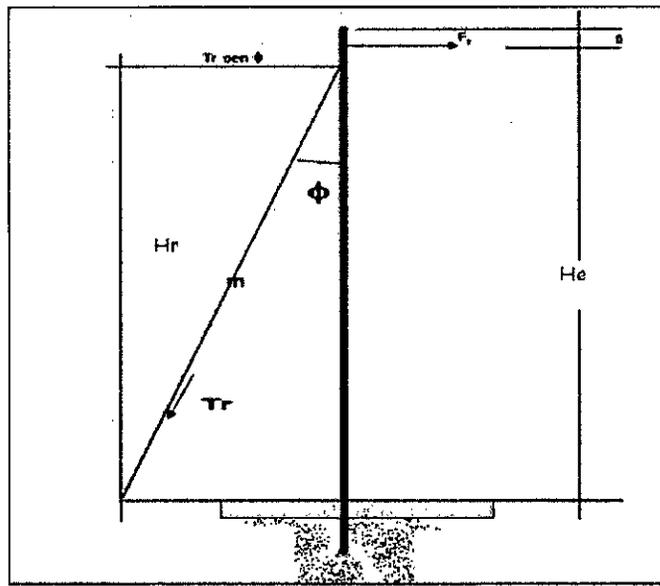
E.1) Cálculo de retenida

Material	Acero galvanizado
N° de hilos	7
Diámetro del cable	0.0065 mm

Factor de seguridad	2
Altura de la retenida	11.5 m
Altura equivalente	10.2 m

Fuente: Elaboración propia.

Figura 18: Esquema de retenida para los postes de anclaje



Fuente: Elaboración propia

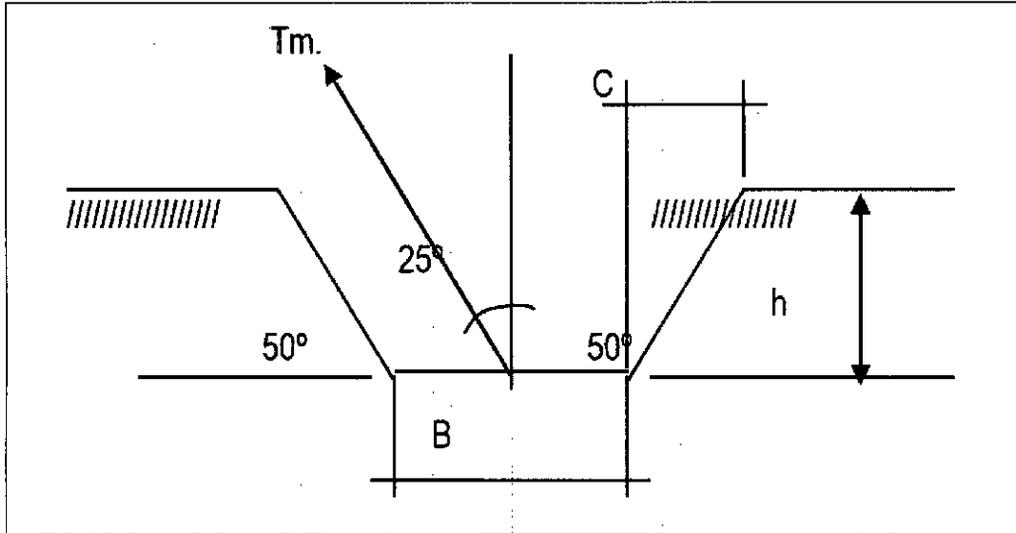
Cálculo del bloque de anclaje.

Premisas:

Bloque de concreto	: 0.40x0.40 x 0.20 m.
Varilla de anclaje	: 19 mm ϕ x 2.40 m.
Tiro de rotura del cable de acero	: 5080 Kg.
Tiro máx que soporta la retenida ($T_m = T_r/2$)	: 2540 Kg.
Peso específico del terreno (γ)	: 1545 Kg/m ³ .
Inclinación de la varilla con la vertical	: 25 °.
Profundidad de enterramiento	: h

Longitud de la varilla : L
 Ángulo de talud : 50°
 Factor de desplazamiento del terreno (Ft) : 0.50

Figura 19: Esquema de cimentación de postes.



Fuente: Elaboración propia

Volumen del tronco de pirámide:

$$V = \frac{h}{3} \left[(B + 2C)^2 + B^2 + \sqrt{(B + 2C)^2 \times B^2} \right]$$

$$B = 0.50 \text{ m}$$

$$C = \frac{h}{\tan 50^\circ} \times Ft = 0.419 h$$

$$L = \frac{h}{\cos 25^\circ} + 0.25$$

$$V = \frac{Tm}{\gamma} = \frac{2540}{1545} = 1.64 \text{ kg/m}^3$$

$$V = 0.25 h + 0.419h^2 + .023h^3$$

$$h = 1.34 m$$

$$L = \frac{h}{\cos 25^\circ} + 0.25 = 1.48 + 0.25$$

$$L = 1.73 m$$

Entonces elegimos una varilla de 19 mm Ø x 2.40 m de longitud.

4.6.4 Selección de materiales

A) Estructuras.

A.1) Postes

Serán de concreto armado centrifugado (CAC), de sección circular anular, fabricados de acuerdo a las Normas NTP 339.027 y DGE 015-PD-1.

Tabla 20: Características de los postes de concreto armado

Longitud total (m)	13	13	11
Carga de trabajo a 0.10 m de la punta (Kg.)	400	300	400
Diámetro en el vértice (mm)	180	165	180
Diámetro en la base (mm)	375	360	345
Utilización	LA - 13.2 KV		

Fuente: Elaboración propia

El factor de seguridad mínimo entre la carga de trabajo y la carga de rotura del poste será 2. La longitud empotrada mínima de los postes será 1.30 metros.

Para proteger las estructuras de la severidad del medio ambiente, se aplicarán, antes de su instalación, dos capas de recubrimiento con sustancia bituminosa, Alquitrán o similar hasta 2.50 metros de longitud sobre la base del poste.

En todas las estructuras, existentes y proyectadas, se pintará la señalización de peligro consistente en un marco de fondo de 300 x 250 mm color amarillo y el símbolo de un rayo en color negro. Asimismo la inscripción PELIGRO RIESGO ELÉCTRICO - 20,000 VOLTIOS en letras de color negro.

A.2) Ménsula

Será de concreto armado vibrado, para ser embonada en un poste de 13 m. Su designación es

M/0.75/250.

A.3) Cruceta Asimétrica

Las cruceta simétrica serán de CAV de dimensiones Z / 1.80/1.20 / 250 Kg., de 1.80 metros de longitud nominal, y carga de trabajo 250 Kg. Con factor de seguridad 2. Estarán provistas en cada extremo de 2 agujeros de 22 mm 0 vertical y horizontal.

A.4) Cruceta Simétrica

La cruceta simétrica será de concreto Z/ 1.20 / 300., de 1.20 metros de longitud nominal y carga de trabajo 300 Kg. Con factor de seguridad 2.

Estarán provistas en cada extremo de 2 agujeros de 22 mm 0 vertical y horizontal.

B) AISLADORES Y ACCESORIOS DE FIJACIÓN.

B.1) Aisladores Polimérico Tipo Pin

Tabla 21: Datos técnicos aisladores polimérico Tipo Pin

CARACTERISTICAS	DESCRIPCION
Tipo de Aislador	Vertical Line Post (PIN)
Normas Aplicables	ANSI, LWIWG
Tensión de Sistema	13.2 kV
Tensión de Diseño (kV)	15 kV
Distancia de Fuga	550mm
Material	Goma de Silicón
Carga de Trabajo	8 kN
Distancia de Arco	210mm
Mantenimiento	Agua a Alta Presión
Numero de Campanas	6
Diámetro de cada Campana	101mm / 121mm
Material del Núcleo	Fibra de Vidrio
Altura	305 mm
Material del Soporte Base	Acero Forjado
Carga Mecánica de Flexión	10 kN
Tensión de flameo a baja frecuencia en seco	97 kV
Tensión de flameo a baja frecuencia bajo lluvia	72 kV
Tensión Critica de flameo al Impulso - Positiva	149 kV
Peso	2.0 kg

Fuente: Elaboración propia

B.2) Aisladores Poliméricos para Suspensión y Anclaje

Serán de la serie STGS, fabricado de goma de silicona capaz de recuperar su hidrofobicidad en corto tiempo, libre de mantenimiento y con pérdidas mínimas de corriente de fuga a través del tiempo. Está provisto en su extremo de soporte de la línea de un ojal en aluminio extruido con agujero de 19 mm de diámetro interior. En el extremo de fijación al poste posee una horquilla en aluminio extruido con pasador de 16 mm de diámetro.

Tabla 22: Características de los Aisladores poliméricos.

TABLA DE DATOS TÉCNICOS	
Tensión de Sistema	13.2 KV
Tensión de Diseño (kV)	15 kV
Longitud nominal	336 mm
Material Aislante	Goma silicona
Aleta mayor / Aleta menor	90 mm / 80mm
Distancia de fuga total	600 mm
Distancia de arco	320 mm
Esfuerzo de tensión de prueba	35 KN
Tensión disruptiva en seco a 60 Hz	107 KV
Tensión disruptiva en húmedo a 60 Hz	85 KV
Voltaje crítico al impulso positivo	172 KV
Voltaje crítico al impulso negativo	180 KV
Peso neto por unidad	0.65 Kg
Norma de fabricación	CEA LWIWG-01 IEEE-1024 IEC-1109

Fuente: Elaboración propia

B.3) Aislador Extensor Línea de Fuga

Se utilizará en zonas de alta contaminación salina y alta polución, donde se requiera incrementar la línea de fuga de los seccionadores fusibles (CUT OUT) a instalarse en redes aéreas de distribución de 13.2kV.

Material Aislante : Polimérico, resistente a la erosión y rayos U.V.

Material Extremos : Acero inoxidable o similar

Línea de fuga mínima : 600 mm.

Tensión Nominal de línea : 15 kV.

Se instalara solo en caso por distancias mínimas de seguridad el cable aéreo se esté acercando a alguna parte no energizada de la estructura.

C) Ferretería

C.1) Grapa de Anclaje Tipo Pistola

Sera del tipo conductor pasante, fabricado con aleación de aluminio de primera fusión de comprobada resistencia a la corrosión, tales como Aluminio-Magnesio, Aluminio-Silicio, Aluminio-Magnesio-Silicio.

El apriete sobre el conductor deberá ser uniforme, evitando los esfuerzos concentrados sobre determinados puntos del mismo.

El fabricante deberá señalar los torques de apriete que deberán aplicarse y los límites de composición y diámetro de los conductores.

Las cargas de rotura y deslizamiento mínima para las grapas de anclaje serán las siguientes:

- Carga de Rotura : 45 kN
- Carga de Deslizamiento : 45 kN

Las dimensiones de la grapa serán adecuadas para instalarse con conductores de aleación de aluminio de las secciones que se requieran. Estará provista como mínimo de 2 pernos de ajuste.

TABLA DE DATOS TÉCNICOS		
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	REQUERIDO
Material de fabricación		Aleación de aluminio
Rango de diámetro de conductores incluyendo varillas de armar	mm ²	16-95
Carga de rotura y deslizamiento mínima	KN	45 y 45
Norma de fabricación		UNE 21-159
Masa por unidad	Kg	

Fuente: Elaboración propia

C.2) Perno Ojo Forjado

Perno ojo de A° G° mínimo de 120 micras de zinc de 19mm0 x 304.8mm de longitud con A/T/C del mismo material.

Tabla 23: Datos técnicos perno ojo A° G° 16x254mm (5/8"x10")

N°	CARACTERÍSTICAS	UNIDAD	REQUERIDO
1	Norma De fabricación Galvanizado en caliente		ANSI C135.4 ASTM A153/A153M
2	Material		Acero SAE 1020 forjado

3	Espesor mínimo galvanizado	um	100
4	Mínima carga de rotura kN 55	kN	55
5	Diámetro mm/pulg. 16 (5/8)	mm (pulg)	16 (5/8)
6	Longitud mm/pulg. 254 (10)	mm (pulg)	254 (10)
7	Longitud roscada mm 152	mm	152
8	Accesorios		2 Arandelas, Tuercas y contratuerca
9	Tipo de rosca	Pulg.	Estándar
10	Diámetro libre en el interior del ojal	mm	51

Fuente: Elaboración propia

C.3) Tuerca Ojo

Serán de A° G° mínimo de 120micras de zinc de 19 mm Ø y se usará en los siguientes casos: Cuando la retenida y el aislador polimérico de anclaje se instalen a la misma altura. En las estructuras de anclaje, es decir donde los conductores estén anclados en ambas direcciones de tendido.

Tabla 24: Datos técnicos tuerca ojo A° G° 16mm

N°	CARACTERISTICAS	UNIDAD	REQUERIDO
1,0	Material		Acero SAE 1020 Forjado
2,0	Acabado (galvanizado en caliente)	Norma	ASTM A153-82
3,0	Espesor mínimo galvanizado	um	100
4,0	Mínima carga de rotura	kN	55
5,0	Diámetro	Mm (Pulg.)	16 (5/8)
6,0	Longitud Roscada	mm	15

7,0	Diámetro superior (min)	mm	38
8,0	Diámetro parte curvada	mm	13

Fuente: Elaboración propia

C.4) Pernos Maquinados

Serán de acero forjado galvanizado en caliente. Las cabezas de estos pernos serán cuadrados y estarán de acuerdo con la norma ANSI C 135.1

Cada perno maquinado deberá ser suministrado con una tuerca cuadrada y su respectiva contratuerca cuadrada de doble concavidad, las que estarán debidamente ensambladas al perno.

Tabla 25: Especificaciones técnicas de los pernos para el armado.

N°	CARACTERISTICAS	UNIDAD	REQUERIDO
1,0	Material		Acero SAE 1020 Forjado
2,0	Norma de fabricación		ANSI C 135.1
3,0	Carga de rotura mínima		
	Perno de 13 mm	kN	35
	Perno de 16 mm	kN	55
4,0	Forma de cabeza y tuerca del perno		Cuadrada
5,0	Tipo de contratuerca cuadrada		Doble concavidad

Fuente: Elaboración propia

C.5) Conductor de Amarre

Se utilizará para la sujeción de la varilla de armar simple de aluminio con el Aislador tipo Pin y será de aluminio sólido temple blando de 10mm de diámetro.

C.6) Varilla de Armar Simple

Se utilizarán amarres simples de aluminio de 20 - 25 mm Ø para la protección mecánica del punto de sujeción del conductor de aluminio de 70 mm² con el aislador tipo pin, así como de los efectos abrasivos y de las descargas que se puedan producir entre conductor y tierra. Dicha instalación es manual.

Tabla 26: Datos técnicos varilla de armar simple 25mm²

N°	CARACTERISTICAS	UNIDAD	REQUERIDO
1,0	Material		Aluminio
2,0	Seccionador del conductor	mm ²	35
3,0	Longitud	mm	1000
4,0	Numero de hilos		Extruido
5,0	Acabado		ASTM B-117
6,0	Norma		UNE 21-159

Fuente: Elaboración propia

C.7) Cinta Plana de Armar

Será de aleación de aluminio de 19 mm de ancho, las cuales se utilizarán para la protección electromecánica de conductores en los puntos de anclaje con las grampas tipo pistola.

C.8) Plancha doblada de cobre tipo J

Se utilizará para conectar el conductor de puesta a tierra con los accesorios metálicos de fijación de los aisladores cuando se utilicen

postes y crucetas de concreto; se fabricará con plancha de cobre de 3 mm de espesor.

C.9) Conector tipo perno partido (Split-bolt)

Será de cobre y servirá para conectar conductores de cobre de 35 mm² entre sí.

4.6.5 Especificaciones de Montaje.

Estas especificaciones técnicas están basadas en aplicación del Código Nacional de Electricidad -Suministro, las Normas Técnicas y de Procedimientos de la Dirección General de Electricidad del Ministerio de Energía y Minas, el Reglamento Nacional de Construcciones y el resultado de la experiencia de trabajos similares, teniendo por objeto establecer las pautas y procedimientos generales relativos a la ejecución de las obras Electromecánicas.

A) Postes

Al efectuar el trazo y replanteo de la red se evitará en lo posible modificar la ubicación de la sub-estación respecto a lo indicado en el Proyecto conforme.

Se excavarán hoyos de la profundidad indicada en los detalles de armados, colocando en el fondo una capa de mezcla pobre de concreto (solado) de 15 centímetros de espesor. Se verificará que la longitud

empotrada del poste quede debidamente instalada respecto al nivel de piso terminado. Una vez fraguado el solado, se procederá al izado de las estructuras con el apoyo de un camión grúa. Se verificará el alineamiento y verticalidad de las estructuras desde dos ejes mutuamente perpendiculares.

La cimentación se efectuará con mezcla de concreto de relación 1:3:5 y piedras medianas de 150 mm de tamaño como máximo.

B) Aisladores, ferretería

Una vez concluido el izado y cimentación de las estructuras, se procederá a colocar los aisladores y sus accesorios de fijación. Se verificará la adecuada orientación de los aisladores tipo Pin, ajuste de las tuercas de las espigas rectas. Y el armado de los aisladores tipo suspensión, se efectuará con mucho cuidado, presentando especial atención que los seguros queden debidamente instalados antes se verificará que sus elementos no presenten defectos y estén limpios. La instalación se realizará con los postes ya parados teniendo cuidado que durante el izaje del aislador a su posición, no se produzcan golpes que lo puedan dañar.

C) Retenidas

Se procederá a su montaje después de haber instalado los postes, para lo cual en los huecos respectivos se colocarán las varillas de anclaje con los bloques correspondientes. Luego se procederá a rellenar el hueco con

piedras y tierra natural después de haber alineado y orientado adecuadamente la varilla de anclaje.

Al concluirse el relleno y la compactación, la varilla debe sobresalir 0.30 m. del nivel del terreno, los cables de retenidas se instalarán antes de efectuarse el tendido de los conductores.

Los cables de retenidas deben ser tensados de tal manera que los postes se mantengan en posición vertical, después que los conductores hayan sido puestos en flecha y engrapados.

La disposición final del cable de las retenidas se muestra en el plano de detalles correspondiente.

D) Conductores

El tendido será bajo la tensión manual, los conductores serán tendidos directamente sobre aisladores tipo Pin y en el poste de fin de línea serán tensionados con una grapa de anclaje Tipo Pistola y dos aisladores de suspensión tipo campana en todo momento deberán controlarse el tiro y el giro del carrete por acción del freno.

Durante el tendido del conductor se tomará las precauciones para evitar daños y raspaduras. Concluido el tendido, se procederá al tensado, durante la cual se deberá verificar el flechado, finalmente se procederá al amarre definido de las líneas en las estructuras de alineamiento.

E) Conexión al sistema existente

Para la interconexión de las nuevas cargas se programarán cortes de energía coordinados con la concesionaria en los seccionadores de línea.

El tiempo estimado del corte será de 4 horas aproximadamente debido a que se tendrá que adecuar la estructura donde se hará la conexión de la red existente con la proyectada por lo que se coordinará con el Concesionario para tal fin.

F) Seccionadores CUT OUT

Los seccionadores fusibles tipo CUT-OUT, se montarán en una cruceta siguiendo las instrucciones del fabricante. Se tendrá cuidado que ninguna parte con tensión de estos seccionadores quede a distancia menor que aquellas estipuladas por el Código Nacional de Electricidad, considerando las correcciones pertinentes por efecto de altitud sobre el nivel del mar.

Los seccionadores una vez instalados y conectados a las Línea de 13.2 kV deberán permanecer posición de "abierto" hasta que culminen las pruebas con la Tensión de las Líneas.

G) Sistema de medición

El equipamiento de la estructura de medición consiste en el montaje del equipamiento necesario para cumplir con el seccionamiento aéreo y la protección contra fallas a tierra así como el limitador de potencia.

Los trabajos en esta estructura serán coordinados con la concesionaria ENOSA.

H) Sistema de puesta a tierra

El electrodo de cobre será instalado en posición vertical para lo cual se excavarán hoyos de 1.00 x 1.00 metros de sección y 3.00 metros de profundidad. El relleno de la excavación será con capas consecutivas de sal, carbón y tierra de chacra cernida debidamente compactadas y humedeciendo profusamente. La caja de registro de concreto con tapa deberá quedar a nivel de piso terminado.

Se efectuarán mediciones durante la instalación para asegurar que la resistencia de la conexión a tierra no supere los 15 Ω en media tensión y los 10 Ω en baja tensión. Caso contrario, se procederá a la instalación de pozos a tierra adicionales conectados en paralelo hasta alcanzar los valores admisibles.

I) Señalizaciones

Puesta a tierra

Cada pozo a Tierra deberá ser indicado con una señalización de 200mm \varnothing , con fondo circular de color negro, símbolo de color amarillo patito y letras blanco en las que se indicará si es de Media Tensión o de Baja Tensión (MT o BT), así como la distancia horizontal desde el eje del poste. Este símbolo será estampado en la base del Poste a una altura de

0.5 m sobre el nivel del empotramiento, y con dirección hacia el pozo de Tierra respectivo.

Peligro de riesgo Eléctrico

Así mismo, se indicará el Peligro de Riesgo Eléctrico con una Señalización de dimensiones 300 mm x 250 mm aproximadamente, la señal de Símbolo presentará una imagen de un Rayo de color negro, ubicado dentro de un triángulo equilátero de fondo de color amarillo, y borde de color negro; la señal del símbolo cubrirá al menos 50% de la superficie total de la señalización, la señal de símbolo se ubicará centrado en la parte superior de la señalización total, en la parte inferior el texto y/o número será de color negro. Esta señalización estará estampada en el poste de la Sub-Estación y en todas las estructuras, para evitar posibles manipuleos de los mismos y consiguientes accidentes no deseados.

Codificación de Subestación de distribución y/o Punto de Medición a la Intemperie.

La codificación de Subestación de distribución y/o Punto de Medición a la Intemperie, en la estructura correspondiente, será de: Fondo amarillo, Número de Subestación e iniciales S.E. ó PMI de color Negro, Número indicando la relación de transformación de color Rojo y Dimensiones aproximadas, 210mm x 297mm.

4.6.6 Pruebas y puesta en servicio.

Al concluir la instalación de la línea se deberá realizar las pruebas que se detallan a continuación en presencia del ingeniero supervisor empleando instrumentos o reparaciones que sean necesarios y se procederá a retirar todo excedente de montaje.

Previamente a la ejecución de éstas pruebas, se limpiará cuidadosamente los aisladores, retirándose las puestas a tierra temporales, se efectuará toda otra labor que sea necesaria para ser energizada.

Determinación de la secuencia de fases

Se verificará que la posición relativa de los conductores de cada fase sea la correcta debiendo corresponder a los del punto de alimentación.

Prueba de continuidad

Para efectuar ésta prueba se procederá a poner en cortocircuito cada una de las fases de la Red Primaria, los resultados no deberán diferir en más del 5% sobre el valor de la resistencia por km. del conductor garantizado por el fabricante en naturaleza y longitud de las redes.

Prueba de Aislamiento

Completado la prueba anterior, se procederá a efectuar el megado de las Redes Primarias y de las Subestaciones en su conjunto de cada fase y respecto a tierra y los resultados deben ser conformes a la naturaleza y longitud de las redes.

De acuerdo a la Norma Técnica DGE "Norma de Procedimientos para la Elaboración de Proyectos y Ejecución de Obras en el Sistema de

Distribución y Utilización de Media Tensión" en su Capítulo 12, acápite. 12.3 e inciso 12.3.2 considera como aceptables los siguientes valores:

Tabla 27: Valores de resistencia para las pruebas de aislamiento.

Tipo de condiciones	Líneas de distribución Primarias	
	Aéreas	Subterráneas
Condiciones normales - Entre fases - De fase a tierra	100 MΩ 50 MΩ	50 MΩ 20 MΩ
Condiciones húmedas - Entre fase - De fase a tierra	50 MΩ 20 MΩ	50 MΩ 20 MΩ

Fuente: Elaboración propia

Prueba con Tensión

Después de efectuarse las pruebas de aislamiento se aplicará tensión a la línea de Distribución y Subestación comprobando el normal funcionamiento del sistema en su conjunto y se procederá a firmar los protocolos de prueba y poner en servicio continuo el sistema.

Resistencia a Puesta a Tierra

El C.N.E. Tomo Suministro, Sección 3, inciso 036-B, exige un valor menor a 25Ω. Sin embargo se tomará en cuenta lo establecido por la Empresa Concesionaria fijando un valor menor a 15Ω para sistemas de puesta a tierra en media Tensión y de 10 para sistemas de puesta a tierra en baja Tensión.

V. EVALUACIÓN TÉCNICO- ECONÓMICO

5.1 Análisis estratégico.

El presente informe de experiencia laboral trata sobre el diseño de una línea de transmisión en 13.2 kV y 2 MW de potencia nominal el cual fue adjudicado mediante concurso público al contratista CONSORCIO ELECTRODIESEL NOR ORIENTE SRL – JAVIER ENRIQUE TAVARA CIEZA, la contratista en mención desarrollo el trabajo bajo la modalidad a todo costo, la evaluación económica para determinar la rentabilidad del proyecto en el tiempo corresponde a un análisis del Cliente PETROLEOS DEL PERU – PETROPERU S.A. y no forma parte del presente informe.

Por lo que la evaluación económica se resume en un presupuesto estimado considerando materiales, equipos y mano de obra para la construcción de la línea de transmisión.

5.2 Costo del Proyecto.

El siguiente cuadro muestra los costos de materiales, equipos y mano de obra estimada para el proyecto.

Tabla 28 Costos estimados del proyecto.

ITEM	COSTOS DIRECTOS	UNIDAD	METRADO	PRECIO (S/)	PRECIOS PARCIALES (S/)
1	MANO DE OBRA				
1.1	Ingeniero residente (1)	H-h	480	35.00	16 800.00
1.2	Técnicos electricistas (2)	H-h	960	25.00	24 000.00
1.3	Técnicos linieros (2)	H-h	640	20.00	12 800.00
1.3	Ayudantes (4)	H-h	1 600	15.00	24 000.00

ITEM	COSTOS DIRECTOS	UNIDAD	METRADO	PRECIO (S/.)	PRECIOS PARCIALES (S/.)
2	EQUIPOS Y HERRAMIENTAS				
2.2	Grúa de 5 TN	H- Maq	48	250.00	12 000.00
2.3	Equipos menores	H- Maq	576	20.00	11 520.00
3	POSTES CONCRETO ARMADO CENTRIFUGADO :				
1.1	Poste CAC 11 / 400 / 180 / 345	UN	1	950.00	950.00
1.2	Poste CAC 13 / 300 / 165 / 360	UN	4	1 050.00	4 200.00
1.3	Poste CAC 13 / 400 / 180 / 375	UN	7	1 200.00	8 400.00
1.3	Poste CAC 15 / 400 / 210 / 435	UN	3	1 200.00	3 600.00
4	CRUCETAS				
2.1	Cruceta Simétrica CAC (Z/1.5/300)	UN	4	85.00	340.00
2.2	Cruceta Asimétrica CAC (Za / 1.5 / 300)	UN	2	90.00	180.00
2.3	Ménsula CAC (M / 1.00 / 300)	UN	6	85.00	510.00
2.2	Cruceta Asimétrica de madera tratada (16"x4"x4" y 5"x4"x4")	UN	3	180.00	540.00
5	AISLADORES				
3.1	Aislador Tipo PIN para 15 KV + accesorios de fijación.	JGO	27	150.00	4 050.00
3.2	Aislador tipo SUSPENSION 15 kV (Anclaje)	UN	66	220.00	14 520.00
3.3	grapa tipo pistola	UN	66	40.00	2 640.00
6	CONDUCTORES:				
4.1	Conductor de ACSR cableado 3-1x35 mm2.	M	3 900	2.30	8 970.35
4.2	Cable de cobre desnudo - temple suave 35mm2 (para aterramiento)	M	600	5.00	3 000.00
4.3	pozo a tierra convencional	GBL	3	3 500.00	10 500.00
7	RETENIDA				
5.1	Retenidas	GBL	23	150.00	3 450.00
5.2	Bloque de concreto o riel metálico U(3m.) - Protección contra impactos	GBL	1	2 000.00	2 000.00
SUB TOTAL (S/.)					168 970.35
GASTOS GENERALES (10%) (S/.)					16 897.03
SUB TOTAL SIN IGV (S/.)					185 867.38
IGV (18%) (S/.)					33 456.13
TOTAL (S/.)					219 323.51

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

- Se realizó el cálculo eléctrico dimensionó y seleccionó el cable para la línea de transmisión en 13.2 kV, el cable seleccionado fue de tipo ACSR de 35 mm² que soportará una carga de 2000 kW.
- Se realizó los cálculos mecánicos para el cable eléctrico y postes de la línea de transmisión.
- Se seleccionaron los materiales que cumplen con las normas establecidas por el Ministerio de Energía y Minas garantizando la seguridad de las personas e instalaciones por donde recorre la línea de transmisión.

6.2 Recomendaciones

- Elaborar un plan de seguridad antes de ejecución del proyecto considerando que en la parte rocosa del recorrido de la línea hay animales que podría ser venenosas.
- Realizar un plan y seguimiento continuo al programa de manejo de residuos sólidos, con la finalidad de realizar una adecuada gestión de los residuos sólidos generados durante la ejecución de la obra.

- Se debe cumplir estrictamente con las características descritas de los materiales ya fueron diseñadas para brindar seguridad a las personas y instalaciones.

VII. REFERENCIALES

- MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS. **Ley de Concesiones Eléctricas N° 25844**. Lima, 1992.
- MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS. **Código nacional de suministro 2011**. Perú. 2011.
- MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS. **Bases para el diseño de líneas y redes primarias para electrificación rural**. Perú. 2003.
- RAYMUNDO BARRALES GUADARRAMA, VÍCTOR ROGELIO BARRALES GUADARRAMA, MELITÓN EZEQUIEL RODRÍGUEZ RODRÍGUEZ. **Circuitos Eléctricos**. México. Grupo editorial patria. Primera Edición. 2014.
- PASCUAL SIMÓN COMÍN y Otros. **Cálculo y diseño de líneas eléctricas de alta tensión**. España. garceta grupo editorial. 2011.
- YONATHAN E. NARVAEZ Y KIEFERD D. PRADO LINERO. **Diseño de redes de distribución eléctrica de media y baja tensión para la normalización del barrio el piñoncito de campo de la cruz**. Tesis para optar el grado de Ingeniero Electricista. Barranquilla. Universidad de la costa CUC. 2012.

VIII.ANEXOS Y PLANOS

8.1 Catálogo de Cable de aluminio ACSR mm2 INDECO.

ACSR mm2

En líneas aéreas de transmisión.

Descripción

Aplicación:

En líneas aéreas de transmisión de energía en media y alta tensión.

Construcción:

1. Núcleo: Acero galvanizado.
2. Conductor: Aluminio H16 (EC-1350).

Principales características:

Alta resistencia a la tracción.

Calibre:

Desde 25 mm² hasta 240 mm².

Embalaje:

En carretes de madera no retornables.



Norma

Internacional IEC 60888; IEC 61089
Nacional NTP 370.258; NTP-IEC 60888

Normas nacionales

NTP-IEC 60888: Alambre de aleación de acero cubierto con zinc (galvanizado) para conductores cableados.

NTP 370.258: Conductores con alambres redondos de aluminio cableados concéntricamente para líneas aéreas.

Normas internacionales aplicables

IEC 60888: Alambre de aleación de acero cubierto con zinc (galvanizado) para conductores cableados.

IEC 61089: Conductores de alambre redondo cableado concéntricamente para líneas aéreas.

Características

Características de construcción

Material del conductor

Aluminio / Acero

Datos Dimensionales ACSR mm2

Sección [mm ²]	Nº alambres Aluminio	Nº Alamb. Acero	Diam. Alamb. Aluminio [mm]	Diam. Alamb. Acero [mm]	Diam. Conductor [mm]	Peso aprox. [kg/km]
25	6	1	2,3	2,3	6,9	101
35	6	1	2,72	2,72	8,2	141
50	6	1	3,25	3,25	9,8	202

ACSR mm2

Sección [mm²]	N° alambres Aluminio	N° Alamb. Acero	Diam. Alamb. Aluminio [mm]	Diam. Alamb. Acero [mm]	Diam. Conductor [mm]	Peso aprox. [kg/km]
70	26	7	1.85	1.44	11,7	281
95	26	7	2.15	1,67	13,6	381
120	26	7	2.42	1,86	15,3	483
150	26	7	2.71	2,09	17,1	602
240	26	7	3.42	2,64	21,6	959

Datos Eléctricos ACSR mm2

Sección [mm²]	N° alambres Aluminio	N° Alamb. Acero	Min.Resist.Tracción Cond. [kN]	Max. DC Resist. Cond. 20°C [Ohm/km]	Amperaje aire 40°C [A]
25	6	1	8,4	1,165	130
35	6	1	11,6	0,8323	160
50	6	1	15,77	0,5826	195
70	26	7	25,0	0,4188	255
95	26	7	33,46	0,3085	305
120	26	7	40,37	0,2443	365
150	26	7	49,75	0,1954	415
240	26	7	77,35	0,1221	565

Condiciones de Cálculo de Corriente ACSR

CONDICIONES DE CALCULO DE CORRIENTE

Temperatura máxima del conductor : 80°C

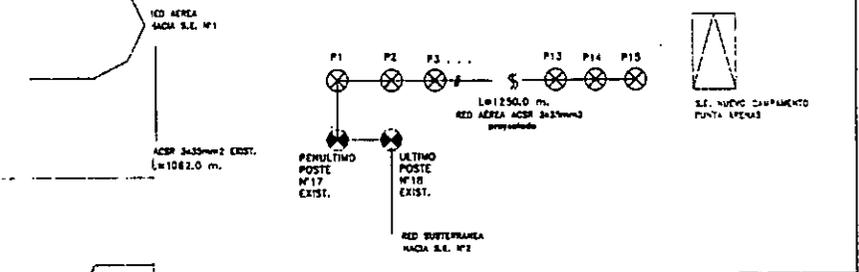
Temperatura ambiente : 40°C

Velocidad del viento : 2.0 km/h

8.2 Plano recorrido de la línea de transmisión de 13.2kv

ESQUEMA UNIFILAR PARTICULAR 13.2KV

SERVICIO DE INSTALACION DE LINEA DE UTILIZACION EN 13.2 KV A NUEVO CAMPAMENTO PUNTA ARENAS E INSTALACION DE EQUIPOS DE PROTECCION A NUEVO CAMPAMENTO Y OFICINAS TEMPORALES



STRUCTURA N°	Designacion	Alzado	Tipo	vano
1	13 / 400 / 180 / 345	A-20	Angulo con seccionamiento	53
2	13 / 400 / 180 / 375	A-21	Anclaje	65
3	13 / 400 / 180 / 375	A-25	Angulo con Anclaje	72
4	13 / 400 / 180 / 375	A-29	Angulo con Anclaje	53
5	13 / 400 / 180 / 375	A-25	Angulo con Anclaje	105
6	13 / 400 / 180 / 375	A-21	Anclaje	55
7	13 / 400 / 180 / 375	A-21	Anclaje	58
8	13 / 400 / 180 / 375	A-25	Angulo con Anclaje	138
9	13 / 400 / 180 / 375	A-25	Angulo con Anclaje	78
10	13 / 300 / 165 / 360	A-11	Alineamiento	77
11	13 / 300 / 165 / 360	A-11	Alineamiento	70
12	13 / 400 / 180 / 375	A-25	Angulo con Anclaje	80
13	13 / 300 / 165 / 360	A-11	Alineamiento	53
14	13 / 300 / 165 / 360	A-11	Alineamiento	63
15	13 / 400 / 180 / 375	A-31	Fuente de linea con seccionam.	81

NOTA 1:

- LA RED AEREA PROYECTADA SE MANTENDRA A UNA DISTANCIA DE SEPARACION MINIMA DE 15m ALEJADO DE LAS TUBERIAS DE COMBUSTIBLES
- EN EL TRAMO ENTRE LOS POSTES N°3 Y POSTE N°4; LA TUBERIA DE COMBUSTIBLES SERA PROTEGIDA POR UNA CAMA METALICA ATERRADA.

S.E. NUEVO CAMPAMENTO

P
A

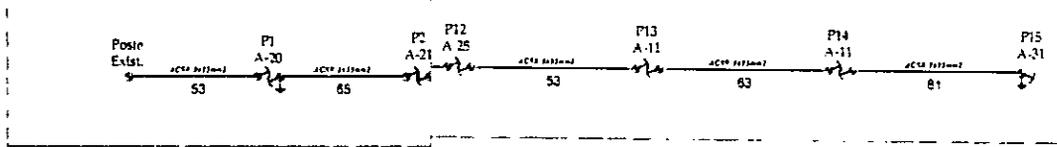
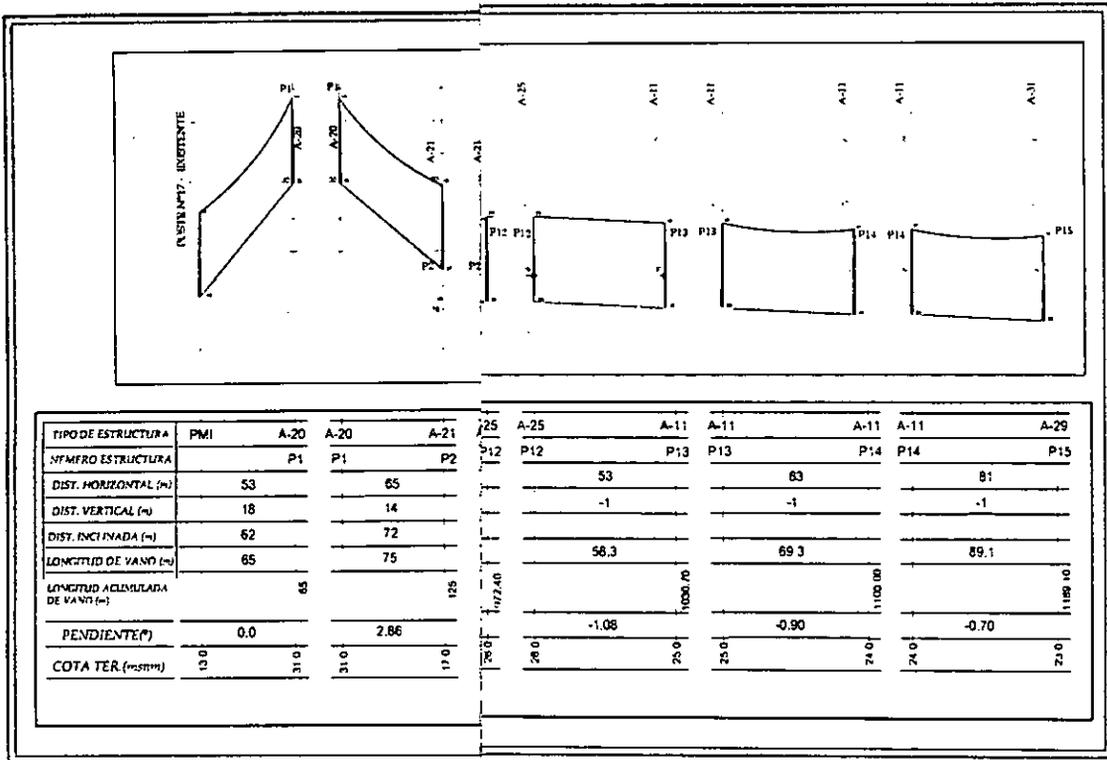
⊙	POSTE DE MEDIA TENSION	
—	LINEA AEREA 35mm2 ACSR -13.2KV.	
⊞	S.E. NUEVO CAMPAMENTO	
EXIST.	PROY.	DESCRIPCION

LEYENDA

NOMI
POSTE EXIS
POST

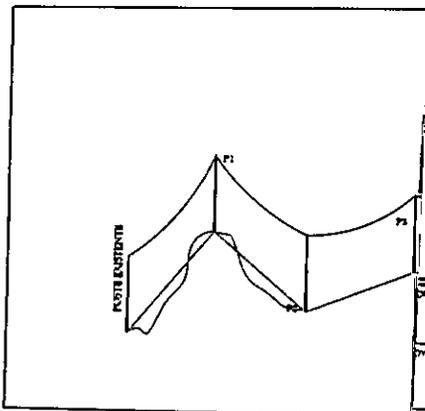
PROYECTO			
SERVICIO DE INSTALACION DE LINEA DE UTILIZACION EN 13.2 KV A NUEVO CAMPAMENTO PUNTA ARENAS E INSTALACION DE EQUIPOS DE PROTECCION A NUEVO CAMPAMENTO Y OFICINAS TEMPORALES			
UBICACION			
TALARA - PIURA - PERU			
PLANT			
RECORRIDO DE LA RED AEREA EN MEDIA TENSION 13.2KV HACIA NUEVO CAMPAMENTO PUNTA ARENAS			
FECHA	PROY.	ESCALA	LIBRO
D.A.C.	FEBRERO 2015	INDICADA	MT-2018-01

8.3 Plano perfil longitudinal de la línea de transmisión de 13.2kv



LONGITUD DE CONDUCTOR EN M.T. ACSR 3x35 mm ² - 13.2KV.	
DISTANCIA HORIZONTAL TOTAL	1061.00 m
DISTANCIA INCLINADA TOTAL	1061.00 m
LONGITUD DE VANO TOTAL	1189.00 m
TOTAL DE CONDUCTOR INSTALADO	1248.56 m

- (1) La longitudes de vanos se obtienen agregando flechados, empalmes, anclajes, entre otros.
- (2) El porcentaje adicionado (5%) a la longitud de y/o errores de instrumentos de medición (coorden



PROYECTO			
SERVICIO DE INSTALACION DE LINEA DE UTILIZACION EN 13.2 KV A NUEVO CAMPAMENTO PUNTA ARENAS E INSTALACION DE EQUIPOS DE PROTECCION A NUEVO CAMPAMENTO Y OFICINAS TEMPORALES			
LUGAR			
TALARA - PIURA - PERU			
TITULO			
PERFIL LONGITUDINAL			
ELABORADO	FECHA	ESCALA	LAMINA
D.A.C.	FEBRERO 2015	INDICADA	MT-2016-02