

ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA LÍNEA DE SUBTRANSMISIÓN A 69 KV PLAYA PRIETA - AVIPECHICAL

MEMORIA TECNICA

1. INTRODUCCION

La Empresa Eléctrica Pública Estratégica Corporación Nacional de Electricidad (CNEL EP), la Unidad de Negocio Manabí (UN CNEL Manabí) cuenta en su sistema con la subestación Playa Prieta ubicada en el cantón Portoviejo, la que es alimentada desde la subestación Calceta y de la subestación Portoviejo a través de líneas de subtransmisión a 69 kV.

La actual línea de subtransmisión a 69 kV Calceta – Playa Prieta está construida mediante conductor de aluminio tipo ACSR, calibre 2/0 AWG, en postes de hormigón armado y sin hilo de guarda, que atraviesa por sectores rurales distantes de las vías de acceso, lo que dificulta su mantenimiento especialmente en la etapa invernal. Esta línea tiene un tiempo de operación superior a 30 años, por lo que la misma ha cumplido su vida útil, además que el calibre actual resulta inadecuado debido al incremento de la carga.

La Unidad de Negocio CNEL Manabí, con el fin de satisfacer el crecimiento de demanda de energía eléctrica del área de cobertura de la subestación Calceta, ha planificado la construcción de una nueva línea de subtransmisión a 69 kV Playa Prieta – Avipechichal, y mediante otro proceso de contratación se construirá la LST Avipechichal - Calceta, proyecto considerado dentro del plan de expansión, luego de lo cual procederá al retiro de la línea actual.

La CNEL Manabí ha previsto que la actual subestación Playa Prieta sea reubicada a una distancia aproximada de 2 km, junto a la vía Pimpiguasí – Portoviejo, por lo que la nueva línea de subtransmisión a 69 kV llegará hasta la ubicación de la subestación proyectada.

La nueva línea tendrá una longitud 23.30 km, será conformada por un circuito simple trifásico, con conductores de aleación de aluminio tipo ACAR, calibre 750 MCM, que serán montados a través de cadenas de aisladores en estructuras en postes de hormigón armado y en estructuras metálicas reticuladas (torres) en sitios de difícil acceso para los postes y en donde no es conveniente la ubicación de tensores.

Para la protección contra descargas atmosféricas, en la parte posterior de los postes y de las torres metálicas, se instalará cable de fibra óptica tipo OPGW (Optical Ground Wire) de 24 fibras.

2. OBJETIVOS DE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS

a. Objetivo General

El objetivo del presente trabajo es la elaboración de los estudios y diseños para la línea de subtransmisión a 69 kV Calceta - Junín, de acuerdo a los requerimientos de la CNEL Manabí.

b. Objetivos Específicos

Para el cumplimiento del objetivo general, el trabajo realizado comprende los siguientes componentes:

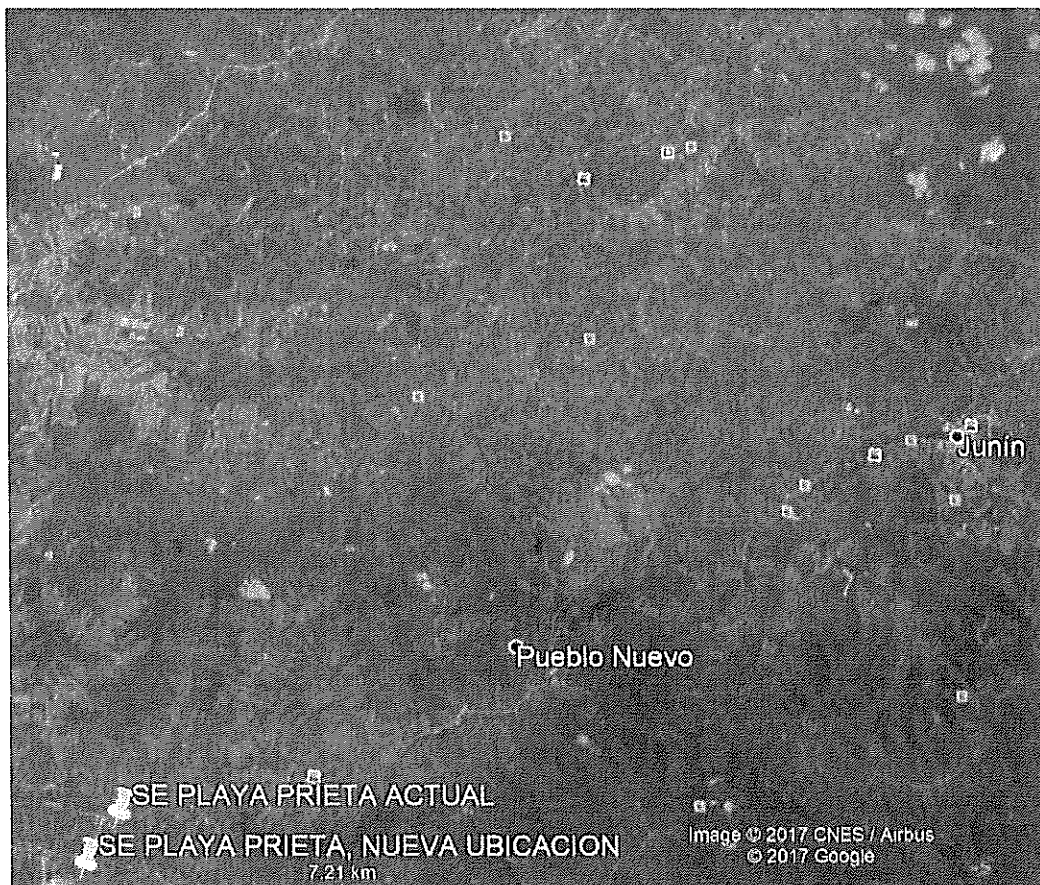
- Determinación de la ruta óptima para la construcción de la línea, en base al análisis de alternativas de trazado, en coordinación con técnicos de la CNEL Manabí.
- Levantamiento topográfico de la ruta seleccionada con todos los detalles requeridos para el diseño, tales como vías, caminos, ríos, esteros, quebradas, viviendas, líneas de energía eléctrica y otros detalles. Incluye planos de la planimetría en escala 1:1000 y del perfil a escalas horizontal 1:2500 y vertical 1:500.
- Diseño electromecánico de la línea de subtransmisión, que contempla cálculo de tensiones mecánicas, flechas, separación de los conductores, cargas en las torres metálicas, cálculo de la carga de rotura de para los postes, determinación del tipo de estructuras a utilizar, diseño del sistema de puesta a tierra.
- Estudios de mecánica de suelos en todos los puntos que se ubicarán torres metálicas reticuladas, mediante perforaciones a 3 metros de profundidad cuando la capacidad portante es superior a 30 Ton/m² y a 5 metros cuando es inferior.
- Diseño de obras civiles para las cimentaciones para postes de hormigón armado y torres metálicas.
- Elaboración de planos de planta y perfiles con ubicación de estructuras, planos de cimentaciones y detalles de estructuras a utilizar.
- Determinación del sistema de puesta a tierra en base a la resistividad medida.
- Elaboración de memoria técnica, especificaciones de materiales, especificaciones de construcción, análisis de precios unitarios, presupuesto referencial y cronograma de ejecución.

3. DESCRIPCIÓN DEL TRAZADO DE LA LÍNEA

3.1. UBICACIÓN DEL PROYECTO

El proyecto de la línea se encuentra localizado en la provincia de Manabí, entre los cantones Calceta, Junín y Portoviejo. La línea Junín – Playa Prieta parte desde la subestación Calceta ubicada en la periferia de la ciudad del mismo nombre, luego continúa por sectores periféricos de la ciudad de Calceta, habiéndose seleccionado la ruta de forma que recorra por las vías existentes sin que afecte a lotizaciones ni urbanizaciones existentes o en proyecto.

La ubicación del proyecto se indica en el siguiente mapa, en tanto que para la implantación general georeferenciada en coordenadas UTM referidas al sistema WGS84 que se ha dividido en varios tramos que corresponden a los planos del anexo No. 21.



La línea proyectada inicia desde la subestación Junín, correspondiente a las coordenadas UTM E 586250,49 - N 9897437,94 como se puede observar en los planos, luego continúa siguiendo en su mayor parte la junta a la vía Junín – Portoviejo y en ciertos tramos se aleja no más de 200 metros con el fin de aprovechar las alturas para realizar vanos más largos y evitar

el cruce sobre viviendas, hasta llegar a llegar frente al terreno en donde se construirá la nueva subestación Playa Prieta, que corresponde a las coordenadas E 568747,90 - N 9887711,08.

3.2. ANALISIS DE ALTERNATIVAS DE RUTA Y DETERMINACION DE LA RUTA OPTIMA

Como una primera etapa del presente estudio, previo a la ejecución del levantamiento topográfico, se procedió a la identificación de las posibles rutas para el trazado de la nueva línea Junín – Playa Prieta, para lo cual se aplicó la siguiente metodología:

- Recorridos de la zona de estudio en los que se determinaron las condiciones topográficas de los terrenos, estado de las vías y caminos, posibles fallas geológicas y facilidad o dificultad de accesos a los posibles puntos de ubicación de estructuras.
- Levantamiento georefenciado de las vías, caminos, ríos, esteros, viviendas y otros detalles, para lo cual se utilizó GPS tipo navegador con rango de error de 3 metros.
- Revisión y análisis de información contenida en la aplicación Google Earth
- Análisis de varias fotografías aéreas tomas con cámara instalada en un Dron.

En base a lo antes descrito, se definieron 3 alternativas de rutas de acuerdo a lo indicado en los planos con la siguiente identificación de colores:

- alternativa 1, color cyan,
- alternativa 2, color rojo,
- alternativa 3, color magenta.

A continuación, se describe cada una de las alterativas:

3.2.1. ALTERNATIVA DE RUTA 1

Como primera alternativa se considera la construcción de la nueva línea siguiendo la ruta de la actual desde la subestación Junín hasta la actual subestación Playa Prieta, para luego continuar manteniendo la ruta de la línea a 69 kV hacia Portoviejo hasta el centro de rehabilitación El Rodeo, para finalmente derivarse al terreno en donde se construirá la nueva subestación Playa Prieta.

Esta alternativa presenta las siguientes ventajas:

- Menor recorrido, lo cual implica menor longitud de línea.
- Utilización de la actual franja de servidumbre en su mayoría, por lo que facilitará llegar a acuerdo con los propietarios de los terrenos para la construcción de la nueva línea.

- Existen muy pocos cruces líneas y redes de distribución existentes.

Desventajas de la alternativa 1:

- Ruta alejada de las vías de acceso principales y secundarias, aspecto que dificulta la revisión y mantenimiento de la línea en la etapa de operación, en especial durante las etapas invernales, lo que podría ocasionar prolongadas suspensiones de energía a los usuarios.
- Se requiere desenergizar la línea durante todo el tiempo que dure la construcción, aspecto que podría causar inconvenientes en la operación y suspensiones de energía prolongadas, en caso de fallas en las otras líneas de alimentación a las subestaciones Playa Prieta y Calceta.
- Se requiere realizar variantes en la ruta, debido a la presencia de construcciones bajo la línea actual.
- La ruta actual atraviesa por zonas con vegetación alta, aspecto que encarece el mantenimiento de la franja de servidumbre durante la etapa de operación.

Considerando lo expuesto, la ruta descrita no es conveniente para la construcción de la línea, especialmente por la distancia de las estructuras a las vías de acceso.

3.2.2. ALTERNATIVA DE RUTA 2

Como se puede observar los planos del anexo No. 19, como segunda alternativa se tiene un trazado cercano a la vía Junín – Portoviejo y a vías de acceso secundarias, siendo en ciertos tramos la misma ruta de la actual línea.

Las ventajas para esta opción de ruta son:

- Para los tramos que coinciden con la ruta de la línea actual, ya se cuenta con la franja de servidumbre, facilitando llegar a acuerdos con los propietarios de los terrenos para la construcción de la nueva línea.
- Se reduce los cruces con líneas y redes de distribución existentes, por lo que se tendrán menores dificultades para la construcción.
- Se reduce la dificultad para el mantenimiento de la línea, debido a que las distancias a las vías de acceso son menores con respecto a alternativa 1.
- Menor cantidad de estructuras y vanos mayores debido a que la ruta atraviesa por colinas.

Como desventajas para esta alternativa se indican las siguientes:

- Dificultad para el acceso desde las vías a las estructuras en ciertos tramos, en especial a las estructuras ubicadas las colinas.
- Para la construcción se requiere realizar la tala de árboles maderables y de frutales, aspecto que puede ocasionar problemas con los propietarios de los terrenos y costos mayores por indemnizaciones.
- Incremento en los costos para el mantenimiento de la franja de servidumbre e inconvenientes con los propietarios.
- Requiere mayor altura de postes en terrenos con frutales, para evitar la tala dentro de la franja de servidumbre.

En base a lo indicado, la alternativa 2 no es la mejor para la construcción de la línea de subtransmisión a 69 kV Junín – Playa Prieta.

3.2.3. ALTERNATIVA DE RUTA 3

La tercera alternativa se tiene un trazado junto a la vía desde Junín hacia Portoviejo en la mayor parte de su recorrido, alejándose de la vía para el cruce del cerro Junín con el fin de evitar fallas geológicas y reducir la longitud. Además, para evitar el paso por el área urbana de la ciudad de Junín, en este tramo la ruta de la nueva línea será junto a la actual, con una separación entre 15 y 30 metros para poder realizar la construcción, como se puede observar en los planos del anexo No. 19.

Esta alternativa presenta las siguientes ventajas:

- No existen bosques, ni viviendas que dificulten la construcción, lo cual facilitará la imposición de derechos de servidumbre.
- Facilidad de construcción ya que la mayor parte del recorrido es junto a la vía Junín – Calceta; por consiguiente, los accesos son cortos, lo cual implica una pequeña inversión en la apertura de caminos para el transporte de postes y materiales.
- Se reduce el mantenimiento de la franja de servidumbre.
- Facilidad para las tareas de mantenimiento eléctrico por la cercanía a las vías, reduciendo los costos por este concepto.
- La línea estará en todo su recorrido a la vista desde la vía Junín – Portoviejo, lo que dará facilidad al personal de mantenimiento de la CNEL Manabí para detectar aspectos que podrían afectar a la operación y mantenimiento.

Desventajas:

Mayor longitud de línea, lo cual podría incidir en el incremento del costo de inversión inicial para construcción; sin embargo, este aspecto se ve atenuado con la confiabilidad y reducción de los costos de operación y mantenimiento.

Mayor cercanía y cruces con redes de distribución existentes en comparación las alternativas anteriores, por lo que para la construcción será requerido mayor tiempo de suspensión de energía a los clientes.

3.3. ASPECTOS CONSIDERADOS PARA LA SELECCIÓN DE LA RUTA

Para la selección de la ruta para la línea Avipechichal – Playa Prieta, se tomaron en cuenta los aspectos técnicos, económicos y socio ambientales, de acuerdo a lo que se indica a continuación:

- Se trató en lo posible que la línea pase junto a la vía Junín – Portoviejo o por vías secundarias, con el fin de que se facilite la construcción y el mantenimiento en la etapa de operación, acogiendo de esta forma las recomendaciones de la CNEL MANABI.
- Se trató de reducir al máximo el paso por áreas con vegetación alta y que atravesase por bosques de teca existentes, a fin de reducir el desbroce de los árboles y facilitar la imposición de la franja de servidumbre.
- La ruta fue seleccionada de forma que las estructuras sean ubicadas en sitios sin fallas geológicas y deslizamientos.
- Se redujo los cruces con alimentadores primarios a 13,8 kV y redes de baja tensión existentes.

3.4. ALTERNATIVA SELECCIONADA

En base al análisis de las alternativas antes descritas, se determina que la ruta óptima desde el punto de vista ambiental, social, técnico, económico y por facilidades de mantenimiento, corresponde a la alternativa 3.

La alternativa 3 fue seleccionada debido a las ventajas que presenta respecto a las otras, siendo la de más fácil construcción y con la cual se reducirán los costos de mantenimiento, debiendo señalar que esta fue aceptada por el Administrador del Contrato y otros funcionarios de la CNEL MANABI, a quienes se dio a conocer las rutas planteadas, con las ventajas y desventajas.

Con la ruta seleccionada, se procedió a realizar el levantamiento topográfico y el diseño electromecánico de la línea, que en forma general considera la elaboración de planos, cálculos, memoria técnica, presupuesto y especificaciones técnicas.

3.5. DESCRIPCIÓN DEL TRAZADO DE LA LÍNEA

El punto de partida del proyecto está localizado en la parte exterior de la subestación Calceta, en la coordenada UTM E 592901,22 - N 9905456,21 como se puede observar en los planos, luego continúa siguiendo en su mayor parte la junta a la vía Junín – Portoviejo y en ciertos tramos se aleja no más de 200 metros con el fin de aprovechar las colinas para realizar vanos más largos y evitar el cruce sobre viviendas.

Para el cruce de la ciudad de Junín, se mantiene la ruta de la línea actual, ya que pasa fuera del límite urbano, dispone de la franja de servidumbre, cuentas con accesos para su construcción y además junto a esta línea está previsto la construcción de una subestación particular.

Luego de pasar la ciudad de Junín, la ruta seguirá junto a la vía hacia Portoviejo hasta llegar al inicio del cerro Junín, desde donde se considera atravesar con la línea alejada de la vía principal, aprovechando las cumbres de las colinas para colocar estructuras en sitios en donde no se tengan fallas geológicas, llegando de esta forma hasta la entrada a la población de Pueblo Nuevo.

Desde Pueblo Nuevo, la línea seguirá junto a la vía hacia Portoviejo, hasta llegar frente al terreno en donde se construirá la nueva subestación Playa Prieta, que corresponde a las coordenadas E 568747,90 - N 9887711,08.

Durante el recorrido de la línea, atraviesa por varias poblaciones, en las cuales existen viviendas cuyos propietarios han respetado la distancia de separación del eje de la vía, en tanto que en ciertos casos hay edificaciones de una planta que no cumplen con la separación adecuada de la vía, debiendo señalar que no son utilizadas como vivienda, sino que son utilizadas para pequeños comercios en especial para la venta de aguardientes y productos agrícolas.

En los sectores que la ruta de la línea se separa de la vía Junín – Portoviejo, en su mayoría atraviesa sobre pastizales o sobre cultivo de baja altura en donde no se requiere realizar la tala de la vegetación. En tramos muy cortos, para la construcción de la línea y en lo posterior para el mantenimiento, será necesario realizar el corte de árboles en una cantidad reducida.

Para los tramos en los que la línea recorre cerca de las viviendas, el diseño considera la utilización de postes y estructuras metálicas que garanticen las distancias de seguridad a las viviendas, de conformidad a la REGULACIÓN No. CONELEC-002/10.

En general, la línea se soportará en su mayoría sobre postes de hormigón armado, pero en los sitios con dificultad de acceso y en donde no sea posible la instalación de tensores, el

diseño considera el uso de estructuras metálicas reticuladas (torres), como se puede observar en los planos.

En el recorrido se tienen cruces con líneas trifásicas y monofásicas a 13,8 kV, redes de baja tensión y tres cruces con la actual línea a 69 kV. En el diseño está realizado de forma que en los cruces se tengan las distancias mínimas de separación entre conductores establecidas en las normas del Ex INECEL, considerando adicionalmente que la línea a 69 kV a construirse siempre pasará por encima de las líneas de menor voltaje.

Antes de llegar a la nueva subestación Playa Prieta, se tiene un cruce con la transmisión a 230 kV que va hacia la nueva subestación Portoviejo de propiedad de Transselectric, en donde la altura del conductor más bajo permite que pase la nueva línea a 69 kV.

LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO DEL TRAZADO DE LA LINEA

Luego de haber determinado la ruta más adecuada para el trazado de la línea Calceta – Playa Prieta, se procedió a realizar el levantamiento topográfico, para lo cual se utilizaron equipos que garantizan la calidad y precisión de los datos, siendo los que se indican a continuación:

- Estación Total "TRIMBLE" Servo-robótica 5600 DR 200 Teclado CU alfanumérico desmontable
- Estación Total "TRIMBLE" Servo-robótica 5600 DR 200 Teclado ACU Táctil desmontable
- Kit Antena TRIMBLE R8 G.P.S doble Frecuencia R.T.K
- Kit Antena TRIMBLE R6 G.P.S doble Frecuencia R.T.K
- DRONE equipado con cámara para toma de fotografías aéreas.
- 2 GPS diferencial de una frecuencia "LEICA" SR-20 (Base y Móvil)
- Navegadores "MAGELLAN Y GARMIN
- 3 Telémetros (Distanciómetro) manual "Trimble" – "Nikon" – "Bushnell"
- Altimetro y Brújula "BRONTON"
- Prismas, binoculares y herramienta para desbroce

3.6. METODOLOGIA UTILIZADA

Para el levantamiento topográfico de la línea, se utilizó en su mayoría sistemas G.P.S de alta precisión en modo R.T.K, (corrección de coordenadas en tiempo real), evitando de esta forma la tala de árboles para esta actividad.

Con la metodología aplicada, el levantamiento se encuentra georreferenciado en coordenadas UTM referido al sistema WGS 84, por lo que se facilita localizar y llegar a los vértices o cualquier punto que se requiera, utilizando g.p.s navegador.

La longitud total de levantamiento es de 23.30 km desde la subestación Calceta hasta el sector en donde se construirá la nueva subestación Playa Prieta, existiendo en total 55 vértices, los que se encuentran identificados en el campo mediante mojones de hormigón.

Cabe indicar que el número elevado de vértices se debe a que la mayor parte del trazado es junto a la vía Portoviejo Calceta, siguiendo las curvas de la vía para no atravesar sobre viviendas, debiendo indicar además que una gran parte de los ángulos de deflexión son pequeños, llegando a tener en ciertos casos menos de tres grados.

La cantidad de puntos tomados durante el levantamiento, permite realizar el plano de perfil y dibujar las curvas de nivel en el plano de planta (planimetría); además, como parte del levantamiento se tomaron puntos correspondientes a postes existentes, viviendas, vías, cercas, esteros, ríos y otros detalles incluidos en los planos correspondientes al anexo 20.

Los vértices correspondientes al levantamiento topográfico y diseño, son los que se indican en la siguiente tabla.

VERTICE	ABSCISA m	COTA m	COORDENADA WGS 84		Angulo (grados)
			ESTE	NORTE	
V1	12.983,97	88,52	9.897.315,38	585.839,88	157,00
V2	13.628,55	90,10	9.896.878,84	585.365,64	175,00
V3	14.152,36	82,91	9.896.557,36	584.952,09	169,00
V4	14.299,05	83,64	9.896.491,66	584.820,94	162,00
V5	14.504,31	86,23	9.896.348,46	584.673,86	173,00
V6	14.880,61	103,04	9.896.119,74	584.375,07	169,00
V7	15.031,53	98,56	9.896.005,91	584.275,88	172,00
V8	15.255,63	104,28	9.895.859,29	584.106,48	173,00
V9	15.595,03	108,94	9.895.609,32	583.876,90	151,00
V10	15.888,85	107,80	9.895.514,24	583.598,89	172,00
V11	15.988,83	109,68	9.895.495,45	583.500,68	176,00
V12	16.083,46	108,90	9.895.484,90	583.406,66	176,00
V13	16.183,41	109,89	9.895.480,89	583.306,79	178,00
V14	16.783,39	122,34	9.895.477,73	582.706,81	178,00
V15	17.090,36	127,28	9.895.487,36	582.400,02	173,00
V16	17.267,51	131,86	9.895.514,55	582.224,94	170,00
V17	17.479,42	146,36	9.895.511,93	582.013,04	172,00
V18	18.386,30	179,41	9.895.370,47	581.117,26	167,00
V19	19.136,47	191,82	9.895.095,50	580.419,30	145,00
V20	19.459,06	240,78	9.895.171,26	580.105,77	157,00
V21	20.316,88	333,26	9.895.034,63	579.258,86	138,00

V22	20.552,64	379,53	9.894.852,19	579.109,50	172,00
V23	20.920,64	428,16	9.894.536,62	578.920,22	149,00
V24	21.934,41	337,77	9.893.523,84	578.924,75	173,00
V25	22.727,60	352,91	9.892.736,54	579.029,30	141,00
V26	23.581,99	195,27	9.892.005,27	578.587,43	130,00
V27	23.712,63	189,76	9.891.881,95	578.630,52	149,00
V28	23.810,87	186,47	9.891.785,59	578.611,26	158,00
V29	23.926,87	184,63	9.891.688,72	578.547,56	171,00
V30	24.264,39	176,73	9.891.438,15	578.321,45	157,00
V31	24.377,39	174,96	9.891.391,33	578.218,56	164,00
V32	24.600,22	171,16	9.891.357,10	577.998,48	178,00
V33	24.866,43	168,13	9.891.327,39	577.733,86	159,00
V34	25.178,11	162,97	9.891.407,81	577.432,77	152,00
V35	25.543,90	157,93	9.891.326,33	577.076,10	147,00
V36	25.821,97	152,57	9.891.125,90	576.883,43	173,00
V37	25.901,82	151,59	9.891.062,13	576.835,30	141,00
V38	26.415,43	146,47	9.890.941,36	576.336,09	172,00
V39	26.505,47	145,70	9.890.907,87	576.252,51	171,00
V40	26.687,26	138,89	9.890.813,48	576.097,14	167,00
V41	27.513,38	129,64	9.890.238,78	575.503,66	173,00
V42	27.784,35	129,65	9.890.028,56	575.332,70	134,00
V43	29.456,79	103,15	9.889.891,55	573.665,88	170,00
V44	29.794,29	99,68	9.889.920,35	573.329,55	179,00
V45	30.786,17	98,78	9.889.985,77	572.339,92	179,00
V46	30.976,08	85,51	9.889.995,15	572.150,22	126,00
V47	32.445,33	61,67	9.888.852,44	571.226,86	180,00
V48	32.805,23	59,44	9.888.573,19	570.999,66	176,00
V49	32.897,66	58,30	9.888.506,14	570.936,04	177,00
V50	32.988,42	57,72	9.888.443,18	570.870,67	175,00
V51	33.591,85	57,20	9.888.060,29	570.404,29	179,00
V52	33.794,78	57,46	9.887.933,20	570.246,09	124,00
V53	34.734,64	54,66	9.888.206,08	569.346,70	152,00
V54	34.893,12	54,65	9.888.176,50	569.191,00	144,00
V55	35.535,62	56,34	9.887.711,16	568.747,98	90,00

Como complemento al levantamiento, con el uso del Drone, se tomaron fotografías aéreas, las que fueron procesadas para incluir en el plano de levantamiento fotos georreferenciadas (ortofotos), lo que permite visualizar de mejor forma la ubicación de las estructuras, evitando en la etapa de diseño proyectar estructuras en sitios no adecuados.

Con los datos de campo, se procedió a la elaboración de los planos de planta en escala 1:1000 y de perfil longitudinal en escalas horizontal 1:2500 y vertical 1:500

Los planos de planta contienen los vértices y toda la información tomada en campo. En los planos de perfil se indica el abscisado, cotas, ángulos de los vértices, nombres de los propietarios de los predios por donde atravesará la línea Junín - Playa Prieta.

4. ASPECTOS GENERALES DEL PROYECTO

4.1. CARACTERISTICAS GENERALES

De acuerdo a los requerimientos de la Corporación Nacional de Electricidad – CNEL EP Manabí, la línea Junín – Playa Prieta será construida con conductor de aluminio tipo ACAR calibre 750 MCM, circuito simple, con hilo de guarda mediante cable de fibra óptica OPGW de 24 fibras.

En lo que respecta a las estructuras de soporte, la mayor parte serán postes de hormigón armado, teniendo previsto la instalación de 15 torres metálicas reticuladas, a ser utilizadas en los vanos largos, en sitios de difícil acceso y en sitios en donde no es posible la utilización de postes con tensores.

La mayor parte de las estructuras serán de suspensión del tipo urbano (ETN-3LS) utilizando aisladores Line Post, en tanto que para los demás tipos de estructuras el proyecto considera el uso de aisladores tipo suspensión clase ANSI 52-3 de porcelana.

Los postes de hormigón armado a utilizar serán de longitudes de 18, 21 y 23 metros con cargas de rotura de 1.600, 2.400 y 3.500 kilogramos. Las alturas de los postes permitirán mantener las distancias de seguridad con los alimentadores primarios y redes de baja tensión existentes, así como los que a futuro se puedan construir

La línea tendrá una longitud de 35.3535,62 metros, parte desde la subestación Calceta a una altura de 46,75 metros sobre el nivel del mar (snm) hasta el sector en donde se construirá la subestación Playa Prieta a una altura de 56,34 snm. El trazado de la línea se ubica entre los 36,38 y 428,16 msn, siendo la parte más elevada en el cruce del cerro Junín.

La ruta de la línea se desarrolla sobre terreno de topografía plana en su gran mayoría, siendo irregular en un tramo inicial, el paso de la ciudad de Junín y en el cerro Junín, conforme se puede observar en el plano de perfil.

El diseño fue realizado en base a las normas y especificaciones del Ex INECEL, la nomenclatura del tipo de estructuras utilizada es de acuerdo a la codificación del Ministerio de Electricidad y Energía Renovable (MEER) y lineamientos de parte de CNEL Manabí.

La carretera Portoviejo – Junín y las vías secundarias constituyen el acceso principal para la construcción de la línea, requiriendo realizar una longitud reducida de caminos de acceso para el transporte de postes y materiales.

El cable OPGW irá colocado en la parte superior de las estructuras, de manera que el ángulo vertical que se forme entre este y los conductores (ángulo de protección o apantallamiento) no sea mayor a 30°.

Los niveles de aislamiento mínimos admisibles a nivel del mar establecidos por las Normas son los siguientes:

Tensión Nominal	Máxima Tensión	Tensión a Onda de Impulso	Tensión a Frecuencia Industrial
69 kV	75 kV	350 kV	140 kV

El mínimo número de aisladores de suspensión clase ANSI 52-3 en las cadenas de suspensión será de 6 unidades y en las cadenas de retención será de 7 unidades.

Los conductores de fase y el hilo de guarda (OPGW), serán protegidos contra vibraciones debidas al viento, mediante la utilización de amortiguadores tipo STOCKBRIDGE.

4.2. CARACTERÍSTICAS DE CONDUCTOR SELECCIONADO

De acuerdo a lo indicado en el numeral anterior, el conductor a utilizar para la construcción de la línea de subtransmisión a 69 kV Junín – Playa Prieta será de aleación de aluminio desnudo, tipo ACAR (Aluminium Conductor Alloy Reinforced), calibre 750 MCM, composición 18x19, de las siguientes características:

Tipo	ACAR
Calibre	750 MCM
Composición	18/19
Número de hilos de aluminio 1350	18
No. de hilos de aleación de aluminio 6201	19
Diámetro (mm)	25,32
Sección total (mm ²)	380,00
Resistencia (Ohm/km)	0,0797
Peso (kg/m):	1,048
Tensión de rotura (kg)	8.651

Módulo de elasticidad inicial (kg/mm ²)	4.992
Módulo de elasticidad final (kg/mm ²)	6.400
Coeficiente de dilatación lineal (1/°C):	2,30E-05

4.3. CARACTERISTICAS DEL CABLE DE GUARDA

De acuerdo a los antes indicado, para el apantallamiento de la línea se utilizará cable de fibra óptica tipo OPGW de 24 fibras, monomodo de las características indicadas a continuación:

Tipo	OPGW
Número de hilos	24
Sección total (mm ²)	78,9
Diámetro (mm)	12
Peso unitario (kg/m)	0,315
Peso específico (kg/m/mm ²)	0,003992
Módulo elast.(kg/mm ²)	8.501
Tensión de rotura (kg)	4.036
Coeficiente de dilatación lineal (1/°C):	1,8E-05

La sujeción del cable OPGW a los postes y estructuras metálicas se realizará utilizando los siguientes accesorios:

- Conjunto de accesorios para retención pasante (dos extremos).
- Conjunto de accesorios para retención terminal.
- Conjunto de accesorios para suspensión.
- Grapas de bajada para cables OPWG para postes de hormigón.

Para la conexión en las subestaciones Junín y Playa Prieta, en cada una de ellas se debe utilizar un Distribuidor óptico (ODF) para 24 fibras ópticas.

4.4. AISLADORES

Para las estructuras de suspensión y retención, los aisladores a ser utilizados serán de porcelana, del tipo suspensión, clase ANSI 52-3, con resistencia electromecánica mínima de 15.000 libras, con acoplamiento "socket ball". El número de aisladores por cadena a utilizar será 6 en estructuras de suspensión y 7 en estructuras de retención. El nivel básico de aislamiento (BIL) de la línea será de 350 kV.

En las estructuras tipo urbanas se utilizarán aisladores "LINE POST" para montaje horizontal, base plana, de caucho siliconado (polymer), para 69/115 KV, 2.414 libras de cantilever max, distancia de fuga mínima de 2.300 mm, considerando una distancia de fuga de 53,7 mm/kV para un nivel de contaminación IV Very heavy de acuerdo a la norma IEC 60071-2 que es acogida por la norma IEEE Std. 1313.2-1996.

Los aisladores deberán tener sus partes metálicas de material ferroso y estarán protegidos adecuadamente contra la acción corrosiva de la atmósfera, mediante galvanizado por inmersión en caliente. El diámetro de los aisladores será de 254 mm y distancia de fuga de 290 mm. En las cadenas los aisladores tendrán un espaciamiento unitario 146 mm.

4.5. HERRAJES Y ACCESORIOS

Estos elementos corresponden a aquellos necesarios para la fijación de los aisladores a la estructura y al conductor, a los de fijación del cable de guarda a la estructura y a los elementos de protección eléctrica. Todos estos elementos deberán ser de un material resistente a la corrosión, de diseño adecuado a su función mecánica y eléctrica y deberán ser prácticamente inalterables a la acción corrosiva de la atmósfera.

Los pernos, adaptadores, grilletes, grapas de suspensión y retención para el cable de guarda, pernos U, adaptadores tipo "Y", adaptadores tipo socket, rótulas y otros serán de acero o de hierro protegidos contra la corrosión mediante galvanizado por inmersión en caliente. Los materiales deben ser de tal manera que no se presente peligro de destrucción por corrosión galvánica.

Las grapas de suspensión y anclaje para ser usadas con el cable de guarda (OPGW), serán de hierro galvanizado.

Las grapas de suspensión y de anclaje para los conductores serán construidas con el cuerpo de aluminio, los pasadores y los elementos de ajuste serán de acero galvanizado.

Las grapas de retención serán del tipo pernadas y la resistencia de estos elementos será igual o superior a la resistencia electromecánica de los aisladores utilizados. En las grapas de suspensión, los conductores estarán protegidos mediante varillas de armar.

4.6. ESTRUCTURAS DE SOPORTE

Para la construcción de esta línea se considera la utilización de postes de hormigón armado y estructuras metálicas reticuladas, de acuerdo al siguiente detalle.

Postes de Hormigón Armado

Las estructuras serán montadas en postes de hormigón de 18, 21 y 23 metros de altura, cuya sección será rectangular y geometría tronco piramidal, de una resistencia del hormigón a los 28 días $f'c$ de 350 kg/cm², con acero de refuerzo de una fluencia f_y de 4200 kg/cm².

La carga de rotura de los será de 1600 Kg, 2400 Kg y 3500 Kg, seleccionados en base al cálculo de las cargas que deben soportar.

Para el montaje, en la parte inferior de los postes se colocará una loseta de hormigón armado de $f'c=210$ Kg/cm², de dimensiones 80x80 cm y 15 cm de espesor de acuerdo a los planos del Anexo No. 25.

Torres metálicas

Para los sitios de difícil acceso o en donde no es posible colocar tensores como se indica en los planos, se utilizarán torres autosoportantes de acero galvanizado, de forma tronco piramidal, construidas con perfiles de acero galvanizado resistente a la corrosión, apernados entre sí.

Las torres serán diseñadas de modo que no se presenten deformaciones permanentes en sus elementos metálicos. Será de diseño adecuado para soportar todas las cargas longitudinales y transversales que se determinen en el cálculo mecánico, considerando los factores de sobrecarga establecidas en las normas de diseño. El diseño final de las torres será responsabilidad del constructor de la línea.

Los tipos de estructuras han sido seleccionados considerando la distancia mínima de seguridad al suelo, los esfuerzos producidos sobre cada estructura, alturas del punto de amarre, los límites de utilización para el cual son diseñadas dichas estructuras, levantamiento topográfico del perfil longitudinal del terreno, vanos de diseño y los ángulos de deflexión de la línea.

En el Anexo Nro. 5 se indica el tipo de torres a utilizar y la altura al punto de amarre del conductor más bajo. En el plano del Anexo Nro. 24 se indican la geometría y las distancias entre conductores e hilo de guardia.

Las torres serán construidas con los siguientes elementos: dispositivos de protección antitrepado en cada una de las partes de la estructura, para evitar que personas no autorizadas suban a la estructura; y escalones para trepado, para facilitar la subida al personal que realice la construcción y el mantenimiento de la línea.

Para el armado de las torres metálicas, se utilizarán fundaciones tipo cilindro de hormigón armado y del tipo monobloque, conforme se indica en el plano del Anexo No.25. Las fundaciones serán realizadas de forma que no se presenten deformaciones permanentes en los elementos de la torre.

4.7. PUESTA A TIERRA

El cable OPGW y las estructuras metálicas serán conectados a tierra, para lo cual se utilizará cable de cobre desnudo, semiduro, calibre No. 2 AWG y varillas copperweld de 5/8" y 2,4 metros de longitud. El conductor de cobre se acoplará a las varillas mediante el uso de suelda exotérmica.

El tipo de puesta a tierra a utilizar se determina en base al cálculo, que el es realizado en base al valor de resistividad del suelo. Los detalles se indican en el anexo No. 12.

Se deberá verificar que la resistencia de puesta a tierra a pie de cada estructura, no sobrepase el valor de 20 ohmios. De requerirse, en la construcción se podrá incrementar el número de varillas o la cantidad de conductor de cobre.

4.8. TENSORES

Para los tensores se utilizará cable de acero galvanizado, de 1/2" pulg. de diámetro, de 12.100 libras de resistencia a la rotura, grado SIEMENS MARTIN.

Las varillas de anclaje serán de acero galvanizado de 3/4" de diámetro y 9' de longitud. Los templadores también serán galvanizados y adecuados para poder regular su tensión mecánica sin recurrir a la torsión del cable.

Los bloques de anclaje serán de H° A° de dimensiones 80x80x20 cm. con agujero central para varilla de 3/4".

4.9. AVISOS DE PELIGRO Y NUMERACIÓN

Se colocarán los avisos de peligro en todas las estructuras de la línea. El aviso consistirá en deberá una chapa enlozada y esmaltada al fuego, con fondo blanco y el dibujo de una calavera. Detrás de la calavera, formando cruz se representará un rayo y un hueso. Llevará además la inscripción "PELIGRO DE MUERTE – ALTO VOLTAJE". Los dibujos serán de color rojo. Las dimensiones mínimas de la chapa son de 0,25 x 0,35 m y se instalarán a una altura no menor a 4 metros.

Para identificación, todas las estructuras serán numeradas en forma secuencial de tal manera que las cifras sean legibles desde el suelo, lo cual facilitará su localización.

4.10. CAMINOS DE ACCESO

Con el fin de facilitar el acceso de postes de hormigón armado, el material para las torres metálicas y todos los materiales necesarios para la construcción de la línea, se deberán construir caminos pilotos que permitan el ingreso de los vehículos sean requeridos.

5. DISEÑO ELECTROMECHANICO

5.1. CONSIDERACIONES GENERALES DEL DISEÑO ELECTROMECHANICO

- La línea Junín – Playa Prieta está ubicada a una altura inferior a los 1.000 m. sobre el nivel del mar, por lo que para los cálculos se considera los parámetros correspondientes a la Zona 1, según la clasificación indicada en las normas del Ex - INECEL.
- Para el diseño de esfuerzos en los conductores de la línea, se ha considerado, una tensión mecánica para una tensión EDS de los conductores de fase, de todos los días (Every Day Stress), del 22% de la tensión de rotura de los conductores de fase.
- La catenaria ha sido calculada, considerando la función coseno hiperbólico, para cada vano regulador de los tramos de la línea, comprendidos entre retenciones.

5.2. ESTADOS A CONSIDERAR PARA EL CALCULO MECANICO

Estado I.- Este estado corresponde a la mínima temperatura, define la flecha mínima y una de las condiciones para definir la tensión máxima de los conductores y cables de guarda. Las condiciones para el cálculo son:

- Zona I
- Temperatura: 5° C
- Viento: 0 km/h

Para este estado, se recomienda que la tensión mecánica del conductor no exceda el 33% de la tensión de rotura, en tanto que para el cable de guarda la tensión máxima debe ser máxima del 30% de la tensión de rotura. Estos aspectos deberán ser verificados en los resultados que se obtengan del cálculo mecánico, al aplicar la ecuación de cambio de estado.

Estado II.- Define una condición de máxima carga mecánica de los conductores y cable de guarda; pero no asegura una condición de flecha máxima. Las condiciones para el cálculo mecánico son:

- Zona I
- Temperatura: 15° C
- Viento: 60 km/h

Los porcentajes de las tensiones máximas admisibles, son iguales a las señaladas en el estado I.

Estado III.- Corresponde a la condición de operación normal de la línea, conocido como el estado de todos los días o "EDS" (EVERY DAY STREES). Es el que define las tensiones y flechas normales, tanto para los conductores de fase como para el cable de guarda. Las condiciones que se aplican para el cálculo son:

- Zona I
- Temperatura: 20° C
- Viento: 0 km/h.

Para la aplicación de la ecuación de cambio de estado para el cálculo de tensiones, se establece al estado III como de condiciones iniciales, con lo que se llegan a determinar los valores para el resto de estados. Para este proyecto, la tensión mecánica de partida en el estado III (EDS), se establece para los conductores en el 20% de la tensión de rotura.

Estado IV.- Define la flecha máxima y tensión mínima de los conductores y cables de guarda, corresponde a la máxima temperatura. Las condiciones de cálculo para este estado son:

- Zona I
- Temperatura: 60° C
- Viento: 0 km/h

5.3. CÁLCULO DE LOS ESFUERZOS MECÁNICOS EN LOS CONDUCTORES Y CABLE DE GUARDA (OPGW)

Las tensiones mecánicas y flechas a los que están sometidos los conductores y el cable de guarda (OPGW), se calculan mediante utiliza la ecuación de cambio de estado, que viene expresada por la siguiente fórmula:

$$T_2^3 + K_1 T_2^2 - K_2 = 0$$

De donde K_1 y K_2 vienen dados por las siguientes expresiones:

$$K_1 = ES\alpha(t_2 - t_1) - T_1 + \frac{V^2 w_1^2 SE}{24T_1^2}$$

$$K_2 = \frac{V^2 w_2^2 S E}{24}$$

Donde:

- T₂ = Tensión mecánica final del conductor (kg)
- T₁ = Tensión mecánica inicial del conductor (kg)
- E = Módulo de elasticidad (kg/mm²)
- S = Área de la sección transversal del conductor (mm²)
- α = Coeficiente de dilatación lineal (1/°C)
- t₁ = Temperatura inicial del conductor (°C)
- t₂ = Temperatura final del conductor (°C)
- V = Vano (m)
- w₁ = Peso del conductor (kg/m)
- w₂ = Peso del conductor más la carga de viento (kg/m)

Las tensiones a las que estarán sometidos los conductores y cable de guarda para los estados I, II y IV, fueron calculadas mediante la ecuación de cambio de estado, tomando como condiciones iniciales las correspondientes al estado III (EDS), considerando una tensión inicial del 22% de la tensión de rotura de los cables, siendo los resultados los que se indican en los anexos 3 y 4.

Las flechas de los conductores y cable de guarda fueron calculadas mediante la siguiente fórmula:

$$f = P \left(\cosh \frac{V}{2P} - 1 \right)$$

De donde:

- f = flecha del conductor (m)
- V = Longitud del vano en metros (x/2)
- P = Parámetro de la línea en metros

$$a = \frac{T}{w}$$

- T = Tensión a la que está sometido el conductor (kg)
- w = Peso del conductor (kg/m)

Los resultados del cálculo de flechas para los diferentes estados se indican en las tablas de los Anexos Nro. 3 y 4.

5.4. CARGAS A LAS QUE ESTÁN EXPUESTAS LAS ESTRUCTURAS-

Las estructuras están expuestas a cargas transversales, verticales y longitudinales, las que se detallan a continuación:

5.4.1. CARGAS TRANSVERSALES:

Presión del viento:

La línea Junín – Playa Prieta está diseñada para soportar presiones producidas por vientos de 60 km/hora, conforme lo exigen las Normas del ex INECEL para la Zona I.

La presión del viento sobre los conductores, cable de guarda y la estructura viene dada por la siguiente fórmula:

$$p_v = Kv^2$$

Donde: p_v = Presión del viento en kg/m^2

v = Velocidad del viento en km/h .

K = Constante que depende de la forma de la superficie expuesta al viento.

$K = 0,0048$ para superficies cilíndricas

$K = 0,0076$ para superficies planas

La carga que debe soportar la estructura está dada por la siguiente fórmula:

$$T_v = p_v L_v D F_s$$

T_v = Carga sobre la estructura debida al viento (Kg)

p_v = Presión del viento sobre el conductor (Kg/m^2)

L_v = Longitud del vano viento (m), que es igual a la semisuma de los vanos adyacentes

D = diámetro del conductor (m)

F_s = factor de seguridad

Carga angular:

Si una estructura se encuentra en un ángulo de línea, tendrá una carga debido a la tensión mecánica del conductor que es igual a:

$$T = 2T_0 \text{sen} \frac{\alpha}{2}$$

Donde: T_0 = Tensión de tendido del conductor.

α = ángulo de la línea.

5.4.2. CARGAS VERTICALES

Como cargas verticales se considera el peso del conductor, accesorios y amortiguadores, aplicados en los puntos de suspensión o retención de cada fase o hilo de guardia más el factor de seguridad para cargas normales. Adicionalmente se ha considerado para estructuras de suspensión un peso adicional en los conductores de 100 kg, correspondiente a un operario ubicado en los puntos considerados con sus herramientas, y 200 kg. para estructuras de retenida y terminal; para el caso del cable de guardia se ha considerado un valor de 100 kg, tanto para suspensión como retención.

El peso de los conductores, cable de guarda, aisladores, amortiguadores y herrajes, se calcula con la siguiente fórmula:

$$V = P_o L_p + V_1 + V_2$$

P_0 = Peso del conductor y del cable de guarda por unidad de longitud (Kg/m)

L_p = Longitud del conductor comprendido entre los puntos más bajos de los vanos adyacentes a la estructura. Este es el llamado vano peso en metros.

V_1 = Peso de los aisladores (kg)

V_2 = Peso de los herrajes y amortiguadores (kg)

5.4.3. CARGAS LONGITUDINALES

Sobre carga longitudinal para estructuras de suspensión

Se considera el esfuerzo producido por la rotura de un solo conductor o cable de guardia, aplicado en el punto de suspensión más desfavorable de dicho conductor.

Puesto que esta condición de rotura de un conductor es excepcional considerándose adicionalmente la reducción de este esfuerzo debido a la desviación de las cadenas de suspensión producida por la rotura de un conductor, el valor de esta carga considerada en los conductores de fase es del 50% de la tensión máxima del cable roto y en el cable de guarda el 60%, más el factor de seguridad correspondiente para cargas eventuales.

Para este efecto se considera la influencia del viento sobre los conductores en un valor de un cuarto del viento máximo.

Sobre carga longitudinal para estructuras de retención

Se considera el esfuerzo correspondiente a la rotura de un cable de guardia o de un conductor de fase, sin reducción alguna de su tensión mecánica máxima, aplicada en forma similar al de la estructura de suspensión más el factor de seguridad correspondiente para cargas eventuales.

Desequilibrio longitudinal para estructuras de suspensión

Estas cargas se deben a los comportamientos elásticos de los conductores y sus propiedades de dilatación térmica.

Su valor está determinado de acuerdo a la diferencia de longitudes de los vanos adyacentes a la estructura. Esto es, si los vanos adyacentes son iguales, no existirá carga longitudinal; pero si son diferentes, a medida que cambie la temperatura del conductor, la estructura deberá soportar un desequilibrio longitudinal. Se considera el valor del 20% de la tensión mecánica final de los conductores y cables de guardia.

Desequilibrio longitudinal para estructuras de retención terminales

Se considera un esfuerzo igual a las tracciones unilaterales máximas de todos los conductores e hilo de guardia, considerándose cada esfuerzo aplicados en cada uno de los puntos de sujeción de los conductores y cable de guardia.

5.4.4. FACTORES DE SEGURIDAD

Para el diseño mecánico de las torres metálicas autosoportantes a instalar en la línea, a las cargas descritas anteriormente se aplican los siguientes factores de seguridad:

Cargas debidas al viento:	1,5
Cargas verticales:	1,4
Sobre carga vertical:	1,2
Efecto de ángulo:	1.40
Sobrecarga longitudinal:	1.20
Desequilibrio longitudinal:	1.20
Terminal:	1.40

6. DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE SOPORTE.

6.1. CONSIDERACIONES GENERALES. -

Las estructuras, deberán ser capaces de sostener a los conductores, crucetas, aisladores, etc. y además resistir la acción de las fuerzas longitudinales, transversales y verticales ejercidas por los conductores, cables de guarda y la acción del viento.

Las estructuras en postes y las torres metálicas que se utilizarán fueron seleccionadas teniendo presente factores como el vano que deben soportar, el ángulo de la línea, condiciones del terreno, etc. Las estructuras están diseñadas para ofrecer la resistencia mecánica apropiada, la separación entre conductores y la distancia libre entre el suelo y el conductor más bajo.

Para este proyecto, y teniendo en cuenta todas estas consideraciones, se utilizan estructuras en un poste de hormigón con alturas de 18, 21 y 23 metros, y torres metálicas reticuladas, de conformidad a lo indicado en el plano y anexos.

El ángulo de apantallamiento, considerado es no mayor a los 30 grados

En los puntos de deflexión de la línea, las estructuras se hallan sujetas a una carga transversal adicional debida al ángulo de deflexión, para estos casos, a excepción de las estructuras autosoportantes (torres), se usarán tensores que contrarresten estos esfuerzos.

6.2. CONDICIONAMIENTO ELECTRICO

7.2.1 Distancia entre conductores

Los conductores de un mismo vano deberán mantener entre si una distancia definida por la siguiente expresión:

$$D_{ff} = k\sqrt{f + L_c} + \frac{kV}{150\delta} \quad \text{Donde:}$$

D_{ff} = Separación entre conductores en metros

k = 0,75 para separación vertical

0,65 para separación horizontal

f = Flecha final del conductor en metros, para la condición de máxima flecha.

L_c = longitud de la cadena de aisladores en metros, en caso de anclaje $L_c = 0$

kV = Voltaje entre fases (kV).

δ = densidad relativa del aire.

La flecha se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$f = a \left(\cosh\left(\frac{x}{2a}\right) - 1 \right) \quad \text{Donde: } a = \text{parámetro de ubicación}$$

x = longitud del vano

7.2.2. Distancia entre conductores y cables de guardia

La distancia vertical del cable de guardia al conductor más alto depende del ángulo de apantallamiento y viene dado por la siguiente fórmula:

$$D_{hg} = \frac{D_{fl}}{\operatorname{tg} \alpha} - L_c \quad \alpha = \text{ángulo de apantallamiento.}$$

7.2.3. Angulo de la cadena

Es el ángulo de desviación de la cadena (ϕ) y se calcula sólo para las estructuras de suspensión con cadenas de aisladores y no para las estructuras de retención o anclaje.

Para las estructuras utilizadas en este proyecto, dicho ángulo viene dado por la siguiente fórmula:

$$\operatorname{Tan} \phi = \frac{2T \operatorname{sen}\left(\frac{\alpha}{2}\right) + V_m P_h}{V_g P + \frac{P_c}{2}} \quad \text{Donde:}$$

- ϕ = Angulo de desviación de la cadena, grados
- T = Tensión en kg. correspondiente al vano regulador al cual pertenece la estructura, en el estado I.
- α = Angulo de la línea, grados
- V_m = Vano medio en m.
- P_h = $P_v \cdot d$ en kg./m, en donde:
- P_v = Presión del viento sobre el conductor en kg/m²
- d = Diámetro del conductor en m.
- V_g = Vano gravante en m.
- P = Peso unitario del conductor en kg/m
- P_c = Peso de la cadena de aisladores en kg

Cuando el valor de este ángulo, sea tal que la distancia a masa sea inferior a 48 cm., en la condición más desfavorable, se tiene que cambiar de estructura y utilizar aisladores tipo LINE POST o hacerle una estructura tipo retención.

Los resultados del cálculo se indican en el anexo Nro. 6.

7.2.4. Distancia del conductor a masa

La distancia mínima de los conductores a masa, tomando en consideración el ángulo de la cadena, se determina por:

$$D_c = 0.1 + \frac{V_{ff}}{150}$$

En donde V_{ff} es la tensión nominal entre fases en kV

7.2.5. Distancia de los conductores al suelo

La distancia mínima del conductor al suelo viene determinada por:

$$D_s = 6 + \frac{V_{ff}}{150}$$

Donde: D_s = Distancia mínima al suelo
 V_{ff} = Voltaje entre fases (69 kV)

Para el presente proyecto se ha considerado que la altura de las estructuras sea la necesaria para que los conductores con su máxima flecha vertical, queden situados por encima de cualquier punto del terreno a una altura mínima de 7 m.

Además, las estructuras están diseñadas para que los conductores con su máxima flecha, queden situados por encima de cualquier punto del terreno, a una altura de:

Cruce de carreteros y/o calles principales:	10,00 m
Cruce por caminos de primer orden:	9,00 m
Cruce por bananeras y cultivos de cacao:	8,50 m
Cruce por cultivos de Caña:	9,00 m
Cruce zonas inundables:	8,50 m

7.2.6. Distancia vertical de separación en cruces con líneas eléctricas

La línea de menor tensión será considerada de baja tensión, es decir que la línea de subtransmisión a 69 kV deberá pasar siempre por encima de los alimentadores primarios a 13.8 kV y bajo la línea de transmisión a 230 kV.

La distancia mínima vertical entre los conductores de las líneas en el punto de cruce, en las condiciones más desfavorables, no deberá ser inferior a:

$$Dv = 1.5 + (KV_s + KV_i)/170 \text{ [m]}$$

Dv= Distancia vertical entre conductores en el cruce

KVs= Voltaje de la línea superior (KV)

KVi= Voltaje de la línea inferior (KV)

La distancia vertical para las condiciones más desfavorables, se considera para el cable superior, la flecha para máxima temperatura; y para el cable inferior, la flecha de mínima temperatura.

En aplicación a lo indicado, en el cruce de la línea a 138 KV con la línea a 69 KV, el valor mínimo considerado es de 2,75 m; para los cruces con la actual línea antes de que se realice el desmontaje será de 2,31 m; y para los cruces con las líneas de distribución de 13.8 KV, la distancia mínima de seguridad es de 2,00 m.

7.2.7. Distancia mínima a construcciones.-

La distancia mínima horizontal que debe existir en las condiciones más desfavorables entre los conductores de la línea y construcciones, será de acuerdo a la REGULACIÓN No. CONELEC 002/10, esto es 2,85 metros como mínimo.

7.2.8. Aproximación con árboles.-

La distancia entre partes bajo tensión y árboles situados debajo y lateralmente a la línea, en los cuales existe la posibilidad de escalamiento por trabajos de explotación (por ejemplo frutales), deben alcanzar por lo menos a 3,7 metros con conductores inclinados con viento.

La distancia entre las partes bajo tensión de la línea y árboles situados por debajo y lateralmente a la línea, en los cuales no exista la posibilidad de acceso por trabajos de explotación, debe alcanzar por lo menos los siguientes valores: 2,7 metros para árboles debajo de conductores no inclinados y 1,2 metros para árboles al costado y conductores inclinados.

7.3. SELECCION DE ESTRUCTURAS

Se puede decir que la estructura es adecuada, cuando ésta ofrezca la resistencia mecánica apropiada, las separaciones entre conductores y la distancia libre al suelo del conductor inferior requeridas, para el conductor y vano dados y, cuando los aisladores escogidos provean el aislamiento más correcto.

Los tipos de estructuras fueron seleccionados considerando la distancia mínima de seguridad al suelo, los esfuerzos producidos sobre cada estructura, alturas del punto de amarre, levantamiento topográfico del perfil longitudinal del terreno, vanos de diseño y los ángulos de deflexión de la línea.

7.3.1. ESTRUCTURAS METÁLICAS RETICULADAS (TORRES)

Los tipos de estructuras metálicas autosoportantes (torres) usadas para este tipo de línea, se consideran los siguientes:

Suspensión liviana (SL).- A usarse para sitios en alineación y ángulos hasta de 2° , destinadas a mantener el conductor dentro de cada una de las alineaciones a la altura requerida.

Suspensión pesada (SP).- Para sitios en alineación cuyas solicitaciones no se pueden cumplir con las torres de suspensión liviana, pudiendo ser utilizadas en ángulos de hasta 6° .

Anclaje liviano (AL).- Para ser usada en sitios donde el ángulo de deflexión de la línea está entre 7° y 25° .

Anclaje pesado (AP).- Para ser usada en sitios donde el ángulo de deflexión de la línea es mayor a 25° .

La definición del tipo de estructuras es determinada por los siguientes parámetros:

- Vano viento
- Vano peso
- Vano adyacente
- Ángulo de la línea
- Ángulo de inclinación de la cadena.

En base a lo indicado, se procedió a la selección de los tipos de estructuras (torres) a utilizar en la línea Junín – Playa Prieta, determinando el uso de las indicadas en los planos de los anexos 22 y 23. En las tablas del Anexo Nro. 8, se indica las cargas a las que están sometidas cada uno de los tipos de estructuras.

En el Anexo Nro. 24 se incluyen los planos de la geometría de las estructuras metálicas a utilizar y de las cargas que deben soportar. Para la elaboración del presupuesto, el rubro para las torres metálicas incluye el diseño mecánico, construcción y montaje, que deberá considerar el constructor de la línea. Adicionalmente, el constructor deberá realizar el diseño definitivo de las fundiciones para las torres metálicas, cuya cimentación se sugiere sea del tipo "pila" para los vanos largos y tipo monobloque para las torres en vanos cortos.

7.3.2. ESTRUCTURAS EN POSTES

Para la línea a 69 kV Junín – Playa Prieta se instalarán los siguientes tipos de estructuras:

Estructuras de suspensión: Son empleadas en alineaciones y sirven únicamente para sostener los conductores y cable de guarda.

Estructuras en ángulo: Son empleadas en los vértices de los ángulos que forman dos alineaciones y sirven para sostener los conductores y cable de guarda.

Estructuras de anclaje: Son empleadas para limitar los esfuerzos longitudinales de carácter excepcional.

Estructuras terminales: Son empleadas para resistir los esfuerzos de todos los conductores y el cable de guarda, en sentido longitudinal.

En los planos se indica el tipo de estructuras utilizadas para este proyecto, siendo el resumen el que se indica a continuación.

TIPO
ETN-3LS
ETN-3BD
ETN-3BA60
ETN-3BD90
ETN-3SS
ETN-3SA5
ETN-3HS
ETN-3HD

DISEÑO DE UBICACIÓN DE ESTRUCTURAS.

Los tipos de estructuras fueron seleccionados considerando la distancia mínima de seguridad al suelo, los esfuerzos producidos sobre cada estructura, alturas del punto de amarre, levantamiento topográfico del perfil longitudinal del terreno, vanos de diseño y los ángulos de deflexión de la línea.

Con las consideraciones de las geometrías de las estructuras tipo, alturas mínimas de los conductores al suelo, ángulos de deflexión de la línea, distancias eléctricas entre conductores y a masa, alturas de las estructuras al punto de amarre, esfuerzos mecánicos considerados en el diseño, vanos reguladores, planos del levantamiento topográfico longitudinal a lo largo del eje, consideraciones de viento y temperatura máxima y distancias mínimas de seguridad en cruces con líneas eléctricas existentes, se ha procedido a realizar mediante la utilización

de la ecuación de cambio de estado, el diseño de ubicación de estructuras, cuyo detalle, se presenta en los planos de los anexos 22 y 23.

8.1. DISTANCIAS DE SEGURIDAD. -

La altura de las estructuras y su ubicación, será la necesaria para que los conductores con su máxima flecha vertical, no puedan ser accesibles sin medios especiales desde el suelo, viviendas ni otros lugares generalmente accesibles a las personas; es decir, que se debe cumplir con las distancias mínimas de seguridad, siendo las que a continuación se detallan.

Para la determinación de las distancias de seguridad se considera la zona 1, por cuanto el recorrido de la línea es sobre terrenos que están a alturas inferiores a 1000 metros sobre el nivel del mar.

8.2. LOCALIZACIÓN DE ESTRUCTURAS EN EL PLANO.

Para la localización de las estructuras en el perfil, se dibujaron las catenarias, las que luego se pasaron sobre el perfil con el objeto de realizar la distribución de las mismas, utilizando las escalas 1:2500 horizontal y 1:500 vertical.

Las catenarias se elaboran para cada vano regulador, considerando la máxima flecha que puede tomar el conductor (curva máxima), que corresponde al estado IV, con lo cual se definirá la altura mínima que quedará entre el conductor y el suelo.

Una vez ubicados todos los puntos de apoyo, con el objeto de determinar que no se tengan tiros hacia arriba en las estructuras ubicadas en las partes bajas del perfil, se elabora la catenaria con la curva de mínima flecha o curva fría, correspondiente a las condiciones del estado I, la cual se coloca entre cada tres apoyos (dos vanos) y se verifica que esta curva no esté sobre el apoyo intermedio.

En el Anexo Nro. 5 se indica el tipo de estructuras a ser utilizadas, altura de postes, la altura al punto de amarre en caso de torres metálicas, así como la cantidad de tensores y amortiguadores.

En los planos del Anexo Nro. 22 se muestran las estructuras en planta con la ubicación georeferenciada en en coordenadas UTM referidas al sistema WGS84, y en los planos del Anexo Nro. 23 se muestra la distribución de las estructuras en el perfil.

8.3. ALTURAS DE LOCALIZACIÓN.

Como altura de localización, se puede definir a la altura desde el nivel del suelo hasta el punto de amarre del conductor de la fase más baja.

Adicionalmente, para postes se tienen las siguientes definiciones, las que son de utilidad en los diferentes cálculos:

a.) Altura de empotramiento (Em).- Se define como:

$$Em = (h/10) + 0.5 \quad [m]$$

donde h es la altura total del poste en metros.

b.) Distancia vertical desde la punta hasta el conductor más bajo (dv).- Esta altura depende del tipo de la estructura, además depende de la configuración del circuito, pudiendo ser éste, horizontal, vertical o triangular.

c.) Altura útil h_1 .- Se define como:

$$h_1 = h - Em - dv$$

donde:

- h = altura total del poste [m].
- Em= empotramiento, definido anteriormente [m].
- dv = distancia vertical desde la punta, hasta el conductor más bajo [m].

8.4. PARÁMETROS DE LOCALIZACIÓN

Para la localización de las estructuras, se dibujaron catenarias en Autocad con el objeto de realizar la distribución de las estructuras, y de trazar la catenaria del conductor en el plano, a la misma escala utilizada para el perfil longitudinal, es decir:

La ubicación de estructuras en el plano se realizó con catenarias dibujadas para cada vano regulador, para las siguientes curvas:

8.4.1. Curva de máxima flecha

Esta curva, define la flecha máxima que puede tomar el conductor en el estado IV; además, define la altura mínima del conductor al suelo. Dicha curva se basa en las siguientes condiciones para el cálculo de la ecuación de cambio de estado:

- Estado III o estado de partida.
- Estado IV o estado final.

La tensión mecánica inicial o de partida será igual al 22% de la tensión de rotura.

Para el diseño de esta línea, se dibujaron plantillas para cada uno de los vanos reguladores, en base a la ecuación de la catenaria, que es la que determina la flecha:

$$f = a \left(\cosh \frac{V}{2a} - 1 \right)$$

De donde:

f = flecha del conductor (m)

V = Longitud del vano en metros (x/2)

a = Parámetro de la línea en metros

$$a = \frac{T}{P}$$

T = Tensión en el estado IV para los diferentes vanos (kg)

P = Peso del conductor (kg/m)

8.4.2. Curva de distancia mínima al suelo

Esta curva se traza paralela a la curva flecha máxima a una distancia vertical de 7 metros, con el fin de verificar que el conductor que a una altura no menor a los 7 metros.

8.4.3. Curva flecha mínima o curva fría. -

Las condiciones para elaborar esta curva por medio de la ecuación de cambio de estado son:

Estado III o estado de partida.

Estado I o estado final.

La tensión de partida T_1 será igual al 25% de la tensión de rotura.

Esta curva se utilizó para comprobar que los conductores en estructuras de suspensión no tengan tiros hacia arriba, para lo cual se ubica la esta catenaria en los soportes entre dos vanos.

8.5. VANOS MEDIO, GRAVANTE Y REGULADOR. -

8.5.1. Vano Medio. -

Es la media aritmética de los vanos adyacentes, y se calcula por:

$$V_m = \frac{V_a + V_b}{2}$$

Donde: V_m = Vano medio (m)

V_a = Vano anterior (m)

V_b = Vano posterior (m)

8.5.2. Vano Regulador. -

Generalmente entre dos soportes de retención o anclaje se ubican otras estructuras de suspensión, formando un tramo de línea.

Es posible encontrar un vano regulador teórico, que empleado en el cálculo, permite que las tensiones horizontales del conductor, en cada una de las estructuras de suspensión, tiendan a ser iguales, de tal manera que en dichas estructuras de suspensión se mantengan verticales las cadenas de suspensión.

El vano regulador viene dado por la expresión:

$$V_r = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n V_i^2}{\sum_{i=1}^n V_i}}$$

En las tablas del Anexo Nro. 6 se indican los vanos reguladores calculados para cada tramo, así como las tensiones para estos.

8.5.3. Vano Gravante o Vano Peso

Es la longitud del conductor o cable de guardia que debe considerarse para determinar el efecto de su peso sobre el soporte, representa la distancia horizontal que hay entre los vértices de las catenarias de los vanos contiguos al apoyo.

El vano gravante para estructuras de suspensión se calcula mediante:

$$V_g = V_m + P \left(\frac{H_a}{V_a} + \frac{H_b}{V_b} \right)$$

Siendo: V_g = Vano gravante

V_m = Vano medio

P = Parámetro en frío del tramo

H_a = Diferencia de altura entre los puntos de amarre del conductor de la estructura y su contigua anterior

H_b = Diferencia de altura entre los puntos de amarre del conductor de la estructura y su contigua posterior

Para estructuras de retención y terminales, se deben considerar los vanos gravantes hacia adelante y atrás:

$$V_{ga} = \frac{V_a}{2} + P_a \left(\frac{H_a}{V_a} \right)$$

$$V_{gb} = \frac{V_b}{2} + P_b \left(\frac{H_b}{V_b} \right)$$

$$V_g = V_{ga} + V_{gb}$$

Donde: Vga = Vano atrás

Vgb = Vano adelante

Vg = Vano gravante total

8.6. CÁLCULO DE TENSIONES MECÁNICAS Y FLECHAS PARA TENDIDO. -

En base a los vanos reguladores, se procedió a calcular las tensiones mecánicas y flechas para el tendido de conductores. El cálculo se realizó para diferentes temperaturas y los resultados se indican en los cuadros del Anexo Nro. 9.

9 DETERMINACIÓN DEL ESFUERZO ÚTIL DE LOS POSTES

9.1. HIPÓTEISIS DE CARGAS

Para este cálculo se consideran las siguientes hipótesis de cargas, establecidas por las normas:

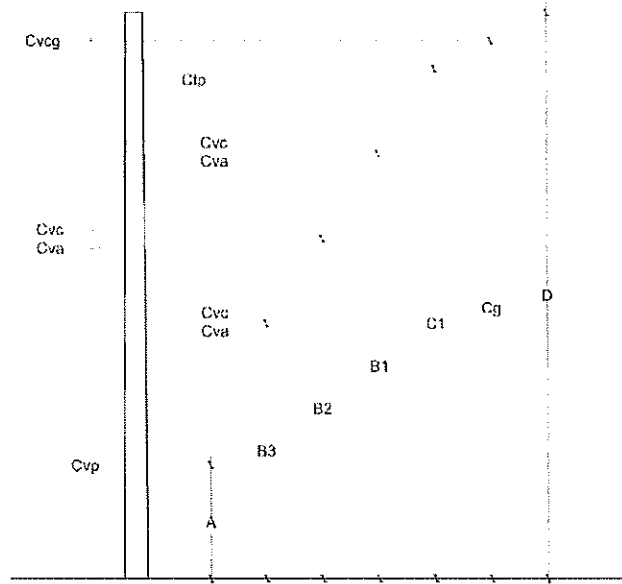
Hipótesis 1A (normal).- Carga del viento máximo perpendicular a la dirección de los conductores, sobre las estructuras, crucetas, accesorios, aisladores y sobre una longitud de conductores y cable de guarda igual a la semisuma de los vanos adyacentes.

Hipótesis 1B (normal).- Carga del viento en la dirección de los conductores, sobre el soporte, crucetas, accesorios, aisladores y cargas debido al desequilibrio longitudinal.

9.2. CALCULO DE ESFUERZOS TRANSVERSALES

9.2.1. Estructuras de alineación

Hipótesis 1A (Normal): Carga del viento máximo perpendicular a la dirección de los conductores, sobre las estructuras (postes), crucetas, accesorios, aisladores y una longitud de conductores y cable de guarda igual a la semisuma de los vanos adyacentes. Los parámetros influyentes en el cálculo del esfuerzo útil por hipótesis 1A, se muestran en el esquema simplificado de la siguiente figura.



Donde:

- C_{vcg} = Carga del viento en el cable de guarda, kg
 - C_{tp} = Carga transversal del poste (EU), kg
 - C_{va} = Carga del viento en la cadena de aisladores, kg
 - C_{vc} = Carga del viento en los conductores de fase, kg
 - C_{vp} = Carga del viento sobre el poste, kg
 - A = Distancia desde el suelo al centro de gravedad del poste, m
 - B_i = Distancia desde el suelo hasta la fase "i" (m). $i = 1, 2, 3$
 - C_g = Distancia desde el suelo hasta el cable de guarda, m
 - D = Distancia desde el suelo hasta la punta del poste, m
 - C_1 = Distancia desde el suelo hasta el punto donde se produce el esfuerzo útil (EU), m
- El valor de "A", se calcula con la siguiente fórmula:

$$A = (D/3) \frac{2A_1 + A_2}{A_1 + A_2}$$

En donde:

- A_1 = ancho del poste en la punta, m. Este es un dato del fabricante.
- $A_2 = (\text{conicidad} * D/1000 + A_1)$, m.

La conicidad está dada en mm/m

Planteando momentos respecto al punto de empotramiento y despejando el esfuerzo útil, se tiene para la hipótesis A:

$$EU_{1,A} = \frac{LP_r (d_c B + d_g C_g) + C_{va} B + P_{vp} S_p A}{C_1} \quad (\text{kg})$$

Donde:

- $B = B_1 + B_2 + B_3$, m
 $L =$ Vano medio, m
 $EU =$ Esfuerzo útil, kg
 $d_c =$ Diámetro del conductor, m
 $d_g =$ Diámetro del cable de guarda, m
 $P_v =$ Presión del viento sobre los conductores e hilo de guarda, kg/m².
 $P_{vp} =$ Presión del viento sobre el poste, kg/m²
 $P_v = 0,0048v^2$ $P_{vp} = 0,0076v^2$
 $S_p =$ Superficie equivalente del poste, m²
 $S_p = (D/2) (A_1 + A_2)$

Si N_{pos} es el número de postes y N_{cg} el número de cables de guarda, la misma fórmula anterior se puede emplear en forma generalizada, para las estructuras de 2 o más postes, tomando la siguiente forma:

$$EU_{1A} = \frac{LP_v (d_c B + N_{cg} d_g C_g) + C_{va} B + N_{pos} P_{vp} S_p A}{N_{pos} C_1} \quad (\text{kg})$$

9.2.2. Estructuras en ángulos

Hipótesis 2A (Normal): Carga resultante de los tiros máximos de los conductores y cable de guarda y simultáneamente, en la dirección de esta resultante, carga del viento sobre los soportes (postes), crucetas, accesorios, aisladores y sobre una longitud de conductores y cable de guarda igual a la semisuma de los vanos adyacentes.

En este caso la fórmula de cálculo es la siguiente:

$$EU_{2A} = \frac{LP_v (d_c B + N_{cg} d_g C_g) + C_{va} B + 2BT_c \text{sen}(\alpha / 2) + 2C_g T_g \text{sen}(\alpha / 2) + N_{pos} P_{vp} S_p A}{N_{pos} C_1} \quad \text{En}$$

donde:

- $T_c =$ Tensión crítica en los conductores
 $T_g =$ Tensión crítica en los cables de guarda
 $\alpha =$ Ángulo de la línea

Debido a que el poste presenta una cara ancha y una angosta, el esfuerzo útil definido por las ecuaciones anteriores, influye en su compra. Si el poste es usado con su cara angosta en la dirección transversal al eje de la línea, el poste se comprará con un esfuerzo útil igual al

definido por las ecuaciones anteriores; mientras que, si se lo utiliza con su cara ancha, se comparará con un valor igual al anterior dividido para 0,6.

9.3. CALCULO DE ESFUERZOS LONGITUDINALES

9.3.1. Estructuras de alineación

Hipótesis 1B (Normal): Carga del viento en la dirección de los conductores, sobre el poste, crucetas, accesorios, aisladores y cargas debido al desequilibrio longitudinal. El desequilibrio longitudinal es el 8% de las tracciones máximas para estructuras autosoportantes y 2% para estructuras no autosoportantes; para el cálculo se consideran como estructuras autosoportantes.

Para estructuras de suspensión en alineación se aplican la siguiente fórmula:

$$EU_{1B} = \frac{0.08BT_c + 0.08N_{cg}C_gT_g + N_{pos}P_{vp}S_pA}{N_{pos}C1}$$

En donde:

Tc = Tensión crítica en los conductores

Tg = Tensión crítica en los cables de guarda

9.3.2. Estructuras en ángulos

Hipótesis 2B (Normal): Carga resultante de los tiros máximos de los conductores y cable de guarda y cargas debidas al desequilibrio longitudinal y simultáneamente, en la dirección normal a esta resultante, carga del viento sobre los soportes (postes), crucetas, accesorios, aisladores.

Para estructuras de suspensión en ángulo, se aplica la siguiente fórmula:

$$EU_{2B} = \frac{2BT_c \text{sen}(\alpha / 2) + 2C_gT_g \text{sen}(\alpha / 2) + 0.08BT_c + 0.08N_{cg}C_gT_g + N_{pos}P_{vp}S_pA}{N_{pos}C1}$$

Debido a que se utilizarán tensores, se considera el 20% de la tensión crítica de los conductores y cable de guarda.

9.3.3. Estructuras de anclaje.

Hipótesis 3B (Normal): Carga del viento en la dirección de los conductores, sobre el poste, crucetas, accesorios, aisladores y cargas debido al desequilibrio longitudinal. El desequilibrio longitudinal es el 60% de las tracciones máximas para estructuras autosoportantes y 30%

para estructuras no autosoportantes. Debido a que no se utilizarán tensores, se considera un desequilibrio del 60%.

Para calcular el esfuerzo longitudinal se encuentran tensiones equivalentes resultantes, las mismas que actuarán en el sentido longitudinal de la línea. Para su determinación se usa el siguiente diagrama de fuerzas, en donde:

O-O' = Es un eje referencial, sobre el que actúa la resultante de las fuerzas longitudinales, que corresponde a la altura de sujeción del tensor.

a1 = Distancia desde el conductor de la fase B3, hasta el punto de sujeción del tensor (eje O-O'), en m.

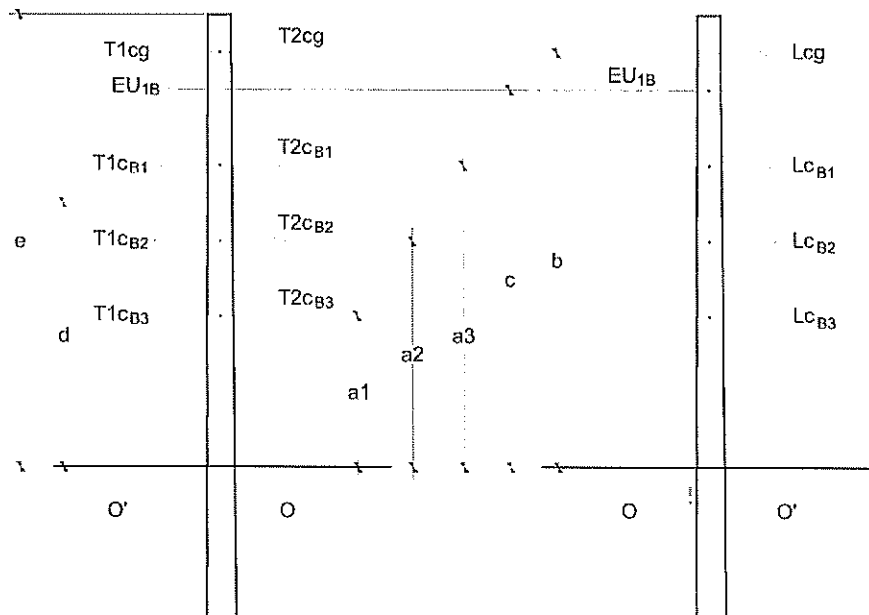
a2 = Distancia desde el conductor de la fase B2, hasta el eje O-O', en m.

a3 = Distancia desde el conductor de la fase B1, hasta el eje O-O', en m.

b = Distancia desde el cable de guarda, hasta el eje O-O', en [m].

c = Distancia desde el punto donde se produce el esfuerzo útil, hasta el eje O-O' en m.

d = Distancia al centro de gravedad del poste sobre el punto de sujeción del tensor, m.



Lcg y Lcf se definen como:

$$L_{cg} = Ta_{cg} - Tb_{cg} = K T_{m\acute{a}x\ cg}$$

$$L_c = Ta_c - Tb_c = K T_{m\acute{a}x\ cf}$$

donde:

- $T_{m\acute{a}x\ c}$ y $T_{m\acute{a}x\ cg}$ son las tensiones máximas calculadas para el vano regulador en el estado más crítico, tanto para los conductores de fase, como para el cable de guarda.

- K = 0,6 para estructuras autosoportantes y 0,3 para estructuras no autosoportantes

Tomando momentos respecto al punto "o", y despejando el esfuerzo útil se tendrá:

$$EU_{3B} = \frac{L_{cB1}a1 + L_{cB2}a2 + L_{cB3}a3 + N_{cg}L_{cg}b + N_{pos}P_{vp}S_p d}{N_{pos}c}$$

El cálculo de los esfuerzos útiles de los postes, se los realiza siguiendo la metodología descrita y los resultados, se encuentran tabulados en el Anexo Nro. 7.

9.4. DIAGRAMA DE CARGAS PARA ESTRUCTURAS METALICAS

Para cada uno de los tipos de estructuras metálicas a utilizarse en esta línea se procedió a calcular las cargas verticales, transversales y longitudinales a las que estarán sometidas, para las siguientes hipótesis:

- Hipótesis Normal: Viento máximo a 90°
- Hipótesis Normal: Viento máximo a 45°
- Hipótesis Normal: Viento máximo a 0°
- Hipótesis: Sobrecarga vertical
- Hipótesis: Rotura de cable de guardia
- Hipótesis: Desequilibrio longitudinal

Los resultados se indican en el Anexo Nro. 8. Estas cargas deben ser consideradas por el fabricante de las estructuras metálicas.

9.5. AMORTIGUAMIENTO EOLICO

Con el fin de prevenir los posibles daños a los cables por las vibraciones eólicas, es necesario instalar amortiguadores que tienen por objeto que al presentarse vibraciones estas sucedan ininterrumpidamente. El principio de casi todos los tipos es el de introducir un elemento diferente en una cuerda homogénea, con lo cual el movimiento armónico simple se rompe; también es posible utilizar el golpe directo en la onda vibratoria cuando la elasticidad del amortiguador lo permite, como es el caso de los del tipo Stockbridge que es el más utilizado, considerado en el presente proyecto.

Para el presente estudio, se considera la instalación de un amortiguador por conductor y cables de guarda para vanos entre 300 metros y 500 metros. Para vanos superiores a 500 metros se colocarán dos amortiguadores por cable. Los amortiguadores se colocarán en los dos extremos del vano.

10. CÁLCULO PUESTA A TIERRA.

10.1. RESISTIVIDAD DEL SUELO

Las propiedades eléctricas del suelo son en sí mismas de interés e importancia, tal es el caso de la resistividad, factor determinante en la resistencia de cualquier electrodo a tierra. Es también de interés el estudio de la resistividad en sí mismo y en la forma en que esta varía, con el propósito de obtener la información necesaria de la naturaleza del subsuelo.

Los principales factores que determinan la resistividad del suelo son:

- Tipo de suelo.
- Composición química de las sales disueltas.
- Contenido de humedad.
- Efecto de la temperatura.
- Tamaño y distribución del grano del material.
- Compactación y Presión.

Para el diseño de la puesta a tierra, se efectuaron mediciones de la resistividad a lo largo del eje de la línea, obteniéndose de esta forma una gráfica de la resistividad del terreno en función de la distancia. Los valores de las mediciones realizadas se indican en el Anexo Nro. 11 y la curva del perfil de resistividad en el Anexo Nro. 12.

10.2. RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA. -

La estructura física de los electrodos de una toma a tierra puede presentar diferentes configuraciones, según sea el caso. Puede constar de una placa enterrada o una varilla hincada en el terreno, o de un conjunto de varillas enterradas e hincadas en el terreno. Los conductores de conexión a tierra serán de cobre desnudo, semiduro, calibre No. 2 AWG.

De acuerdo a las normas del ex INECEL, se debe limitar la resistencia de puesta a tierra a 20 Ω como máximo¹. Para lograr tal objetivo, y debido a los diferentes valores de la resistividad del terreno, se utilizará las diferentes disposiciones de toma a tierra, para conseguir dicha resistencia exigida por la norma.

10.3. DISPOSICIÓN Y CÁLCULO DE LA PUESTA A TIERRA

Los tipos más utilizados de puesta a tierra son:

- Varillas verticales.

¹ Capítulo IV, numeral IV.8, párrafos 3 y 5.

- Contrapeso o antena.
- Varilla verticales y malla con conductor de cobre.

Se seleccionará uno de estos tipos de puesta a tierra, de acuerdo al valor obtenido de resistividad durante las mediciones realizadas.

10.3.1. Varillas verticales

El valor de la resistencia de puesta a tierra se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$R = \frac{\sigma}{2\pi L} \ln \frac{2L}{A} \quad \text{Siendo:}$$

R = Resistencia de puesta a tierra en ohmios (Ω)

σ = Resistividad en ohmios.m ($\Omega \cdot m$)

L = Longitud de la varilla en m.

A = Radio equivalente de la varilla en m.

En las siguientes figuras se presentan las diferentes combinaciones que se pueden dar:

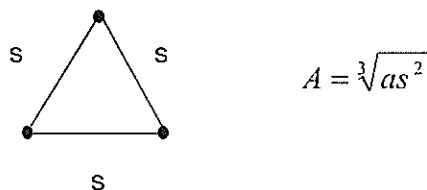
Una sola varilla:

$$A = a$$

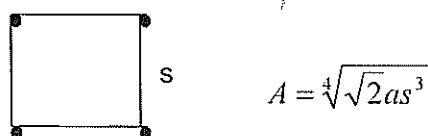
Dos varillas:



Tres varillas:



Cuatro varillas:



$$A = \sqrt[n]{aS_{12}S_{14}S_{42} \dots S_{1n}}$$

10.3.2. Contrapeso o antena. -

$$R = \frac{\sigma}{\pi L} \left(\ln \frac{2L}{\sqrt{4ad}} - 1 \right)$$

Para $d \ll L$, donde:

L = Longitud del conductor en m.

a = Radio del conductor en m.

d = Profundidad de enterramiento en m.

El conductor a utilizarse para este sistema de puesta a tierra de cobre desnudo, 7 hilos, calibre 2 AGW, enterrado a una profundidad no menor a 50 cm.

10.3.3. Configuración en Anillo (malla). -

Válida para una profundidad mayor a 0,5 metros

$$R = \frac{\sigma}{6.6D} \ln \frac{4D}{r}$$

Siendo:

D = Diámetro del anillo (m)

r = Radio del conductor del anillo (m)

Para este tipo de puesta a tierra se utilizará conductor de cobre desnudo, 7 hilos, calibre 2 AGW, enterrado a una profundidad no menor a 50 cm.

10.4. Sistema de puesta a tierra a utilizar. -

El cable de guarda y las estructuras serán puestas a tierra, para lo cual se utilizará conductor de cobre desnudo, semiduro, calibre No. 2 AWG, varillas copperweld de 2,40 m de longitud por 5/8" de diámetro.

El conductor de cobre desnudo será de 7 hilos, tipo semi duro, calibre # 2 AWG, será fabricado en base a las normas ASTM B2, B3 y B8 o similares.

Las varillas copperweld estarán protegidas contra la oxidación por una capa exterior de cobre permanentemente fundida al alma de acero de 254 micras de espesor; el conductor de cobre se acoplará a las varillas mediante el uso de suelda exotérmica tipo cadweld plus 45 cuyas especificaciones se indican en el Anexo Nro. 13.

Se deberá verificar que la resistencia de puesta a tierra a pie de cada estructura, utilizando los materiales indicados, no sobrepase el valor de 20 ohmios. De requerirse, en la construcción

se podrá incrementar el número de varillas, si es que la resistividad es muy elevada o en su defecto se pueden agregar productos químicos.

El Anexo Nro. 11 muestra los valores obtenidos de la medición de la resistencia en aquellos puntos que se ha considerado que el terreno presenta variaciones significativas.

El Anexo Nro. 12 que contiene el Perfil de Resistividad del Terreno, nos hace observar que la resistividad no es uniforme a lo largo de la ruta de la línea, teniendo valores superiores en ciertos sitios.

En el cuadro del Anexo Nro. 13 se presenta los valores calculados de resistencia de puesta a tierra para diferentes opciones, seleccionando para su instalación, el sistema que resulte un valor menor a 20 ohmios.

10. PRESUPUESTO REFERENCIAL Y CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN.

10.1. ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Para la elaboración del presupuesto se procedió a determinar los rubros necesarios para la construcción de la línea objeto del estudio, en base del cual se realizó el análisis de precios correspondiente.

Para cada uno de los rubros se indica los materiales que se deben utilizar, indicando en el análisis de precios una descripción simplificada y en el anexo No. 14A adjunto al presente estudio se indica con mayor detalle.

En los análisis de precios se establecen los materiales requeridos para cada rubro, las herramientas, equipos, personal y los costos indirectos que considera el costo del Jefe de Proyecto y los Residentes de Obras.

En los Anexos Nro. 14 se muestran los Análisis de Precios Unitarios realizados tanto para las obras civiles como para el montaje electromecánico.

10.2. PRESUPUESTO REFERENCIAL

El presupuesto referencial para la construcción del proyecto considera las obras civiles, montaje electromecánico, pruebas, Plan de Manejo Ambiental, Supervisión y Fiscalización

**CORPORACION NACIONAL DE ELECTRICIDAD. UNIDAD DE
NEGOCIO MANABI - CNEL MANABI**
ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA LINEA DE SUBTRANSMISIÓN A 69 KV JUNIN - PLAYA
PRIETA

PRESUPUESTO REFERENCIAL

Item	Descripción	Unidad	Precio Unitario USD	Cantidad	Precio Total USD
1	Replanteo de estructuras para postes y estacamiento	U	55,82	179	9.991,78
2	Replanteo de bases para torres metálicas y cuadratura	U	214,51	17	3.646,67
3	Apertura de caminos de acceso	km	592,03	4	2.368,12
4	Desbroce, desbosque y limpieza de franja de servidumbre	km	479,53	10	4.795,30
5	Conformación de terrazas para bases de torres metálicas	U	144,80	17	2.461,60
6	Excavación para torres metálicas en material sin clasificar	m3	15,21	359	5.460,39
7	Excavación manual con explosivos para torres metálicas en roca	m3	107,35	22	2.361,70
8	Desalojo de material sobrante de excavación para torres metálicas	m3	6,24	359	2.240,16
9	Sustitución de suelo con material de mejoramiento para torres metálicas. Material sub base clase 3	m3	29,42	250	7.355,00
10	Hormigón simple f'c=210 kg/cm2	m3	254,06	248	63.006,88
11	Hormigón simple f'c=140 kg/cm2 para repantillo	m3	204,85	11	2.253,35
12	Acero de refuerzo f'y= 4200 Kg/cm2	kg	2,45	7.581	18.573,45
13	Relleno y compactación de postes con material sub base clase 3	m3	28,24	823	23.241,52
14	Estructura tipo ETN-3LS, incluye accesorios para cable OPGW	U	1.810,36	119	215.432,84
15	Estructura tipo ETN-3BD, incluye accesorios para cable OPGW	U	4.971,39	14	69.599,46
16	Estructura tipo ETN-3BR, incluye accesorios para cable OPGW	U	1.884,90	1	1.884,90
17	Estructura tipo ETN-3SS, incluye accesorios para cable OPGW	U	2.009,01	4	8.036,04
18	Estructura tipo ETN-3SA5, incluye accesorios para cable OPGW	U	2.009,01	1	2.009,01
19	Estructura tipo ETN-3BA60, incluye accesorios para cable OPGW	U	1.651,37	1	1.651,37
20	Estructura tipo ETN-3BD90, incluye accesorios para cable OPGW	U	3.484,15	3	10.452,45
21	Estructura tipo ETN-3HS, incluye accesorios para cable OPGW	U	2.768,22	9	24.913,98
22	Estructura tipo ETN-3HD, incluye accesorios para cable OPGW	U	4.736,53	13	61.574,89
23	Conjunto de doble retención (aisladores y accesorios) para torres, 3 fases y cable OPGW	U	3.355,89	14	46.982,46
24	Conjunto de suspensión (aisladores y accesorios) para torres, 3 fases, 3 fases y cable OPGW	U	1.393,64	2	2.787,28
25	Tensor a tierra simple. TAN-0TS	U	188,94	8	1.511,52
26	Tensor a tierra doble. TAN-0TD	U	293,92	89	26.158,88
27	Puesta a tierra con una varilla Copperweld	U	100,83	25	2.520,75
28	Puesta a tierra con dos varillas Copperweld	U	162,76	75	12.207,00
29	Puesta a tierra con tres varillas Copperweld	U	224,06	47	10.530,82

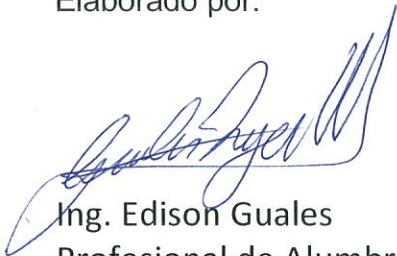
30	Puesta a tierra con cuatro varillas Copperweld	U	289,37	29	8.391,73
31	Puesta a tierra con contrapeso con 40 m. de cond. Cu. 2 AWG. Incluye excav. y compactación	U	365,39	1	365,39
32	Malla tierra con 8 var. Copper., 40 m cond. de Cu, cambio de suelo. Incluye excavación y compactación	U	728,13	1	728,13
33	Conduct. Al. ACAR 750 MCM, incluye sumin., transp, tendido, regul. y engrampado	km	6.857,54	71,00	486.885,34
34	Cable OPGW 24 fibras tipo ITU-T-G 652, incluye sumin. transp, tendido, regul. y engrampado	km	913,56	23,20	21.194,59
35	Cable de fibra óptica subterráneo de 24 fibras, incluye suministro, transporte y tendido	km	6.696,30	0,27	1.808,00
36	Poste rectangular de H°A° de 18 m, 1.600 kg de carga de rotura	U	2.045,24	20	40.904,80
37	Poste rectangular de H°A° de 18 m, 2.400 kg de carga de rotura	U	2.275,14	2	4.550,28
38	Poste rectangular de H°A° de 21 m, 1.600 kg de carga de rotura	U	2.226,74	98	218.220,48
39	Poste rectangular de H°A° de 21 m, 2.400 kg de carga de rotura	U	2.680,49	11	29.485,39
40	Poste rectangular de H°A° de 21 m, 3.500 kg de carga de rotura	U	3.095,40	5	15.477,00
41	Poste rectangular de H°A° de 23 m, 1.600 kg de carga de rotura	U	2.789,50	33	92.053,50
42	Poste rectangular de H°A° de 23 m, 2.400 kg de carga de rotura	U	3.098,05	13	40.274,65
43	Poste rectangular de H°A° de 23 m, 3.500 kg de carga de rotura	U	3.703,05	4	14.812,20
44	Torre metálica reticulada autosoportante. Incluye suministro, transporte y montaje	Kg	6,20	107.619	667.238,11
45	Amortiguador para conductor ACAR 750 MCM	U	76,09	63	4.793,67
46	Amortiguador para cable de guarda (OPGW)	U	54,31	21	1.140,51
47	Empalme de compresión a plena tensión para conductor ACAR 750 MCM	U	136,52	36	4.914,72
48	Caja de empalme para cable OPGW y fusión de fibras	U	1.681,40	6	10.088,40
49	Distribuidor de fibra óptica (ODF)	U	1.697,91	2	3.395,82
50	Cruceta para reserva de cable OPGW	U	124,42	10	1.244,20
51	Baliza de señalización de poliéster reforzado con fibra de vidrio y de color naranja	U	234,57	27	6.333,39
52	Placa de aviso de peligro	U	79,72	28	2.232,16
53	Placa de numeración	U	31,13	179	5.572,27
54	Adecuaciones de líneas y redes distribución existentes	Global	20.000,00	0,72	14.400,00
55	Desmontaje de estructura de suspensión en un solo poste y reingreso de materiales a bodega	U	53,77	22	1.183,01
56	Desmontaje de estructura de suspensión en un solo poste y reingreso de materiales a bodega	U	61,17	7	428,17
57	Desmontaje de estructura de suspensión en un solo poste y reingreso de materiales a bodega	U	73,49	33	2.425,13
58	Desmontaje de estructura de retensión en un solo poste y reingreso de materiales a bodega	U	83,35	17	1.416,89

59	Desmontaje de tensor a tierra simple y reingreso de materiales a bodega	U	15,91	20	318,16
60	Desmontaje de tensor a tierra doble y reingreso de materiales a bodega	U	17,88	75	1.340,95
61	Inclinado de poste de hormigón armado y reingreso de materiales a bodega	U	49,29	125	6.161,11
62	Retiro de conductor existente y reingreso a bodega	km	296,30	72	21.333,64

10.3. CRONOGRAMA DE JECUCION

De acuerdo al cronograma indicado en el anexo No. 16, el plazo para la construcción de la línea de subtransmisión a 69 kV se considera en 6 meses, que serían contados a partir de la entrega del anticipo al constructor.

Elaborado por:



Ing. Edison Guales
Profesional de Alumbrado Público

Febrero del 2020

**CORPORACIONA NACIONAL DE ELECTRICIDAD. UNIDAD DE NEGOCIO MANABI -
CNEL MANABI**

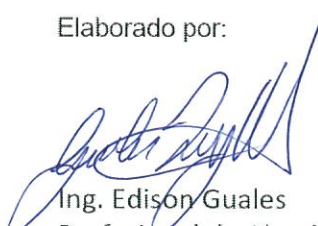
ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA LINEA DE SUBTRANSMISIÓN A 69 KV JUNIN - PLAYA PRIETA

PRESUPUESTO REFERENCIAL

Item	Descripción	Unidad	Precio Unitario USD	Cantidad	Precio Total USD
1	Replanteo de estructuras para postes y estacamiento	U	55,82	179	9.991,78
2	Replanteo de bases para torres metálicas y cuadratura	U	214,51	17	3.646,67
3	Apertura de caminos de acceso	km	592,03	4	2.368,12
4	Desbroce, desbosque y limpieza de franja de servidumbre	km	479,53	10	4.795,30
5	Conformación de terrazas para bases de torres metálicas	U	144,80	17	2.461,60
6	Excavación para torres metálicas en material sin clasificar	m3	15,21	359	5.460,39
7	Excavación manual con explosivos para torres metálicas en roca	m3	107,35	22	2.361,70
8	Desalojo de material sobrante de excavación para torres metálicas	m3	6,24	359	2.240,16
9	Sustitución de suelo con material de mejoramiento para torres metálicas. Material sub base clase 3	m3	29,42	250	7.355,00
10	Hormigón simple $f_c=210$ kg/cm ²	m3	254,06	248	63.006,88
11	Hormigón simple $f_c=140$ kg/cm ² para repantillo	m3	204,85	11	2.253,35
12	Acero de refuerzo $f_y= 4200$ Kg/cm ²	kg	2,45	7.581	18.573,45
13	Relleno y compactación de postes con material sub base clase 3	m3	28,24	823	23.241,52
14	Estructura tipo ETN-3LS, incluye accesorios para cable OPGW	U	1.810,36	119	215.432,84
15	Estructura tipo ETN-3BD, incluye accesorios para cable OPGW	U	4.971,39	14	69.599,46
16	Estructura tipo ETN-3BR, incluye accesorios para cable OPGW	U	1.884,90	1	1.884,90
17	Estructura tipo ETN-3SS, incluye accesorios para cable OPGW	U	2.009,01	4	8.036,04
18	Estructura tipo ETN-3SA5, incluye accesorios para cable OPGW	U	2.009,01	1	2.009,01
19	Estructura tipo ETN-3BA60, incluye accesorios para cable OPGW	U	1.651,37	1	1.651,37
20	Estructura tipo ETN-3BD90, incluye accesorios para cable OPGW	U	3.484,15	3	10.452,45
21	Estructura tipo ETN-3HS, incluye accesorios para cable OPGW	U	2.768,22	9	24.913,98
22	Estructura tipo ETN-3HD, incluye accesorios para cable OPGW	U	4.736,53	13	61.574,89
23	Conjunto de doble retención (aisladores y accesorios) para torres, 3 fases y cable OPGW	U	3.355,89	14	46.982,46
24	Conjunto de suspensión (aisladores y accesorios) para torres, 3 fases, 3 fases y cable OPGW	U	1.393,64	2	2.787,28
25	Tensor a tierra simple. TAN-0TS	U	188,94	8	1.511,52
26	Tensor a tierra doble. TAN-0TD	U	293,92	89	26.158,88
27	Puesta a tierra con una varilla Copperweld	U	100,83	25	2.520,75
28	Puesta a tierra con dos varillas Copperweld	U	162,76	75	12.207,00
29	Puesta a tierra con tres varillas Copperweld	U	224,06	47	10.530,82
30	Puesta a tierra con cuatro varillas Copperweld	U	289,37	29	8.391,73
31	Puesta a tierra con contrapeso con 40 m. de cond. Cu. 2 AWG. Incluye excav. y compactación	U	365,39	1	365,39
32	Malla tierra con 8 var. Copper., 40 m cond. de Cu, cambio de suelo. Incluye excavación y compactación	U	728,13	1	728,13
33	Conduct. Al. ACAR 750 MCM, incluye sumin., transp, tendido, regul. y engrampado	km	6.857,54	71,00	486.885,34
34	Cable OPGW 24 fibras tipo ITU-T-G 652, incluye sumin. transp, tendido, regul. y engrampado	km	913,56	23,20	21.194,59
35	Cable de fibra óptica subterráneo de 24 fibras, incluye suministro, transporte y tendido	km	6.696,30	0,27	1.808,00
36	Poste rectangular de H°A° de 18 m, 1.600 kg de carga de rotura	U	2.045,24	20	40.904,80
37	Poste rectangular de H°A° de 18 m, 2.400 kg de carga de rotura	U	2.275,14	2	4.550,28
38	Poste rectangular de H°A° de 21 m, 1.600 kg de carga de rotura	U	2.226,74	98	218.220,48
39	Poste rectangular de H°A° de 21 m, 2.400 kg de carga de rotura	U	2.680,49	11	29.485,39

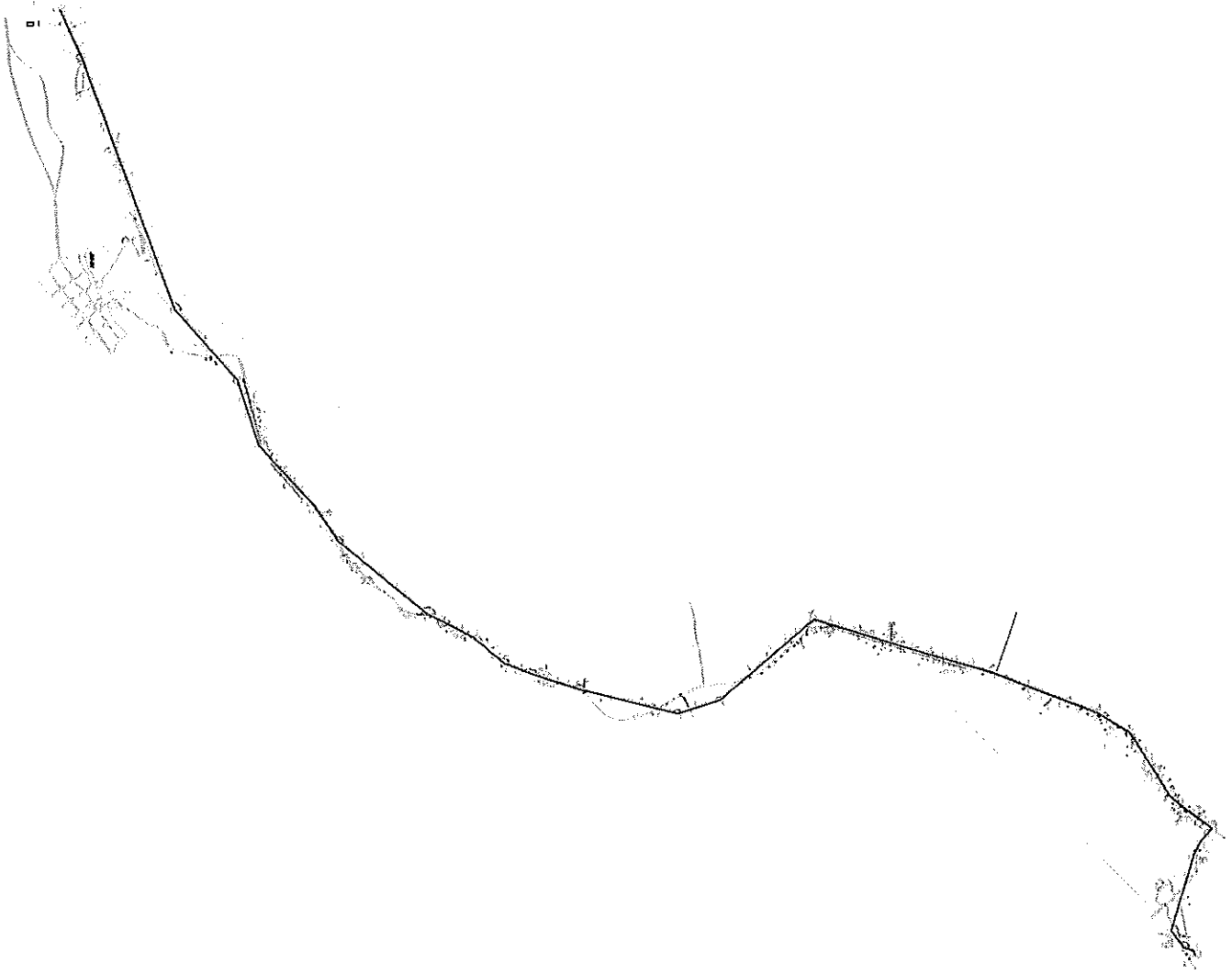
40	Poste rectangular de H°A° de 21 m, 3.500 kg de carga de rotura	U	3.095,40	5	15.477,00
41	Poste rectangular de H°A° de 23 m, 1.600 kg de carga de rotura	U	2.789,50	33	92.053,50
42	Poste rectangular de H°A° de 23 m, 2.400 kg de carga de rotura	U	3.098,05	13	40.274,65
43	Poste rectangular de H°A° de 23 m, 3.500 kg de carga de rotura	U	3.703,05	4	14.812,20
44	Torre metálica reticulada autosoportante. Incluye suministro, transporte y montaje	Kg	6,20	107.619	667.238,11
45	Amortiguador para conductor ACAR 750 MCM	U	76,09	63	4.793,67
46	Amortiguador para cable de guarda (OPGW)	U	54,31	21	1.140,51
47	Empalme de compresión a plena tensión para conductor ACAR 750 MCM	U	136,52	36	4.914,72
48	Caja de empalme para cable OPGW y fusión de fibras	U	1.681,40	6	10.088,40
49	Distribuidor de fibra óptica (ODF)	U	1.697,91	2	3.395,82
50	Cruceta para reserva de cable OPGW	U	124,42	10	1.244,20
51	Baliza de señalización de poliéster reforzado con fibra de vidrio y de color naranja	U	234,57	27	6.333,39
52	Placa de aviso de peligro	U	79,72	28	2.232,16
53	Placa de numeración	U	31,13	179	5.572,27
54	Adecuaciones de líneas y redes distribución existentes	Global	20.000,00	0,72	14.400,00
55	Desmontaje de estructura de suspensión en un solo poste y reingreso de materiales a bodega	U	53,77	22	1.183,01
56	Desmontaje de estructura de suspensión en un solo poste y reingreso de materiales a bodega	U	61,17	7	428,17
57	Desmontaje de estructura de suspensión en un solo poste y reingreso de materiales a bodega	U	73,49	33	2.425,13
58	Desmontaje de estructura de retensión en un solo poste y reingreso de materiales a bodega	U	83,35	17	1.416,89
59	Desmontaje de tensor a tierra simple y reingreso de materiales a bodega	U	15,91	20	318,16
60	Desmontaje de tensor a tierra doble y reingreso de materiales a bodega	U	17,88	75	1.340,95
61	Inclinado de poste de hormigón armado y reingreso de materiales a bodega	U	49,29	125	6.161,11
62	Retiro de conductor existente y reingreso a bodega	km	296,30	72	21.333,64
SUBTOTAL, OBRAS CIVILES, SUMINISTRO Y MONTAJE ELECTROMECAÁNICO					2.377.121,36
PRUEBAS Y PUESTA EN SERVICIO					20.000,00
FISCALIZACIÓN (1 FISCALIZADOR ELECTRICO Y 1 CIVIL)					84.254,00
COSTO TOTAL MONTAJE ELECTROMECAÁNICO L/S/T A 69 kV JUNIN - PLAYA PRIETA (SIN IVA)					2.481.375,36

Elaborado por:



Ing. Edison Guales
Profesional de Alumbrado Público

Febrero del 2020



1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12

Handwritten signature

SIMBOLISIA	
1	...
2	...
3	...
4	...
5	...
6	...
7	...
8	...
9	...
10	...
11	...
12	...

