

UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA**



**“DISEÑO DE UNA RED DE DISTRIBUCIÓN SECUNDARIA PARA LA
ELECTRIFICACIÓN DEL ASENTAMIENTO HUMANO BUENA VISTA
DEL PARAISO, VILLA MARIA DEL TRIUNFO - 2019”**

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Para optar el Título Profesional de

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

PRESENTADO POR EL BACHILLER

CORTEZ BERROSPÍ, MAX GERSON

Villa El Salvador

2020

DEDICATORIA

El presente trabajo es dedicado a mi abuela Graciela, a mis padres Máximo y Elvira, y a mi hermano Erik que me apoyan incondicionalmente en todo momento, y me motivan constantemente para alcanzar mis anhelos, y también a todos los que de alguna manera me ayudaron a lo largo de estos años.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur (UNTELS), por haberme acogido en sus aulas y poder culminar mi profesión.

A los docentes de la escuela profesional de ingeniería mecánica y eléctrica, por impartir sus conocimientos y ayudar en mi formación académica.

Al asesor Ing. Cesar Santos, por su orientación profesional, paciencia y apoyo permanente en el desarrollo del presente trabajo.

ÍNDICE

| | |
|---|-----|
| LISTADO DE FIGURAS | vi |
| LISTADO DE TABLAS | vii |
| RESUMEN | ix |
| INTRODUCCIÓN | x |
| OBJETIVOS | 1 |
| Objetivo General | 1 |
| Objetivo Específico | 1 |
| CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO | 2 |
| 1.1 Bases Teóricas | 2 |
| 1.1.1 Sistema de distribución eléctrica | 2 |
| 1.1.2 Red de distribución secundaria | 2 |
| 1.1.3 Tensiones de redes distribución secundaria..... | 2 |
| 1.1.4 Elementos de una red de distribución secundaria | 3 |
| 1.1.5 Instalación de alumbrado público | 9 |
| 1.1.6 Calificación eléctrica | 11 |
| 1.1.7 Sector de distribución típico..... | 12 |
| 1.1.8 Fórmulas a usar en el Diseño de la red de distribución secundaria.. | 12 |
| 1.2 Definición de Términos Básicos | 17 |
| 1.2.1 Asentamiento humano | 17 |
| 1.2.2 Calificación eléctrica | 17 |
| 1.2.3 Sistema de distribución..... | 17 |
| 1.2.4 Sistema de distribución secundaria | 17 |
| 1.2.5 Instalaciones de alumbrado público..... | 17 |
| 1.2.6 Estructura de soporte | 17 |
| 1.2.7 Flecha de un conductor | 18 |
| 1.2.8 Longitud del vano | 18 |
| 1.2.9 Subestación de distribución | 18 |
| 1.2.10 Punto de Diseño | 18 |
| 1.2.11 En servicio | 18 |
| 1.2.12 Puesto a tierra | 18 |
| 1.2.13 Concesionario de distribución de energía eléctrica | 18 |
| 1.2.14 Tensión..... | 19 |
| 1.2.15 Nivel de Aislamiento | 19 |

| | |
|---|----|
| CAPITULO II: METODOLOGÍA DE DESARROLLO DEL TRABAJO PROFESIONAL..... | 20 |
| 2.1 Delimitación temporal y espacial del trabajo | 20 |
| 2.1.1 Temporal | 20 |
| 2.1.2 Espacial | 20 |
| 2.2 Determinación y análisis del problema..... | 21 |
| 2.2.1 Determinación del problema | 21 |
| 2.2.2 Análisis del problema..... | 24 |
| 2.3 Modelo de solución propuesto | 25 |
| 2.3.1 Generalidades | 25 |
| 2.3.2 Descripciones del trabajo | 26 |
| 2.3.3 Bases del diseño | 27 |
| 2.3.4 Parámetros considerados..... | 28 |
| 2.3.5 Cálculos justificativos..... | 29 |
| 2.4 Resultados | 70 |
| CONCLUSIONES..... | 71 |
| RECOMENDACIONES | 72 |
| BIBLIOGRAFÍA | 73 |
| ANEXO..... | 75 |
| ANEXO 1: PRESUPUESTO | 75 |
| ANEXO 2: PLANOS DE ESTRUCTURAS | 78 |
| ANEXO 3: CABLE CAAI-S..... | 94 |
| ANEXO 4: PLANO ELÉCTRICO..... | 97 |

LISTADO DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1. Conductor eléctrico | 3 |
| Figura 2. Cable CAAI-S | 4 |
| Figura 3. Cable NA2XY | 5 |
| Figura 4. Cable N2XY | 5 |
| Figura 5. Poste de poliéster reforzado con fibra de vidrio | 7 |
| Figura 6. Caja de distribución | 7 |
| Figura 7. Retenida tipo simple y violín | 8 |
| Figura 8. Conexión de puesta a tierra vertical | 9 |
| Figura 9. Luminaria para lampara de vapor de sodio de alta presión | 10 |
| Figura 10. Lampara de vapor de sodio de alta presión | 10 |
| Figura 11. Pastoral tipo chileno largo | 10 |
| Figura 12. Abrazadera para pastoral | 11 |
| Figura 13. Fuerzas actuantes sobre el poste | 14 |
| Figura 14. Zona administrativa VMT | 20 |
| Figura 15. Croquis de ubicación del A.H. Buena Vista del Paraíso | 21 |
| Figura 16. Lima Metropolitana: Denuncias por comisión de delitos, según distritos en el año 2017 | 23 |
| Figura 17. A.H. Buena Vista del Paraíso | 25 |
| Figura 18. Circuito de servicio particular | 31 |
| Figura 19. Circuito de alumbrado público | 37 |
| Figura 20. Dimensionamiento de poste | 48 |
| Figura 21. Fuerzas actuantes sobre el poste | 49 |
| Figura 22. Representación de retenida | 54 |
| Figura 23. Pastoral chileno corto | 58 |
| Figura 24. Pastoral tipo bastón | 58 |
| Figura 25. Excavación para poste | 60 |
| Figura 26. Instalación de poste | 60 |
| Figura 27. Instalación de luminaria en pastoral | 61 |
| Figura 28. Instalación de pastoral en el poste | 61 |
| Figura 29. Colocación del bloque de anclaje en el hoyo | 62 |
| Figura 30. Retenida tipo violín | 63 |
| Figura 31. Instalación de pozo a tierra horizontal | 64 |
| Figura 32. Instalación de pozo a tierra horizontal | 64 |
| Figura 33. Instalación de porta bobinas | 65 |
| Figura 34. Tendido de conductor | 66 |
| Figura 35. Prueba de continuidad | 66 |
| Figura 36. Prueba de aislamiento | 67 |
| Figura 37. Prueba de aislamiento | 68 |
| Figura 38. Prueba de resistencia puesta a tierra | 68 |
| Figura 39. Prueba de resistencia puesta a tierra | 69 |
| Figura 40. Prueba de encendido de lámparas | 69 |
| Figura 41. Prueba de encendido de lámparas | 70 |

LISTADO DE TABLAS

| | |
|---|-----------|
| <i>Tabla 1. Niveles de tensión</i> | <i>2</i> |
| <i>Tabla 2. Calificación eléctrica.....</i> | <i>11</i> |
| <i>Tabla 3. Porcentaje de servicios básicos en VMT.....</i> | <i>22</i> |
| <i>Tabla 4. Porcentaje de denuncias por comisión de delitos VMT en el año 2017 .</i> | <i>24</i> |
| <i>Tabla 5. Demanda máxima de servicio particular.....</i> | <i>26</i> |
| <i>Tabla 6. Lámpara de sodio.....</i> | <i>26</i> |
| <i>Tabla 7. Demanda máxima de alumbrado público</i> | <i>27</i> |
| <i>Tabla 8. Demanda máxima total.....</i> | <i>27</i> |
| <i>Tabla 9. Capacidad de corriente para conductor CAAI-S.....</i> | <i>29</i> |
| <i>Tabla 10. Capacidad de corriente para conductor N2XY</i> | <i>29</i> |
| <i>Tabla 11. Capacidad de corriente para conductor NA2XY.....</i> | <i>29</i> |
| <i>Tabla 12. Conductores</i> | <i>30</i> |
| <i>Tabla 13. Resultados de caída de tensión en el tramo 1 SP.....</i> | <i>32</i> |
| <i>Tabla 14. Resultados de caída de tensión en el tramo 2 SP.....</i> | <i>32</i> |
| <i>Tabla 15. Resultados de caída de tensión en el tramo 3 SP.....</i> | <i>33</i> |
| <i>Tabla 16. Resultados de caída de tensión en el tramo 4 SP.....</i> | <i>33</i> |
| <i>Tabla 17. Resultados de caída de tensión en el tramo 5 SP.....</i> | <i>34</i> |
| <i>Tabla 18. Resultados de caída de tensión en el tramo 6 SP.....</i> | <i>34</i> |
| <i>Tabla 19. Resultados de caída de tensión en el tramo 7 SP.....</i> | <i>35</i> |
| <i>Tabla 20. Resultados de caída de tensión en el tramo 8 SP.....</i> | <i>35</i> |
| <i>Tabla 21. Caída de tensión en los puntos más alejados de cada tramo</i> | <i>36</i> |
| <i>Tabla 22. Resultados de caída de tensión en el tramo 1 AP.....</i> | <i>38</i> |
| <i>Tabla 23. Resultados de caída de tensión en el tramo 2 AP.....</i> | <i>38</i> |
| <i>Tabla 24. Resultados de caída de tensión en el tramo 3 AP.....</i> | <i>39</i> |
| <i>Tabla 25. Resultados de caída de tensión en el tramo 4 AP.....</i> | <i>39</i> |
| <i>Tabla 26. Resultados de caída de tensión en el tramo 5 AP.....</i> | <i>40</i> |
| <i>Tabla 27. Resultados de caída de tensión en el tramo 6 AP.....</i> | <i>40</i> |
| <i>Tabla 28. Resultados de caída de tensión en el tramo 7 AP.....</i> | <i>41</i> |
| <i>Tabla 29. Resultados de caída de tensión en el tramo 8 AP.....</i> | <i>41</i> |
| <i>Tabla 30. Caída de tensión en los puntos más alejados de cada tramo AP</i> | <i>42</i> |
| <i>Tabla 31. Datos de cable portante</i> | <i>43</i> |
| <i>Tabla 32. Cálculo de carga unitaria debido al viento sobre el conductor</i> | <i>45</i> |
| <i>Tabla 33. Cálculo de carga resultante unitaria del conductor (hipótesis 2)</i> | <i>45</i> |
| <i>Tabla 34. Tabulación de esfuerzo máximo para diferentes vanos (hipótesis 2) ...</i> | <i>46</i> |
| <i>Tabla 35. Tabulación de esfuerzo máximo para diferentes vanos (hipótesis 3) ...</i> | <i>46</i> |
| <i>Tabla 36. Tabulación de flecha máxima por vano (hipótesis 3).....</i> | <i>47</i> |
| <i>Tabla 37. Datos de poste</i> | <i>48</i> |
| <i>Tabla 38. Momento debido a la fuerza del viento sobre el poste</i> | <i>50</i> |
| <i>Tabla 39. Momento debido a la fuerza del viento en el conductor</i> | <i>51</i> |
| <i>Tabla 40. Momento de la fuerza de tracción en el conductor portante.....</i> | <i>51</i> |
| <i>Tabla 41. Tabulación para distintos ángulos</i> | <i>52</i> |
| <i>Tabla 42. Momento de la fuerza de tracción en el portante - fin de línea.....</i> | <i>53</i> |
| <i>Tabla 43. Retenida</i> | <i>55</i> |
| <i>Tabla 44. Características del conductor CAAI-S</i> | <i>55</i> |

| | |
|--|-----------|
| <i>Tabla 45. Empotramiento de poste</i> | <i>57</i> |
| <i>Tabla 46. Características de postes</i> | <i>57</i> |
| <i>Tabla 47. Nivel de aislamiento</i> | <i>67</i> |

RESUMEN

El presente trabajo de suficiencia profesional ha sido desarrollado a fin de poder demostrar la experiencia profesional que se obtuvo en el campo laboral en la empresa eléctrica Tecsur S.A.

El trabajo se realiza en el Asentamiento Humano Buena Vista del Paraíso perteneciente al distrito de Villa María del Triunfo el cual su mayor problema es que no cuenta con una red de distribución secundaria (red ser servicio particular y red de alumbrado público) siendo esto un obstáculo para el desarrollo económico, social y por ende también un impedimento para lograr una mejor calidad de vida para las familias.

El objetivo del presente trabajo es diseñar una red de distribución secundaria para la electrificación del Asentamiento Humano Buena Vista del Paraíso, Villa María del Triunfo.

La metodología para el diseño de la red de distribución secundaria se tuvo en cuenta la demanda máxima por lote, el plano de lotización, la inspección en campo del Asentamiento Humano y también las normativas técnicas de distribución.

Los resultados obtenidos en el diseño en la red distribución secundaria es que tiene una demanda máxima de 37.43 kW, dos circuitos independiente uno de alumbrado público y uno de servicio particular, se utilizó conductores aéreos tipo CAAI-S 3x35+2x16 mm² y 3x16+2x16 mm², pastorales tipo bastón y chileno corto, luminaria Tipo II corto con haz semi recortado, lámpara tubular de vapor de sodio de alta presión de 150 W, postes de material de concreto armado centrifugado y poliéster reforzado con fibra de vidrio de una altura de 8.7m con una carga de trabajo transversal de 200 kg, en el sistema de puesta a tierra se utilizó electrodo horizontal y cemento conductor.

INTRODUCCIÓN

La red de distribución secundaria está destinado a suministrar energía eléctrica normalmente en baja tensión a los usuarios finales, y está comprendida desde la salida de los bornes de baja tensión del transformador de distribución hasta la caja toma del usuario.

Es importante considerar que la electrificación es un servicio básico por lo que genera mejoras en la calidad de vida de la población, también origina el desarrollo tecnológico y económico de la sociedad. Por ende, una de las metas del Gobierno el de ampliar la cobertura del servicio eléctrico para poder suministrar energía eléctrica a las poblaciones de las zonas rurales del país.

El proyecto se realizó en el Asentamiento Humano Buena Vista del Paraíso ubicado en el distrito de Villa María del Triunfo, en el cual las familias no tienen acceso a los servicios básicos (servicio de energía eléctrica, servicio de agua potable y alcantarillado) para poder vivir con un estándar de calidad de vida en sus hogares.

El presente trabajo de ingeniería tiene como objetivo diseñar la red de distribución secundaria para electrificar al A.H. Buena Vista del Paraíso que cuenta con 92 lotes que serán beneficiados con este servicio.

El contenido del presente trabajo se compone de los siguientes capítulos:

En el capítulo I, Marco teórico, donde se describe las bases teóricas y se definen los términos básicos que sustentan el trabajo profesional.

En el capítulo II, Desarrollo del trabajo profesional, en donde se desarrolla los mecanismos, los cálculos eléctricos y mecánicos necesarios que van a permitir realizar el trabajo profesional.

Finalmente, se consolida una serie de conclusiones y recomendaciones que derivan del desarrollo del trabajo de suficiencia profesional.

El autor

OBJETIVOS

Objetivo General

- Diseñar una red de distribución secundaria para la electrificación del Asentamiento Humano Buena Vista del Paraíso, Villa María del Triunfo.

Objetivo Específico

- Determinar la calificación eléctrica en función de la habilitación poblacional para determinar la demanda por lote en la electrificación del A. H. Buena Vista del Paraíso, Villa María del Triunfo.
- Calcular la demanda máxima del el A. H. Buena Vista del Paraíso, Villa María del Triunfo para verificar la potencia de la subestación eléctrica que suministrará energía a la red de distribución secundaria.
- Diseñar la red de alumbrado público y servicio particular del A. H. Buena Vista del Paraíso, Villa María del Triunfo de acuerdo a las normas técnica de servicios eléctricos de la Dirección General de Electricidad (DGE).
- Realizar las especificaciones técnicas de montaje y de las pruebas eléctricas antes de la puesta en servicio del tendido de la red de distribución secundaria del A. H. Buena Vista del Paraíso, Villa María del Triunfo.

CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

1.1 Bases Teóricas

1.1.1 Sistema de distribución eléctrica

Es el conjunto de instalaciones eléctricas comprendidas desde un sistema de generación o transformación a media tensión, hasta los puntos de entrega de los usuarios de media o baja tensión, inclusive las unidades de alumbrado público. El sistema de distribución comprende lo siguiente:

Sistema de Distribución Primaria: Son las redes y subestaciones cuyas tensiones de servicio son mayores de 1 kV y menores de 30 kV.

Sistema de Distribución Secundaria: Son las redes de servicio público cuyas tensiones de servicio son iguales o menores a 1 kV.

Instalación de Alumbrado Público: Son las redes y unidades de alumbrado destinadas al alumbrado público de las vías, plazas y parques. (Dirección General de Electricidad, 2002)

1.1.2 Red de distribución secundaria

Es aquella red destinada a transportar la energía eléctrica normalmente en baja tensión, desde un sistema de generación, eventualmente a través de un sistema de transmisión y un sistema de distribución primaria, a las conexiones. (Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento., 2012)

1.1.3 Tensiones de redes distribución secundaria

Los niveles de tensión aprobados en el sistema de distribución secundaria e instalación de alumbrado público que suministran a los servicios públicos, son los indicados en la tabla 1

Tabla 1. Niveles de tensión

| Tensión Nominal Red Trifásica (V) | Tensión Nominal Red Monofásica (V) |
|--------------------------------------|---------------------------------------|
| 220 | 220 |
| 380/220 | 440/220 |

Fuente: Elaboración propia, en base al Código Nacional de Electricidad - Norma suministro

Las tensiones que se emplearán serán tales que permitan adoptar los siguientes sistemas de corriente alterna de 60 Hz:

- 220 V, trifásico, 3 conductores (activos).

- 380/ 220 V, trifásico, 4 conductores (3 conductores activos y un conductor neutro con puesta a tierra múltiple).
- 220V, monofásico, 2 conductores (activos).
- 440/220V, monofásico, 3 conductores (dos conductores activos y un conductor neutro con puesta a tierra múltiple). (Dirección General de Electricidad, 2011)

1.1.4 Elementos de una red de distribución secundaria

1.1.4.1 Conductores Eléctricos

El conductor eléctrico está formado principalmente por el conductor propiamente tal, éste puede ser de alambre (una sola hebra) o un cable (formado por varias hebras retorcidos entre sí). Los materiales más utilizados en la fabricación de conductores eléctricos son el cobre y el aluminio.

El uso de los conductores dependerá de sus características mecánicas, eléctricas, del uso específico que se le quiera dar y del costo.

Partes que conforman los conductores eléctricos son:

El alma o elemento conductor

El aislamiento

Las cubiertas protectoras (Procobre, 2001)

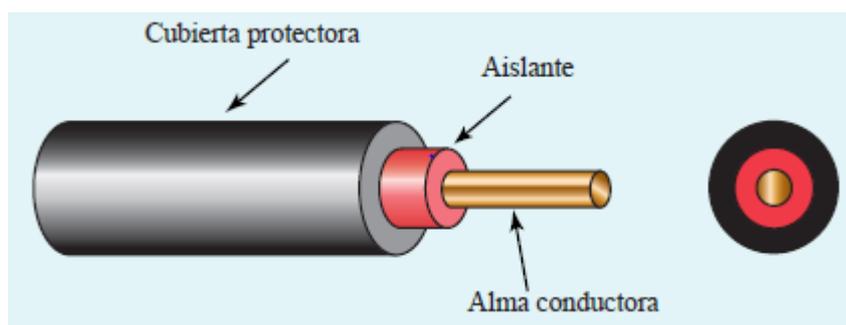


Figura 1. Conductor eléctrico

Fuente: Conductores eléctricos (Procobre, 2001)

- **Cable CAAI-S:** El Cable está formado por dos o tres conductores de fase más uno o dos conductores para alumbrado público cableados alrededor de un soporte en este caso es el portante. La característica del conductor es de material de aluminio temple duro y el portante es de acero

galvanizado, clase A, tipo Extra High Strength (EHS). Los conductores y el portante son aislados con polietileno reticulado (XLPE) y son diferenciados por nervaduras extruidas longitudinalmente sobre el aislamiento.

Sobre todo, estos cables son usados en redes de distribución aérea urbana y rural con tensiones de hasta 1000 Voltios y a temperatura de hasta 90°C. No requieren el uso de aisladores, y pueden instalarse en postes, o también adosados a muros. (Tecsur S.A., 2020)



Figura 2. Cable CAAI-S

Fuente: Tecsur S.A., en base a catálogo de productos - cables

- **Cable NA2XY:** El cable está configurado por tres cables unipolares de aluminio puro, tienen un aislamiento de polietileno reticulado (XLPE) y una cubierta de policloruro de vinilo (PVC) en colores blanco, rojo y negro. La sección de los cables es transversal circular, para la sección de 10mm², el conductor es sólido de clase 1 y para las secciones de 16 a 500mm², los conductores son cableados compactados de clase 2 según norma IEC 60228 o NTP 370.250.

Estos tipos de cables son usados principalmente en redes de distribución en baja tensión, instalaciones industriales, en edificios y estaciones de maniobra. En instalaciones fijas, en ambientes interiores (en bandejas, canaletas), en ductos subterráneos o directamente enterrados, en lugares secos o húmedos. (Tecsur S.A., 2020)



Figura 3. Cable NA2XY

Fuente: Tecsur S.A., en base a catálogo de productos - cables.

- **Cable N2XY:** El cable está configurado por tres cables unipolares de cobre electrolítico recocido, sólido o cableado. Está conformado por un aislamiento de polietileno reticulado (XLPE), una cubierta individual de policloruro de vinilo (PVC). El aislamiento de polietileno reticulado (XLPE) les permite mayor capacidad de corriente en cualquier condición de operación, mínimas pérdidas dieléctricas y alta resistencia de aislamiento. La cubierta exterior de PVC les otorga una adecuada resistencia a los ácidos, grasas, aceites y a la abrasión.

Estos cables son usados principalmente como cables de energía en redes de distribución en baja tensión, instalaciones industriales, en edificios y estaciones de maniobra. En instalaciones fijas, en ambientes interiores (en bandejas, canaletas), en ductos subterráneos o directamente enterrados, en lugares secos o húmedos. (Tecsur S.A., 2020)



Figura 4. Cable N2XY

Fuente: Tecsur S.A., en base a catálogo de productos - cables

1.1.4.2 Postes

Los postes de distribución de energía eléctrica son soportes verticales en donde se apoyan los cables aéreos para poder transportar la electricidad.

- **Poste de CAC:** Los postes de concreto armado centrifugado (CAC) son productos prefabricados de concreto, el cual está compuesto por una mezcla de cemento, agregado grueso, agregado fino, agua y aditivos. Dentro de esta mezcla es colocado una armadura de acero que le da la resistencia a la flexión del poste.

La mezcla así conformada, es colocada en moldes, a los cuales se le aplica una velocidad rotativa variable, la que a su vez por fuerza centrífuga presiona la mezcla hacia el molde, con la ventaja adicional de que aparece un orificio longitudinal en el centro que es utilizado para el paso de conductores eléctricos. (MAGRA S.A.C, 2019)

- **Poste de poliéster reforzado con fibra de vidrio (PRFC):** Este tipo de poste es fabricado por métodos específicos, donde se mezclan filamentos de fibra de vidrio en angulaciones bajas para soportar las cargas axiales, e hilos perpendiculares para soportar cargas de pandeo o colapso sobre el empotramiento.

Los postes P.R.F.V. se desarrolló con la finalidad de cubrir necesidades importantes en la distribución como la topografía compleja de difícil acceso, los ambientes húmedos corrosivos de la selva amazónica, suelos y ambientes húmedos y salinos de playas y zonas costeras. Las ventajas de utilizar estos postes son; el bajo peso, la facilidad en el transporte, una cimentación económica y fácil, la resistencia a la corrosión además podrían superar los 50 años de vida útil, ya que las resinas están formuladas para resistir los rayos UV e intemperie con un mantenimiento prácticamente nulo. (Postes Escarsa SAC., 2018)



*Figura 5. Poste de poliéster reforzado con fibra de vidrio
Fuente: Tecsur S.A., catálogo de productos - postes*

1.1.4.3 Caja de derivación

Estas cajas se encuentran localizadas en la parte superior del poste y tienen como finalidad derivar una o más acometidas de energía desde la red aérea de baja tensión.



*Figura 6. Caja de distribución
Fuente: Elaboración propia*

1.1.4.4 Retenida o viento

La retenida es un elemento mecánico que sirve para contrarrestar las tensiones mecánicas de los conductores en las estructuras y así eliminar los esfuerzos de flexión en el poste, estas retenidas se instalan en sentido opuesto a la resultante de la tensión de los conductores por retener.

Algunos tipos de retenidas son los siguientes:

- Retenida simple
- Retenida doble
- Retenida triple
- Retenido tipo violín (Luz del Sur S.A., 2010)

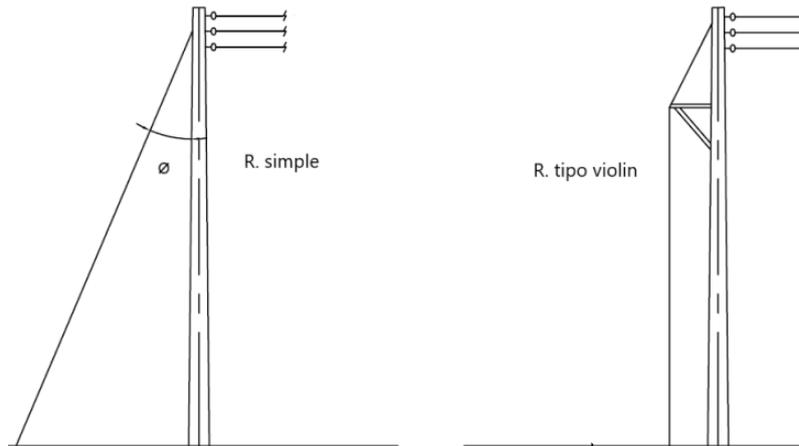


Figura 7. Retenida tipo simple y violín

Fuente: Tecsur S.A., en base a norma interna de Luz del Sur

1.1.4.5 Sistema puesto a tierra

Un sistema puesto a tierra tiene al menos un conductor o punto intencionalmente conectado a tierra. Las conexiones conjuntas de todas las estructuras metálicas generalmente expuestas, previene la posibilidad de una diferencia de potencial peligrosa que surja entre contactos metálicos adyacentes. El sistema de puesta a tierra se diseña normalmente para cumplir dos funciones de seguridad. La primera función es de limitar a un valor seguro la elevación de potencial en todas las estructuras metálicas a las cuales tienen normalmente acceso personas y animales, bajo condiciones normales y anormales del circuito.

La segunda función es de garantizar que, en una falla a tierra, toda corriente de falla que se origine, pueda retornar a la fuente de una forma controlada. Se entiende por forma controlada a la trayectoria de retorno que está predeterminada, de tal modo que no ocurra daño al equipo o lesión a las personas.

El sistema de puesta a tierra está conformado por:

- El conector
- El cable de puesta a tierra

- El electrodo
- La tapa o cubierta (ProCobre, 1999, págs. 4-15)

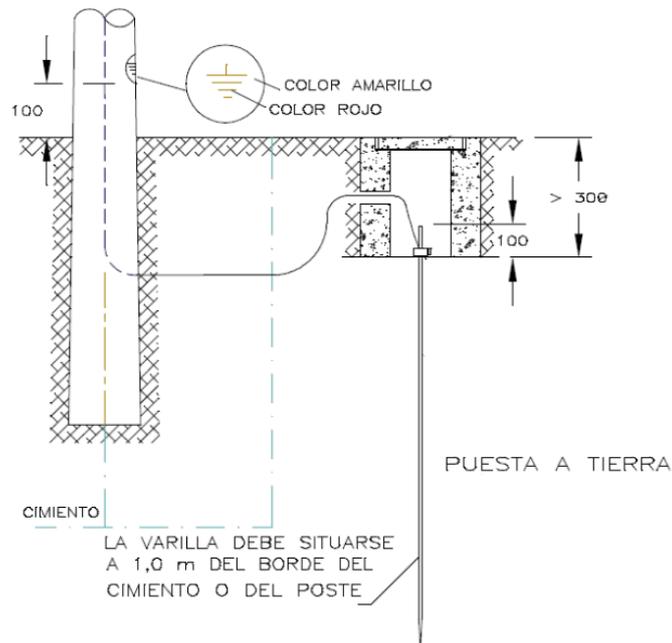


Figura 8. Conexión de puesta a tierra vertical

Fuente: Tecsur S.A., en base a norma interna de Luz del Sur

1.1.5 Instalación de alumbrado público

Conjunto de dispositivos necesarios para dotar de iluminación a vías y lugares públicos (avenidas, jirones, calles, pasajes, plazas, parques, paseos, puentes, caminos, carreteras, autopistas, pasos a nivel o desnivel, etc.), abarcando las redes y las unidades de alumbrado público. (Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento., 2012)

Los accesorios de alumbrado público son:

- **Luminaria:** Es el elemento que sirve de alojamiento a la lámpara, sistema óptico, un cuerpo y equipo. Tiene como propiedad distribuir y controlar correctamente el flujo luminoso, proteger la lámpara, los sistemas ópticos y eléctricos contra las inclemencias del tiempo y de agentes alrededor de ella que podrían dañar su eficiencia. (Enel Distribución Peru S.A.A, 2018)



Figura 9. Luminaria para lampara de vapor de sodio de alta presión

Fuente: Tecsur S.A., en base al catálogo de productos - luminarias

- **Lámpara:** Es el elemento encargado de transforman una energía eléctrica o química en energía lumínica.



Figura 10. Lampara de vapor de sodio de alta presión

Fuente: Tecsur S.A., en base al catálogo de productos - luminarias.

- **Pastoral:** Es el elemento curvo que da el ángulo de la luminaria para la iluminación, el cual puede ser de concreto o metálico. Mayormente se utilizan pastorales del tipo metálico por su facilidad en su instalación. (Enel Distribución Peru S.A.A, 2018)



Figura 11. Pastoral tipo chileno largo

Fuente: Elaboración Propia

- **Abrazadera:** La sujeción de los pastorales al poste se realiza a través de abrazaderas metálicas que tienen el diámetro de la punta del poste en un extremo y el diámetro de la pastoral en el otro extremo. (Enel Distribución Peru S.A.A, 2018)



Figura 12. Abrazadera para pastoral

Fuente: Manufacturas Industriales Mendoza S.A.

1.1.6 Calificación eléctrica

La calificación eléctrica es la carga eléctrica mínima y el tipo de suministro, que se debe considerar en la elaboración de los Proyectos de Subsistemas de Distribución Secundaria, el cual requiere una habilitación de tierras para ser dotada del servicio público de electricidad. (Dirección General de Electricidad, 2004)

Tabla 2. Calificación eléctrica

| Tipo de habilitación | Sector de Distribución Típico 1 W | Sector de Distribución Típico 2 W | Sector de Distribución Típico 3 W | Sector de Distribución Típico 4 W | Sector de Distribución Típico 5 W |
|--|--|---|---|---|--------------------------------------|
| a) Habilitaciones de baja densidad poblacional, tipo 1 (Zonas R1-S y R1) | 1 500 + 3 W/m ² hasta un máximo de 10 kW (suministro trifásico) | 800 + 1 W/m ² hasta un máximo de 5 kW (suministro trifásico) | — | — | — |
| b) Habilitaciones de baja densidad poblacional, tipo 2 (Zona R2) | 1 500 | 800 | — | — | — |
| c) Habilitaciones de media densidad poblacional, tipo 3 (Zona R3) | 1 300 | 700 | 500 | — | — |
| d) Habilitaciones de media densidad poblacional, tipo 4 (Zona R4) | 900 (suministro monofásico) | 900 (suministro monofásico) | 700 (suministro monofásico) | — | — |
| e) Habilitaciones de alta densidad poblacional, para viviendas multifamiliares | 11 W/m ² del área techada total, con un mínimo de 900 W | 11 W/m ² del área techada total, con un mínimo de 700 W | — | — | — |
| f) Habilitaciones para vivienda taller (Zona I1-R) | 1 000 | 1 000 | 1 000 | — | — |
| g) Habilitaciones para vivienda en vías de regularización (parcial o totalmente edificadas), calificados como Centros Poblados, incluyendo agrupaciones de vivienda en zonas rurales | 700 300 (*) (suministro monofásico) | 300 200 (*) (suministro monofásico) | 250 200 (*) (suministro monofásico) | 250 200 (*) (suministro monofásico) | 200 (suministro monofásico) |
| h) Habilitaciones para vivienda en vías de regularización (parcial o totalmente edificadas), calificados como Asentamientos Humanos Marginales o Pueblos Jóvenes | 700 (suministro monofásico) | 400 (suministro monofásico) | 300 (suministro monofásico) | 300 (suministro monofásico) | 250 (suministro monofásico) |
| i) Habilitaciones pre-Urbanas, tipos pecuarios o huertas (Zona P-U) | 2 000 | 1 500 | 1 500 | 1 000 | 1 000 |
| j) Lotizaciones para la industria elemental y complementaria de apoyo a la industria de mayor escala (Zona I1) | 4 000 | 1 100 | — | — | — |

(*) Se autorizan Demandas Máximas menores, si se sustentan con estudios justificativos.

Nota1: El Cuadro N° 2 será de aplicación a partir del 2005-11-01.

Nota2: Donde no se indica el tipo de suministro, puede ser monofásico o trifásico, debiendo precisarse mediante coordinación con el Concesionario.

Fuente: Norma de la Dirección General de Electricidad: "Calificación eléctrica para la elaboración de proyectos de subsistemas de distribución secundaria"

1.1.7 Sector de distribución típico

Son instalaciones de distribución eléctrica con características técnicas similares en la disposición geográfica de la carga, así como en los costos de inversión, operación y mantenimiento. Una concesión puede estar conformada por uno o más sectores de distribución típicos.

Sectores de distribución típico:

Sector de Distribución Típico 1: Sector urbano de alta densidad de carga.

Sector de Distribución Típico 2: Sector urbano de media y baja densidad de carga.

Sector de Distribución Típico 3: Sector urbano-rural de baja densidad de carga.

Sector de Distribución Típico 4: Sector rural de baja densidad de carga.

Sector de Distribución Típico Sistemas Eléctricos Rurales (SER): Sector rural de baja densidad de carga a efectos de la Ley General de Electrificación Rural. (Dirección General de Electricidad y Ministerio de Energía y Minas, 2013)

1.1.8 Fórmulas a usar en el Diseño de la red de distribución secundaria

Las fórmulas a utilizar en el diseño de la red de distribución secundaria se obtienen del Código Nacional de Electricidad – norma de suministro, la norma “Bases para el diseño y redes secundarias con conductores autoportantes para electrificación rural” de la Dirección General de Electricidad, así como también del libro “Líneas de transmisión de potencia” del autor Bautista Ríos, los cuales se indican respectivamente:

- **Caída de tensión**

$$\Delta V = K * I * L * 10^{-3}$$

Donde:

I: Corriente en amperios (A)

L: Longitud del tramo de la red (m)

K: Factor de caída de tensión.

(Dirección General de Electricidad, 2003)

- **Cálculo de cambio de estado**

$$(\sigma_n)^2 \left[\sigma_n - \sigma_0 + \frac{E * d^2 * (W_c)^2}{24 * A^2 * (\sigma_0)^2} + \alpha * E * (T_n - T_0) \right] = \frac{E * d^2 * (W_r)^2}{24 * A^2}$$

Donde:

d: Vano (m)

A: Sección del conductor portante (mm²)

σ_0 : Esfuerzos diarios del portante (kg/mm²)

σ_n : Esfuerzos diarios del portante en hipótesis "n" (kg/mm²)

T_n : Temperatura en la hipótesis "n" (°C)

T_0 : Temperatura en estado inicial (°C)

W_c : Peso unitario total cable más el portante (kg/m)

W_r : Peso unitario resultante en el cable en hipótesis "n" (kg/m)

α : Coeficiente de dilatación (1/°C)

E: Modulo de elasticidad del portante (kg/mm²)

(Bautista Rios, 2018)

- **Carga unitaria debido al viento sobre el conductor (W_v)**

$$W_v = \frac{P_v * \emptyset}{1000}$$

$$P_v = 0.0042 * V^2$$

Donde:

P_v : Presión del viento sobre el cable (kg/m²)

\emptyset : Diámetro del conductor (mm)

V: Velocidad del viento (km/h)

(Dirección General de Electricidad, 2011)

- **Carga resultante unitaria del conductor (W_r)**

$$(W_r)^2 = (W_c)^2 + (W_v)^2$$

Donde:

W_c : Carga unitaria del conductor (kg/m)

W_v : Carga unitaria debido al viento sobre el conductor (kg/m)

(Bautista Rios, 2018)

- **Cálculo de flecha (F)**

$$F = \frac{W_r * d^2}{8 * A * \sigma_n}$$

Donde:

W_r : Peso unitario resultante en el cable en hipótesis "n" (kg/m)

A: Sección del conductor (mm²)

d: Vano (m)

σ_n : Esfuerzo del portante en hipótesis n (kg/mm²)

(Bautista Rios, 2018)

- **Cálculo mecánico del poste**

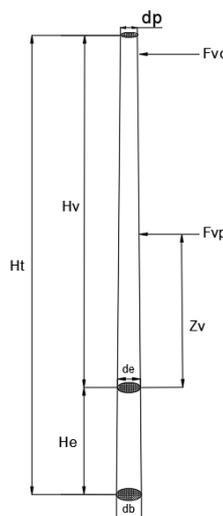


Figura 13. Fuerzas actuantes sobre el poste

Fuente: Elaboración propia, en base a la norma "Bases para el diseño y redes secundarias con conductores autoportantes para electrificación rural" - DGE

Donde:

Ht: Altura total del poste (m)

Hv: Altura del poste expuesto al viento (m)

He: Altura de empotramiento (m)

d_e : Diámetro de la sección de empotramiento del poste (mm)

d_p : Diámetro del poste en la punta (mm)

d_b : Diámetro del poste en la base (mm)

Fvp: Fuerza del viento sobre el poste (kg)

Fvc: Fuerza del viento sobre los conductores (kg)

Zv: Punto de aplicación de la fuerza del viento (m)

- **Momento debido a la fuerza del viento sobre el poste (Mvp)**

$$Mvp = Fvp * Zv$$

$$Fvp = P_v * Hv * \frac{(d_p + d_e)}{2000}$$

$$d_e = d_p \left(1 - \frac{Hv}{Ht}\right) + d_b \left(\frac{Hv}{Ht}\right)$$

$$Zv = \frac{Hv}{3} \left(\frac{d_e + 2d_p}{d_e + d_p}\right)$$

Donde:

P_v : Presión del viento sobre el cable (kg/m²)

d_e : Diámetro de la sección de empotramiento del poste (mm)

d_p : Diámetro del poste en la punta (mm)

d_b : Diámetro del poste en la base (mm)

Hv: Altura del poste expuesto al viento (m)

Ht: Altura total del poste (m)

Fvp: Fuerza del viento sobre el poste (kg)

Zv: Punto de aplicación de la fuerza del viento (m)

(Dirección General de Electricidad, 2003)

- **Momento debido a la fuerza del viento en el conductor (Mvc)**

$$Mvc = Fvc * (Hv - 0.10)$$

$$Fvc = \frac{Pv * \phi * d * \cos(\alpha/2)}{1000}$$

Donde:

ϕ : Diámetro del conductor (mm)

Pv : Presión del viento sobre el cable (kg/m²)

d: Vano (m)

Fvc: Fuerza del viento sobre el conductor (kg)

Hv: Altura del poste expuesto al viento (m)

(Dirección General de Electricidad, 2003)

- **Momento de la fuerza de tracción en el conductor portante (Mtc)**

$$Mtc = Fct * (Hv - 0.10)$$

$$Fc = 2 * \sigma * A * \sin(\alpha/2)$$

Donde:

Fc: Fuerza de tracción en el conductor

Hv: Altura del poste expuesto al viento (m)

σ : Esfuerzo (kg/mm²)

(Dirección General de Electricidad, 2003)

- **Fuerza en la punta del poste (f)**

$$f = \frac{Mt}{Hv - 0.10}$$

Donde:

Mt: Momento total

Hv: Altura del poste expuesto al viento (m)

(Dirección General de Electricidad, 2003)

1.2 Definición de Términos Básicos

1.2.1 Asentamiento humano

Habilitación urbana para uso de vivienda en vía de regularización, es competencia de la Municipalidad Provincial otorgar el reconocimiento que lo acredite como tal. (Dirección General de Electricidad, 2002)

1.2.2 Calificación eléctrica

Carga eléctrica mínima que requiere una habilitación de tierra para ser dotada de servicio público de electricidad. (Dirección General de Electricidad, 2002)

1.2.3 Sistema de distribución

Es el conjunto de instalaciones eléctricas comprendidas desde un sistema de generación o transformación a media tensión, hasta los puntos de entrega de los usuarios de media o baja tensión, inclusive las unidades de alumbrado público. (Dirección General de Electricidad, 2002)

1.2.4 Sistema de distribución secundaria

Es aquel destinado a transportar la energía eléctrica suministrada normalmente a bajas tensiones, desde un sistema de generación, eventualmente a través de un sistema de transmisión o sistema de distribución primaria, a las conexiones. (Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento., 2012)

1.2.5 Instalaciones de alumbrado público

Conjunto de dispositivos necesarios para dotar de iluminación a vías y lugares públicos (avenidas, jirones, calles, pasajes, plazas, parques, paseos, puentes, etc.), abarcando las redes y las unidades de alumbrado público. (Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento., 2012)

1.2.6 Estructura de soporte

La unidad principal de soporte (usualmente un poste o una torre o un pedestal). (Dirección General de Electricidad, 2011)

1.2.7 Flecha de un conductor

La distancia vertical máxima en un vano de una línea aérea, medida del conductor a la línea recta que une sus puntos de apoyo. (Dirección General de Electricidad, 2011)

1.2.8 Longitud del vano

Distancia horizontal entre dos puntos de enlace del conductor sobre dos soportes consecutivos. (Dirección General de Electricidad, 2011)

1.2.9 Subestación de distribución

Conjunto de instalaciones, incluyendo las eventuales edificaciones requeridas para albergarlas, destinado a la transformación de la tensión eléctrica y al seccionamiento y protección de circuitos o sólo al seccionamiento y protección de circuitos y está bajo el control de personas calificadas. (Dirección General de Electricidad, 2011)

1.2.10 Punto de Diseño

Es el lugar asignado por el Concesionario a partir del cual se debe iniciar el proyecto del Sistema de Distribución o Sistema de Utilización en Media Tensión. (Dirección General de Electricidad, 2002)

1.2.11 En servicio

Las líneas y equipos son considerados en servicio, cuando están conectados al sistema y son capaces de suministrar energía o señales de comunicación. (Dirección General de Electricidad, 2011)

1.2.12 Puesto a tierra

Conectado a tierra o en contacto con ella o conectado a un cuerpo conductor que actúe como la tierra. (Dirección General de Electricidad, 2011)

1.2.13 Concesionario de distribución de energía eléctrica

Es la persona natural o jurídica, nacional o extranjera, que desarrolla actividades de distribución de energía eléctrica en una zona de concesión establecida por el Ministerio de Energía y Minas, cuya demanda supere los 500 kW. (Dirección General de Electricidad, 2002)

1.2.14 Tensión

La diferencia de potencial eficaz entre dos conductores cualquiera o entre un conductor y la tierra. Las tensiones están expresadas en valores nominales a menos que se indique lo contrario. La tensión nominal de un sistema o circuito es el valor asignado al sistema o circuito para una clase dada de tensión con el fin de tener una designación adecuada. La tensión de operación del sistema puede variar por encima o por debajo de este valor. (Dirección General de Electricidad, 2011)

1.2.15 Nivel de Aislamiento

Conjunto de valores de tensión que caracterizan el aislamiento de un material o equipo, relativos a su aptitud para soportar los esfuerzos dieléctricos sin deterioro, falla ni perforación. (Dirección General de Electricidad, 2002)

CAPITULO II: METODOLOGÍA DE DESARROLLO DEL TRABAJO PROFESIONAL

2.1 Delimitación temporal y espacial del trabajo

2.1.1 Temporal

El desarrollo del trabajo comprendió el periodo de: mayo 2019 – septiembre 2019

2.1.2 Espacial

El diseño de la red de distribución secundaria para la electrificación del Asentamiento Humano Buena Vista del Paraíso, se ubica en la zona administrativa dos denominada Villa María del Triunfo (Cercado), en el distrito de Villa María del Triunfo, de la provincia de Lima, ubicada en el departamento homónimo, en Perú.

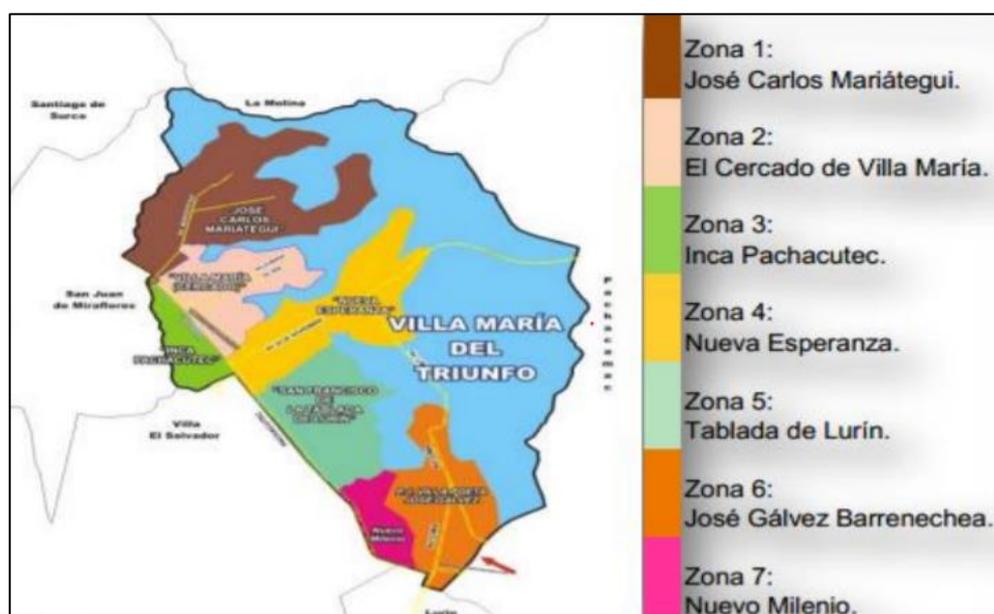


Figura 14. Zona administrativa VMT

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática

El Asentamiento Humano Buena Vista del Paraíso limita al norte con el A.H. El Paraíso, al Este con el A.H. Las Brisas del Paraíso, Al Oeste con el A.H. Viñas de Valle, y al Sur con el A.H. José Ugaz Cárdenas.

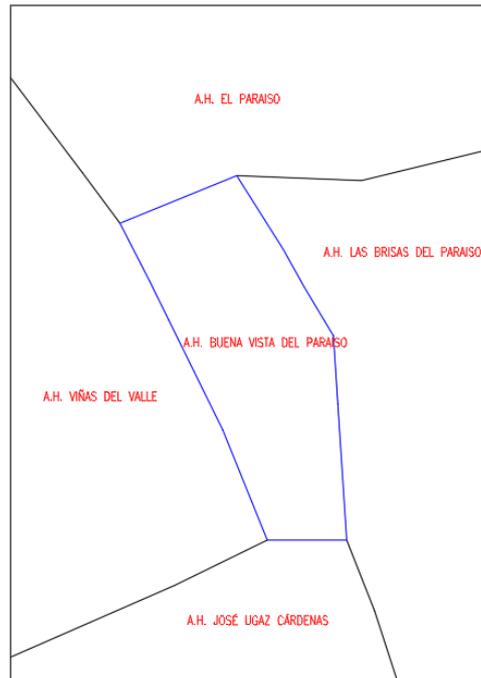


Figura 15. Croquis de ubicación del A.H. Buena Vista del Paraíso
Fuente: Elaboración propia, en base a datos Google Maps

2.2 Determinación y análisis del problema

2.2.1 Determinación del problema

El distrito de Villa María del Triunfo según el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) en el censo nacional 2017, en Lima a nivel de los distritos del sur obtuvo la mayor cantidad de habitantes con 398433 personas con una densidad poblacional de 5645.93 Hab/km², la tasa de crecimiento poblacional del 2007 al 2017 fue de 0.5% anual.

El 14.7% de la población no tiene agua por red pública y el 10% de la población no cuenta con el servicio básico de energía eléctrica. En el aspecto de medios de comunicación en el censo nacional INEI 2017, en Villa María del Triunfo el mayor número de hogares tiene telefonía móvil con un 91.2%, teléfono fijo 30.1%, conexión de Tv por cable 44.3% y conexión a internet 34.7%. (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2018)

Tabla 3. Porcentaje de servicios básicos en VMT

| Villa María del Triunfo | |
|---------------------------------------|--------|
| Servicio de agua potable | |
| Con agua por red pública domiciliaria | 78.60% |
| Pilón o pileta de uso publico | 6.20% |
| Pozo (agua subterránea) | 0.50% |
| No tienen agua por red publica | 14.70% |
| Servicio de energía eléctrica | |
| Cuenta con energía eléctrica | 90% |
| No cuenta con energía eléctrica | 10% |
| Medios de comunicación | |
| Teléfono celular | 91.2% |
| Teléfono fijo | 30.1% |
| Conexión a Tv. por cable | 44.3% |
| Conexión a internet | 34.7% |

Fuente: Elaboración propia en base a datos del compendio de sistema estadístico Provincia de Lima 2018

El Asentamiento Humano Buenas Vista del Paraíso está dentro de este grupo que no cuenta con los servicios básicos el cual es un obstáculo para lograr una mejor calidad de vida para sus habitantes.

La carencia de la red eléctrica incluye la ausencia de alumbrado público que genera múltiples perjuicios para la sociedad entre los que destacan accidentes automovilísticos e índices de criminalidad según Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería (OSINERGMIN, 2016), este último se contrasta con los datos estadísticos de criminalidad y seguridad ciudadana 2011-2017.

Los datos estadísticos de INEI y del Sistema de Denuncias Policiales (SIDPOL) de la Policía Nacional de Perú (PNP) muestran que Lima Metropolitana ha registrado 178766 denuncias en comisarías por comisión de delitos, siendo VMT el séptimo distrito con mayores denuncias con 7859 en el 2017. (ver figura 16) (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2018).

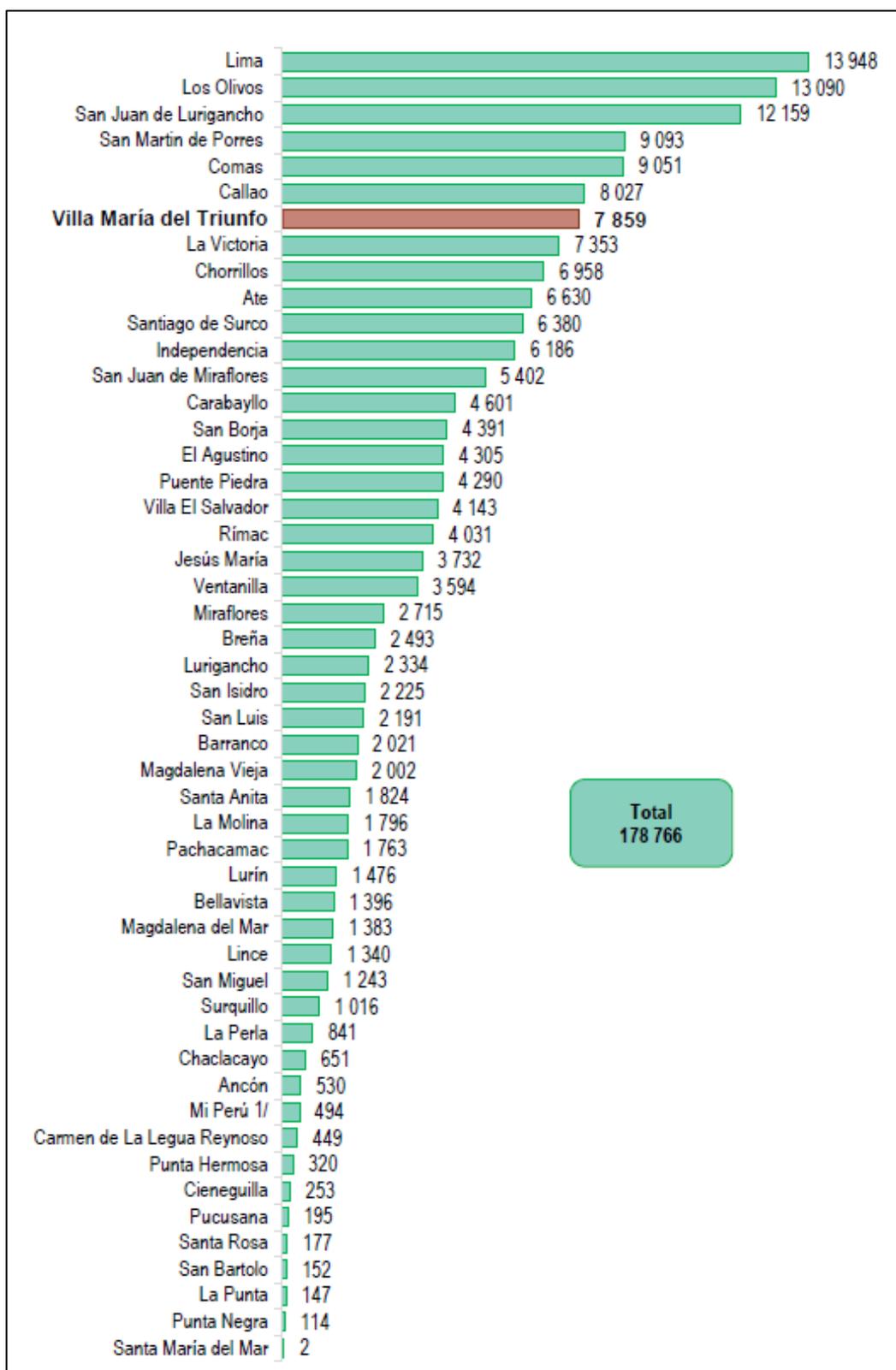


Figura 16. Lima Metropolitana: Denuncias por comisión de delitos, según distritos en el año 2017

Fuente: Documento "Perú: anuario estadístico de la criminalidad y seguridad ciudadana, 2011-2017 – Visión Departamental, Provincial y Distrital"

De las 7859 denuncias de VMT son delitos contra el patrimonio 60.8%, contra la seguridad pública 16.8%, contra la vida el cuerpo y salud 13.1%, contra la libertad 6.8% y otros 2.5%. (ver tabla 4)

Tabla 4. Porcentaje de denuncias por comisión de delitos VMT en el año 2017

| Denuncias | |
|--------------------------------------|-------|
| Contra el patrimonio | 60.8% |
| Contra la seguridad pública | 16.8% |
| Contra la vida, el cuerpo y la salud | 13.1% |
| Contra la libertad | 6.8% |
| Otros | 2.5% |

Fuente: Elaboración propia en base al documento “Perú: anuario estadístico de la criminalidad y seguridad ciudadana, 2011-2017 – Visión Departamental, Provincial y Distrital”

2.2.2 Análisis del problema

- La calificación eléctrica se determina en función del tipo de habilitación poblacional de la zona y el tipo de sector de distribución típico de la empresa concesionaria, que nos da como resultado la carga eléctrica mínima (o mínima “demanda máxima”) por lote. Esta calificación eléctrica se obtiene de la Norma DGE “Calificación eléctrica para la elaboración de proyectos de subsistemas de distribución secundaria”.
- La demanda máxima del Asentamiento Humano se determina teniendo en cuenta la demanda de servicio particular y del sistema de alumbrado público. Para el servicio público se determina con la calificación eléctrica de la zona (demanda máxima por lote) y la cantidad de lotes y para el sistema de alumbrado se determina con la potencia por cada lámpara y la cantidad de lámparas a utilizar.
- Para el diseño de la red de distribución secundaria se deben considerar, el plano de trazado y lotización del Asentamiento Humano, las normativas técnicas de distribución vigentes y también se debe realizar una inspección en campo para verificar la ubicación de los lotes conforme al plano, para ubicar los postes en zonas seguras y además para

actualizar en campo el plano teniendo en cuenta los desniveles y los accesos a las calles o pasajes.

- Para realizar las especificaciones técnicas de montaje y de las pruebas eléctricas antes de la puesta en servicio, se va a tener en cuenta los parámetros que indican en el Código Nacional de Electricidad y la norma interna de Luz del Sur.

2.3 Modelo de solución propuesto

2.3.1 Generalidades

Alcance del trabajo: El trabajo comprende el diseño y la ejecución de la red de distribución secundaria para la electrificación del Asentamiento Humano Buena Vista del Paraíso, Villa María del Triunfo. El cuál es la expansión de la red de Luz del Sur que permite suministrar energía eléctrica a 92 lotes pertenecientes al Asentamiento Humano.

Ubicación geográfica: La ejecución del trabajo se ubicó en el Asentamiento Humano Buena Vista del Paraíso el cual limita al norte con el A.H. El Paraíso, al Este con el A.H. Las Brisas del Paraíso, Al Oeste con el A.H. Viñas de Valle, y al Sur con el A.H. José Ugaz Cárdenas.



Figura 17. A.H. Buena Vista del Paraíso

Fuente: Google Maps

Calificación eléctrica: Para la calificación eléctrica se tiene en cuenta la habilitación de la zona (habilitaciones para vivienda en vías de regularización, calificados como Asentamientos Humanos Marginales o Pueblos Jóvenes) y el sector de distribución típico de la concesionaria eléctrica (Luz del Sur sector de distribución típico 1) como lo estipula en la Norma DGE “Calificación eléctrica para la elaboración de proyectos de subsistemas de distribución secundaria”.

Con la tabla 2 determinamos que la calificación eléctrica es: 700 W/Lote.

2.3.2 Descripciones del trabajo

Red de distribución secundaria

Red de distribución aérea, tensión de 220V, frecuencia de 60 Hz, sistema de 3 hilos, que será alimentado por la SAM (subestación aérea monopostes) de 50 kVA N°21649

Demanda máxima

- **Servicio Particular**

Demanda máxima del servicio particular es:

Tabla 5. Demanda máxima de servicio particular

| Tipo de Carga | Cantidad | Demanda máxima por lote (kW) | Factor de simultaneidad (f.s.) | Factor de potencia (f.p.) | Demanda máxima (kW) | Demanda máxima (kVA) |
|---------------------|----------|------------------------------|--------------------------------|---------------------------|---------------------|----------------------|
| Servicio Particular | 92 | 0.7 | 0.5 | 0.9 | 32.20 | 35.78 |

Fuente: Elaboración propia, en base al plano de lotización, calificación eléctrica del asentamiento humano y base de datos internos de Luz del Sur

- **Alumbrado público**

Tipo de lámpara:

Tabla 6. Lámpara de sodio

| Tipo de lámpara | Potencia de lámpara (W) | Pérdidas (W) | Total (W) | Total (kW) |
|--------------------------------|-------------------------|--------------|-----------|------------|
| Vapor de sodio de alta presión | 150 | 18.6 | 168.6 | 0.1686 |

Figura: Elaboración propia, en base a la norma “bases para el diseño de líneas y redes secundarias con conductores autoportantes para electrificación rural” - DGE

La demanda máxima de la instalación de alumbrado público es:

Tabla 7. Demanda máxima de alumbrado público

| Tipo de Carga | Cantidad | Potencia de lámpara (kW) | Factor de simultaneidad (f.s.) | Factor de potencia (f.p.) | Demanda máxima (kW) | Demanda máxima (kVA) |
|-------------------|----------|--------------------------|--------------------------------|---------------------------|---------------------|----------------------|
| Alumbrado Público | 31 | 0.1686 | 1 | 0.9 | 5.23 | 5.81 |

Fuente: Elaboración propia, en base a metrado de plano eléctrico, datos internos de Luz del Sur y datos de la tabla 4

Por lo tanto, la demanda máxima total es:

Tabla 8. Demanda máxima total

| Tipo de Carga | Cantidad | Demanda máxima (kW/Lote) | Factor de simultaneidad (f.s.) | Factor de potencia (f.p.) | Demanda máxima (kW) | Demanda máxima (kVA) |
|---------------------|----------|--------------------------|--------------------------------|---------------------------|---------------------|----------------------|
| Servicio Particular | 92 | 0.7 | 0.5 | 0.9 | 32.20 | 35.78 |
| Alumbrado Publico | 31 | 0.1686 | 1 | 0.9 | 5.23 | 5.81 |
| TOTAL | | | | | 37.43 | 41.59 |

Fuente: Elaboración propia, en base a la tabla 3 y 5

Con la demanda máxima total se verifica que la subestación eléctrica de potencia de 50 kVA es suficiente para poder suministrar la energía eléctrica al A.H Buena Vista del Paraíso.

2.3.3 Bases del diseño

El diseño y la ejecución del trabajo cumplen con las exigencias técnicas de los dispositivos vigentes relacionados en el ámbito de la Distribución, siendo los relevantes los siguientes:

- Decreto Ley N°25844 “Ley de Concesiones Eléctricas” y su Reglamento.
- Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos.
- Código Nacional de Electricidad de Distribución
- Código Nacional Electricidad Suministro.
- Calificación eléctrica.

- Plano de lotización en escala adecuada y documento de aprobación emitido por la Municipalidad Provincial o Distrital según corresponda.
- Norma DGE “Bases para el diseño de líneas y redes secundarias con conductores autoportantes para electrificación rural”.
- Normas DGE “Terminología en Electricidad” y “Símbolos Gráficos en Electricidad”.
- Norma DGE “Procedimientos para la elaboración de proyectos y ejecución de obras en sistemas de distribución y sistemas de utilización en media tensión en zonas de concesión de distribución”.
- Disposiciones municipales según corresponda.
- Reglamento Nacional de Construcciones vigente.
- Sistema Legal de Unidades de Medida del Perú (SLUMP).
- Norma Técnica DGE de Alumbrado de Vías Públicas.

2.3.4 Parámetros considerados

Caída de tensión

La máxima caída de tensión permitida para las redes de servicio particular, desde salida del tablero de distribución de baja tensión hasta el extremo terminal más alejado de la red no debe exceder el 5% de la tensión nominal como lo estipula en el Código Nacional de Electricidad (Norma de suministro).

Factor de simultaneidad

Servicio particular: 0.5

Alumbrado público: 1

Tabla de capacidades de corriente

La capacidad de corrientes de conductores autoportantes tipo CAAI-S para redes aéreas de baja tensión son las siguientes:

Tabla 9. Capacidad de corriente para conductor CAAI-S

| Conductor | Capacidad de corriente (A) | | Peso (Kg/Km) | Resistencia óhmica (Ohm/Km a 20°C) | | Reactancia inductiva (Ohm/Km a 60Hz) | | Factor de caída de tensión (V/A.Km) | |
|---------------------------|----------------------------|----|--------------|------------------------------------|-------|--------------------------------------|-------|-------------------------------------|-------|
| | Fase | AP | | Fase | AP | Fase | AP | Fase | AP |
| 3x35+2x16 mm ² | 153 | 97 | 542 | 0.868 | 1.900 | 0.0974 | 0.120 | 1.641 | 3.520 |
| 3x16+2x16 mm ² | 97 | 97 | 370 | 1.900 | 1.900 | 0.120 | 0.120 | 3.514 | 3.514 |

Fuente: Elaboración propia, en base catálogo de fabricante CEPER CABLES

La capacidad de corriente del conductor N2XY para redes subterráneas de baja tensión es la siguiente:

Tabla 10. Capacidad de corriente para conductor N2XY

| Conductor | Capacidad de corriente (A) | Peso (Kg/Km) | Resistencia óhmica (Ohm/Km a 20°C) | Reactancia inductiva (Ohm/Km a 60Hz) | Factor de caída de tensión (V/A.Km) |
|------------------------|----------------------------|--------------|------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|
| 2x1-16 mm ² | 123 | 356 | 1.150 | 0.13 | 2.072 |

Fuente: Elaboración propia, en base catálogo de fabricante CEPER CABLES

La capacidad de corriente del conductor NA2XY para redes subterráneas de baja tensión es la siguiente:

Tabla 11. Capacidad de corriente para conductor NA2XY

| Formación | Capacidad de corriente (A) | Peso (Kg/Km) | Resistencia óhmica (Ohm/Km a 20°C) | Reactancia inductiva (Ohm/Km a 60Hz) | Factor de caída de tensión (V/A.Km) |
|-------------------------|----------------------------|--------------|------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|
| 3x1-120 mm ² | 289 | 1450 | 0.253 | 0.114 | 0.568 |

Fuente: Elaboración propia, en base catálogo de fabricante CEPER CABLES

2.3.5 Cálculos justificativos

2.3.5.1 Cálculo de caída de tensión y dimensionamiento del conductor

La caída de tensión es la diferencia de potencial que existe entre los extremos de cualquier conductor. Este valor se mide en voltios y representa el gasto de fuerza que implica el paso de la corriente por el mismo.

La fórmula para el cálculo de caída de tensión es la siguiente:

$$\Delta V = K * I * L * 10^{-3}$$

Donde:

I: Corriente en amperios (A)

L: Longitud del tramo de la red (m)

K: Factor de caída de tensión

Para los cálculos y la determinación de las secciones de los conductores del servicio particular (SP) y el alumbrado público (AP) son los siguientes:

Tabla 12. Conductores

| Conductor | Capacidad de corriente (A) | | Sección (mm2) | | Factor de caída de tensión (V/A.Km) | |
|----------------------|----------------------------|-------|---------------|-------|-------------------------------------|-------|
| | SP | AP | SP | AP | SP | AP |
| CAAI-S 3x35+2x16 mm2 | 153 | 97 | 35 | 16 | 1.641 | 3.520 |
| CAAI-S 3x16+2x16 mm2 | 97 | 97 | 16 | 16 | 3.514 | 3.520 |
| NA2XY 3x1-120 mm2 | 289 | ----- | 120 | ----- | 0.568 | ----- |
| N2XY 2x1-16 mm2 | ----- | 123 | ----- | 16 | ----- | 2.072 |

Fuente: Elaboración propia, en base a los datos de las tablas 7;8 y 9

Se calcula la caída de tensión en cada tramo del del circuito de servicio particular

Resultados de caída de tensión de servicio particular por tramos

Circuito: Servicio particular

Subestación aérea monoposte: SAM N°21649

Circuito: Servicio particular / Tramo: 1

Tabla 13. Resultados de caída de tensión en el tramo 1 SP

| Punto | Conductor | | | Long (m) | Lotes | | Corriente (A) | | Caída de tensión (V) | | | Tensión (V) |
|-------|----------------------------|-------|-----|----------|-------|----|---------------|-------|----------------------|-------------|-------------|-------------|
| | Sección (mm ²) | K | (A) | | Cant. | Σ | Cant. | Σ | Punto | Σ | (%) | 220.00 |
| 1 | 3x1-120 NA2XY | 3.494 | 289 | 2 | 92 | 92 | 93.89 | 93.89 | 0.66 | 0.66 | 0.30 | 219.34 |
| 1.1 | 3x1-120 NA2XY | 3.494 | 289 | 4 | 57 | 57 | 58.17 | 58.17 | 0.81 | 1.47 | 0.67 | 219.19 |
| 1.1.1 | 3x1-120 NA2XY | 3.494 | 289 | 10 | 48 | 48 | 48.99 | 48.99 | 1.71 | 3.18 | 1.45 | 218.29 |
| P14 | 3x1-120 NA2XY | 3.494 | 289 | 1 | 3 | 48 | 3.06 | 48.99 | 0.17 | 3.35 | 1.52 | 219.83 |
| P15 | 3x35 CAAI-S | 1.641 | 153 | 27.5 | 3 | 45 | 3.06 | 45.93 | 2.07 | 5.42 | 2.47 | 217.93 |
| P16 | 3x35 CAAI-S | 1.641 | 153 | 28.5 | 4 | 31 | 4.08 | 31.64 | 1.48 | 6.90 | 3.14 | 218.52 |
| P17 | 3x35 CAAI-S | 1.641 | 153 | 29 | 4 | 15 | 4.08 | 15.31 | 0.73 | 7.63 | 3.47 | 219.27 |
| P30 | 3x16 CAAI-S | 3.514 | 97 | 7 | 0 | 11 | 0.00 | 11.23 | 0.28 | 7.91 | 3.59 | 219.72 |
| P31 | 3x16 CAAI-S | 3.514 | 97 | 28.5 | 6 | 11 | 6.12 | 11.23 | 1.12 | 9.03 | 4.11 | 218.88 |
| P32 | 3x16 CAAI-S | 3.514 | 97 | 23 | 5 | 5 | 5.10 | 5.10 | 0.41 | 9.45 | 4.29 | 219.59 |

Fuente: Elaboración propia, en base al catálogo de fabricante CEPER CABLES, medrado de planos eléctricos y el código nacional de electricidad - sistema de distribución

Circuito: Servicio particular / Tramo: 2

Tabla 14. Resultados de caída de tensión en el tramo 2 SP

| Punto | Conductor | | | Long (m) | Lotes | | Corriente (A) | | Caída de tensión (V) | | | Tensión (V) |
|-------|----------------------------|-------|-----|----------|-------|----|---------------|-------|----------------------|------|------|-------------|
| | Sección (mm ²) | K | (A) | | Cant. | Σ | Cant. | Σ | Punto | Σ | (%) | 220.00 |
| 1 | 3x1-120 NA2XY | 3.494 | 289 | 2 | 92 | 92 | 93.89 | 93.89 | 0.66 | 0.66 | 0.30 | 219.34 |
| 1.1 | 3x1-120 NA2XY | 3.494 | 289 | 4 | 57 | 57 | 58.17 | 58.17 | 0.81 | 1.47 | 0.67 | 219.19 |
| 1.1.1 | 3x1-120 NA2XY | 3.494 | 289 | 10 | 48 | 48 | 48.99 | 48.99 | 1.71 | 3.18 | 1.45 | 218.29 |
| P14 | 3x1-120 NA2XY | 3.494 | 289 | 1 | 3 | 48 | 3.062 | 48.99 | 0.17 | 3.35 | 1.52 | 219.83 |
| P15 | 3x35 CAAI-S | 1.641 | 153 | 27.5 | 3 | 45 | 3.062 | 45.93 | 2.07 | 5.42 | 2.47 | 217.93 |
| P16 | 3x35 CAAI-S | 1.641 | 153 | 28.5 | 4 | 31 | 4.082 | 31.64 | 1.48 | 6.90 | 3.14 | 218.52 |

| | | | | | | | | | | | | |
|-----|----------------|-------|----|----|---|----|-------|-------|------|-------------|-------------|--------|
| P26 | 3x16 CAAI-S | 3.514 | 97 | 11 | 0 | 12 | 0 | 12.25 | 0.47 | 7.38 | 3.35 | 219.53 |
| P27 | 3x16 CAAI-S | 3.514 | 97 | 22 | 6 | 12 | 6.123 | 12.25 | 0.95 | 8.32 | 3.78 | 219.05 |
| P28 | 3x16 CAAI-S | 3.514 | 97 | 28 | 6 | 6 | 6.123 | 6.12 | 0.60 | 8.93 | 4.06 | 219.40 |

Fuente: Elaboración propia, en base al catálogo de fabricante CEPER CABLES, medrado de planos eléctricos y el código nacional de electricidad - sistema de distribución.

Circuito: Servicio particular / Tramo: 3

Tabla 15. Resultados de caída de tensión en el tramo 3 SP

| Punto | Conductor | | | Long (m) | Lotes | | Corriente (A) | | Caída de tensión (V) | | | Tensión (V) |
|-------|----------------------------|-------|-----|----------|-------|----|---------------|-------|----------------------|-------------|-------------|-------------|
| | Sección (mm ²) | K | (A) | | Cant. | Σ | Cant. | Σ | Punto | Σ | (%) | 220.00 |
| 1 | 3x1-120 NA2XY | 3.494 | 289 | 2 | 92 | 92 | 93.89 | 93.89 | 0.66 | 0.66 | 0.30 | 219.34 |
| 1.1 | 3x1-120 NA2XY | 3.494 | 289 | 4 | 57 | 57 | 58.17 | 58.17 | 0.81 | 1.47 | 0.67 | 219.19 |
| 1.1.1 | 3x1-120 NA2XY | 3.494 | 289 | 10 | 48 | 48 | 48.99 | 48.99 | 1.71 | 3.18 | 1.45 | 218.29 |
| P14 | 3x1-120 NA2XY | 3.494 | 289 | 1 | 3 | 48 | 3.062 | 48.99 | 0.17 | 3.35 | 1.52 | 219.83 |
| P15 | 3x35 CAAI-S | 1.641 | 153 | 27.5 | 3 | 45 | 3.062 | 45.93 | 2.07 | 5.42 | 2.47 | 217.93 |
| P22 | 3x16 CAAI-S | 3.514 | 97 | 6.5 | 0 | 11 | 0 | 11.23 | 0.26 | 5.68 | 2.58 | 219.74 |
| P23 | 3x16 CAAI-S | 3.514 | 97 | 19 | 5 | 11 | 5.103 | 11.23 | 0.75 | 6.43 | 2.92 | 219.25 |
| P24 | 3x16 CAAI-S | 3.514 | 97 | 25 | 6 | 6 | 6.123 | 6.12 | 0.54 | 6.97 | 3.17 | 219.46 |

Fuente: Elaboración propia, en base al catálogo de fabricante CEPER CABLES, medrado de planos eléctricos y el código nacional de electricidad - sistema de distribución.

Circuito: Servicio particular / Tramo: 4

Tabla 16. Resultados de caída de tensión en el tramo 4 SP

| Punto | Conductor | | | Long (m) | Lotes | | Corriente (A) | | Caída de tensión (V) | | | Tensión (V) |
|-------|----------------------------|-------|-----|----------|-------|----|---------------|-------|----------------------|------|------|-------------|
| | Sección (mm ²) | K | (A) | | Cant. | Σ | Cant. | Σ | Punto | Σ | (%) | 220.00 |
| 1 | 3x1-120 NA2XY | 3.494 | 289 | 2 | 92 | 92 | 93.89 | 93.89 | 0.66 | 0.66 | 0.30 | 219.34 |
| 1.1 | 3x1-120 NA2XY | 3.494 | 289 | 4 | 57 | 57 | 58.17 | 58.17 | 0.81 | 1.47 | 0.67 | 219.19 |
| 1.1.2 | 3x1-120 NA2XY | 3.494 | 289 | 11 | 9 | 9 | 9.185 | 9.19 | 0.35 | 1.82 | 0.83 | 219.65 |
| P18 | 3x16 CAAI-S | 3.514 | 97 | 1 | 0 | 9 | 0 | 9.19 | 0.03 | 1.85 | 0.84 | 219.97 |

| | | | | | | | | | | | | |
|-----|----------------|-------|----|----|---|---|-------|------|------|-------------|-------------|--------|
| P19 | 3x16 CAAI-S | 3.514 | 97 | 29 | 3 | 9 | 3.062 | 9.19 | 0.94 | 2.79 | 1.27 | 219.06 |
| P20 | 3x16 CAAI-S | 3.514 | 97 | 24 | 3 | 6 | 3.062 | 6.12 | 0.52 | 3.31 | 1.50 | 219.48 |
| P21 | 3x16 CAAI-S | 3.514 | 97 | 12 | 3 | 3 | 3.062 | 3.06 | 0.13 | 3.44 | 1.56 | 219.87 |

Fuente: Elaboración propia, en base al catálogo de fabricante CEPER CABLES, medrado de planos eléctricos y el código nacional de electricidad - sistema de distribución.

Circuito: Servicio particular / Tramo: 5

Tabla 17. Resultados de caída de tensión en el tramo 5 SP

| Punto | Conductor | | | Long (m) | Lotes | | Corriente (A) | | Caída de tensión (V) | | | Tensión (V) |
|-------|----------------------------|-------|-----|----------|-------|----|---------------|-------|----------------------|-------------|-------------|-------------|
| | Sección (mm ²) | K | (A) | | Cant. | Σ | Cant. | Σ | Punto | Σ | (%) | 220.00 |
| 1 | 3x1-120 NA2XY | 3.494 | 289 | 2 | 92 | 92 | 93.89 | 93.89 | 0.66 | 0.66 | 0.30 | 219.34 |
| 1.2 | 3x1-120 NA2XY | 3.494 | 289 | 13 | 35 | 35 | 35.72 | 35.72 | 1.62 | 2.28 | 1.04 | 218.38 |
| P1 | 3x16 CAAI-S | 3.514 | 97 | 1 | 35 | 35 | 35.72 | 35.72 | 0.13 | 2.40 | 1.09 | 219.87 |
| P2 | 3x16 CAAI-S | 3.514 | 97 | 19 | 0 | 35 | 0 | 35.72 | 2.38 | 4.79 | 2.18 | 217.62 |
| P6 | 3x16 CAAI-S | 3.514 | 97 | 8 | 5 | 10 | 5.103 | 10.21 | 0.29 | 5.08 | 2.31 | 219.71 |
| P7 | 3x16 CAAI-S | 3.514 | 97 | 27 | 5 | 5 | 5.103 | 5.10 | 0.48 | 5.56 | 2.53 | 219.52 |

Fuente: Elaboración propia, en base al catálogo de fabricante CEPER CABLES, medrado de planos eléctricos y el código nacional de electricidad - sistema de distribución.

Circuito: Servicio particular / Tramo: 6

Tabla 18. Resultados de caída de tensión en el tramo 6 SP

| Punto | Conductor | | | Long (m) | Lotes | | Corriente (A) | | Caída de tensión (V) | | | Tensión (V) |
|-------|----------------------------|-------|-----|----------|-------|----|---------------|-------|----------------------|------|------|-------------|
| | Sección (mm ²) | K | (A) | | Cant. | Σ | Cant. | Σ | Punto | Σ | (%) | 220.00 |
| 1 | 3x1-120 NA2XY | 3.494 | 289 | 2 | 92 | 92 | 93.89 | 93.89 | 0.66 | 0.66 | 0.30 | 219.34 |
| 1.2 | 3x1-120 NA2XY | 3.494 | 289 | 13 | 35 | 35 | 35.72 | 35.72 | 1.62 | 2.28 | 1.04 | 218.38 |
| P1 | 3x16 CAAI-S | 3.514 | 97 | 1 | 35 | 35 | 35.72 | 35.72 | 0.13 | 2.40 | 1.09 | 219.87 |
| P2 | 3x16 CAAI-S | 3.514 | 97 | 19 | 0 | 35 | 0 | 35.72 | 2.38 | 4.79 | 2.18 | 217.62 |
| P3 | 3x16 CAAI-S | 3.514 | 97 | 28.5 | 0 | 25 | 0 | 25.51 | 2.56 | 7.34 | 3.34 | 217.44 |
| P8 | 3x16 CAAI-S | 3.514 | 97 | 10 | 4 | 13 | 4.082 | 13.27 | 0.47 | 7.81 | 3.55 | 219.53 |

| | | | | | | | | | | | | |
|-----|----------------|-------|----|----|---|---|-------|------|------|-------------|-------------|--------|
| P9 | 3x16 CAAI-S | 3.514 | 97 | 25 | 5 | 9 | 5.103 | 9.19 | 0.81 | 8.62 | 3.92 | 219.19 |
| P10 | 3x16 CAAI-S | 3.514 | 97 | 17 | 4 | 4 | 4.082 | 4.08 | 0.24 | 8.86 | 4.03 | 219.76 |

Fuente: Elaboración propia, en base al catálogo de fabricante CEPER CABLES, medrado de planos eléctricos y el código nacional de electricidad - sistema de distribución.

Circuito: Servicio particular / Tramo: 7

Tabla 19. Resultados de caída de tensión en el tramo 7 SP

| Punto | Conductor | | | Long (m) | Lotes | | Corriente (A) | | Caída de tensión (V) | | | Tensión (V) |
|-------|----------------------------|-------|-----|----------|-------|----|---------------|-------|----------------------|-------------|-------------|-------------|
| | Sección (mm ²) | K | (A) | | Cant. | Σ | Cant. | Σ | Punto | Σ | (%) | 220.00 |
| 1 | 3x1-120 NA2XY | 3.494 | 289 | 2 | 92 | 92 | 93.89 | 93.89 | 0.66 | 0.66 | 0.30 | 219.34 |
| 1.2 | 3x1-120 NA2XY | 3.494 | 289 | 13 | 35 | 35 | 35.72 | 35.72 | 1.62 | 2.28 | 1.04 | 218.38 |
| P1 | 3x16 CAAI-S | 3.514 | 97 | 1 | 35 | 35 | 35.72 | 35.72 | 0.13 | 2.40 | 1.09 | 219.87 |
| P2 | 3x16 CAAI-S | 3.514 | 97 | 19 | 0 | 35 | 0 | 35.72 | 2.38 | 4.79 | 2.18 | 217.62 |
| P3 | 3x16 CAAI-S | 3.514 | 97 | 28.5 | 0 | 25 | 0 | 25.51 | 2.56 | 7.34 | 3.34 | 217.44 |
| P4 | 3x16 CAAI-S | 3.514 | 97 | 28.5 | 0 | 12 | 0 | 12.25 | 1.23 | 8.57 | 3.90 | 218.77 |
| P11 | 3x16 CAAI-S | 3.514 | 97 | 10 | 5 | 10 | 5.103 | 10.21 | 0.36 | 8.93 | 4.06 | 219.64 |
| P12 | 3x16 CAAI-S | 3.514 | 97 | 23 | 5 | 5 | 5.103 | 5.10 | 0.41 | 9.34 | 4.25 | 219.59 |

Fuente: Elaboración propia, en base al catálogo de fabricante CEPER CABLES, medrado de planos eléctricos y el código nacional de electricidad - sistema de distribución.

Circuito: Servicio particular / Tramo: 8

Tabla 20. Resultados de caída de tensión en el tramo 8 SP

| Punto | Conductor | | | Long (m) | Lotes | | Corriente (A) | | Caída de tensión (V) | | | Tensión (V) |
|-------|----------------------------|-------|-----|----------|-------|----|---------------|-------|----------------------|------|------|-------------|
| | Sección (mm ²) | K | (A) | | Cant. | Σ | Cant. | Σ | Punto | Σ | (%) | 220.00 |
| 1 | 3x1-120 NA2XY | 3.494 | 289 | 2 | 92 | 92 | 93.89 | 93.89 | 0.66 | 0.66 | 0.30 | 219.34 |
| 1.2 | 3x1-120 NA2XY | 3.494 | 289 | 13 | 35 | 35 | 35.72 | 35.72 | 1.62 | 2.28 | 1.04 | 218.38 |
| P1 | 3x16 CAAI-S | 3.514 | 97 | 1 | 35 | 35 | 35.72 | 35.72 | 0.13 | 2.40 | 1.09 | 219.87 |
| P2 | 3x16 CAAI-S | 3.514 | 97 | 19 | 0 | 35 | 0 | 35.72 | 2.38 | 4.79 | 2.18 | 217.62 |
| P3 | 3x16 CAAI-S | 3.514 | 97 | 28.5 | 0 | 25 | 0 | 25.51 | 2.56 | 7.34 | 3.34 | 217.44 |

| | | | | | | | | | | | | |
|----|----------------|-------|----|------|---|----|-------|-------|------|-------------|-------------|--------|
| P4 | 3x16 CAAI-S | 3.514 | 97 | 28.5 | 0 | 12 | 0 | 12.25 | 1.23 | 8.57 | 3.90 | 218.77 |
| P5 | 3x16 CAAI-S | 3.514 | 97 | 26 | 2 | 2 | 2.041 | 2.04 | 0.19 | 8.76 | 3.98 | 219.81 |

Fuente: Elaboración propia, en base al catálogo de fabricante CEPER CABLES, medrado de planos eléctricos y el código nacional de electricidad - sistema de distribución.

Se observa que la caída de tensión de cada tramo en la red de servicio particular es inferior al 5% de la tensión nominal como lo estipula en el Código Nacional de Electricidad (norma de suministro). En conclusión, la sección de los conductores elegidos cumplió con la exigencia que establece el Código Nacional de Electricidad.

Tabla 21. Caída de tensión en los puntos más alejados de cada tramo

| Tramo | Punto | Caída de tensión (V) | |
|-------|-------|----------------------|------|
| | | Σ | (%) |
| 1 | P32 | 9.45 | 4.29 |
| 2 | P28 | 8.93 | 4.06 |
| 3 | P24 | 6.97 | 3.17 |
| 4 | P21 | 3.44 | 1.56 |
| 5 | P7 | 5.56 | 2.53 |
| 6 | P10 | 8.86 | 4.03 |
| 7 | P12 | 9.34 | 4.25 |
| 8 | P5 | 8.76 | 3.98 |

Fuente: Elaboración propia, en base a las tablas de resultados de caída de tensión de cada tramo del circuito de servicio particular

Se calcula la caída de tensión en cada tramo del circuito de alumbrado público

Resultados de caída de tensión de alumbrado público por tramos

Circuito: Alumbrado público

Subestación aérea monoposte: SAM N°21649

Circuito: Alumbrado público / Tramo: 1

Tabla 22. Resultados de caída de tensión en el tramo 1 AP

| Punto | Conductor | | | Long (m) | AP | | Corriente (A) | | Caída de tensión (V) | | | Tensión (V) |
|-------|----------------------------|-------|-----|----------|-------|----|---------------|-------|----------------------|-------------|-------------|-------------|
| | Sección (mm ²) | K | (A) | | Cant. | Σ | Cant. | Σ | Punto | Σ | (%) | |
| 1 | 2x1-16 N2XY | 2.072 | 123 | 2 | 31 | 31 | 26.32 | 26.32 | 0.11 | 0.11 | 0.05 | 219.89 |
| 1.1 | 2x1-16 N2XY | 2.072 | 123 | 4 | 20 | 20 | 16.98 | 16.98 | 0.14 | 0.25 | 0.11 | 219.86 |
| 1.1.1 | 2x1-16 N2XY | 2.072 | 123 | 10 | 16 | 16 | 13.58 | 13.58 | 0.28 | 0.53 | 0.24 | 219.72 |
| P14 | 2x16 CAAI-S | 3.514 | 97 | 2 | 1 | 16 | 0.85 | 13.58 | 0.10 | 0.63 | 0.28 | 219.90 |
| P15 | 2x16 CAAI-S | 3.514 | 97 | 27.5 | 1 | 15 | 0.85 | 12.73 | 1.23 | 1.86 | 0.84 | 218.77 |
| P16 | 2x16 CAAI-S | 3.514 | 97 | 28.5 | 1 | 10 | 0.85 | 8.49 | 0.85 | 2.71 | 1.23 | 219.15 |
| P17 | 2x16 CAAI-S | 3.514 | 97 | 29 | 1 | 5 | 0.85 | 4.24 | 0.43 | 3.14 | 1.43 | 219.57 |
| P30 | 2x16 CAAI-S | 3.514 | 97 | 7 | 1 | 4 | 0.85 | 3.40 | 0.08 | 3.22 | 1.47 | 219.92 |
| P31 | 2x16 CAAI-S | 3.514 | 97 | 28.5 | 1 | 3 | 0.85 | 2.55 | 0.26 | 3.48 | 1.58 | 219.74 |
| P32 | 2x16 CAAI-S | 3.514 | 97 | 23 | 1 | 2 | 0.85 | 1.70 | 0.14 | 3.62 | 1.64 | 219.86 |
| P33 | 2x16 CAAI-S | 3.514 | 97 | 10 | 1 | 1 | 0.85 | 0.85 | 0.03 | 3.65 | 1.66 | 219.97 |

Fuente: Elaboración propia, en base al catálogo de fabricante CEPER CABLES, medrado de planos eléctricos y el código nacional de electricidad - sistema de distribución.

Circuito: Alumbrado público / Tramo: 2

Tabla 23. Resultados de caída de tensión en el tramo 2 AP

| Punto | Conductor | | | Long (m) | AP | | Corriente (A) | | Caída de tensión (V) | | | Tensión (V) |
|-------|----------------------------|-------|-----|----------|-------|----|---------------|-------|----------------------|------|------|-------------|
| | Sección (mm ²) | K | (A) | | Cant. | Σ | Cant. | Σ | Punto | Σ | (%) | |
| 1 | 2x1-16 N2XY | 2.072 | 123 | 2 | 31 | 31 | 26.32 | 26.32 | 0.11 | 0.11 | 0.05 | 219.89 |
| 1.1 | 2x1-16 N2XY | 3.072 | 123 | 4 | 20 | 20 | 16.98 | 16.98 | 0.21 | 0.32 | 0.14 | 219.79 |
| 1.1.1 | 2x1-16 N2XY | 4.072 | 123 | 10 | 16 | 16 | 13.58 | 13.58 | 0.55 | 0.87 | 0.40 | 219.45 |

| | | | | | | | | | | | | |
|-----|----------------|-------|----|------|---|----|------|-------|------|-------------|-------------|--------|
| P14 | 2x16 CAAI-S | 3.514 | 97 | 2 | 1 | 16 | 0.85 | 13.58 | 0.10 | 0.97 | 0.44 | 219.90 |
| P15 | 2x16 CAAI-S | 3.514 | 97 | 27.5 | 1 | 15 | 0.85 | 12.73 | 1.23 | 2.20 | 1.00 | 218.77 |
| P16 | 2x16 CAAI-S | 3.514 | 97 | 28.5 | 1 | 5 | 0.85 | 4.24 | 0.43 | 2.62 | 1.19 | 219.57 |
| P26 | 2x16 CAAI-S | 3.514 | 97 | 11 | 1 | 4 | 0.85 | 3.40 | 0.13 | 2.75 | 1.25 | 219.87 |
| P27 | 2x16 CAAI-S | 3.514 | 97 | 22 | 1 | 3 | 0.85 | 2.55 | 0.20 | 2.95 | 1.34 | 219.80 |
| P28 | 2x16 CAAI-S | 3.514 | 97 | 28 | 1 | 2 | 0.85 | 1.70 | 0.17 | 3.12 | 1.42 | 219.83 |
| P29 | 2x16 CAAI-S | 3.514 | 97 | 13 | 1 | 1 | 0.85 | 0.85 | 0.04 | 3.16 | 1.43 | 219.96 |

Fuente: Elaboración propia, en base al catálogo de fabricante CEPER CABLES, medrado de planos eléctricos y el código nacional de electricidad - sistema de distribución.

Circuito: Alumbrado público / Tramo: 3

Tabla 24. Resultados de caída de tensión en el tramo 3 AP

| Punto | Conductor | | | Long (m) | AP | | Corriente (A) | | Caída de tensión (V) | | | Tensión (V) |
|-------|-------------------------------|-------|-----|-------------|-------|----|------------------|-------|-------------------------|-------------|-------------|----------------|
| | Sección (mm ²) | K | (A) | | Cant. | Σ | Cant. | Σ | Punto | Σ | (%) | 220.00 |
| 1 | 2x1-16 N2XY | 2.072 | 123 | 2 | 31 | 31 | 26.32 | 26.32 | 0.11 | 0.11 | 0.05 | 219.89 |
| 1.1 | 2x1-16 N2XY | 2.072 | 123 | 4 | 20 | 20 | 16.98 | 16.98 | 0.14 | 0.25 | 0.11 | 219.86 |
| 1.1.1 | 2x1-16 N2XY | 2.072 | 123 | 10 | 16 | 16 | 13.58 | 13.58 | 0.28 | 0.53 | 0.24 | 219.72 |
| P14 | 2x16 CAAI-S | 3.514 | 97 | 2 | 1 | 16 | 0.85 | 13.58 | 0.10 | 0.63 | 0.28 | 219.90 |
| P15 | 2x16 CAAI-S | 3.514 | 97 | 27.5 | 1 | 15 | 0.85 | 12.73 | 1.23 | 1.86 | 0.84 | 218.77 |
| P22 | 2x16 CAAI-S | 3.514 | 97 | 6.5 | 1 | 4 | 0.85 | 3.40 | 0.08 | 1.93 | 0.88 | 219.92 |
| P23 | 2x16 CAAI-S | 3.514 | 97 | 19 | 1 | 3 | 0.85 | 2.55 | 0.17 | 2.10 | 0.96 | 219.83 |
| P24 | 2x16 CAAI-S | 3.514 | 97 | 25 | 1 | 2 | 0.85 | 1.70 | 0.15 | 2.25 | 1.02 | 219.85 |
| P25 | 2x16 CAAI-S | 3.514 | 97 | 18 | 1 | 1 | 0.85 | 0.85 | 0.05 | 2.31 | 1.05 | 219.95 |

Fuente: Elaboración propia, en base al catálogo de fabricante CEPER CABLES, medrado de planos eléctricos y el código nacional de electricidad - sistema de distribución.

Circuito: Alumbrado público / Tramo: 4

Tabla 25. Resultados de caída de tensión en el tramo 4 AP

| Punto | Conductor | | | Long (m) | AP | | Corriente (A) | | Caída de tensión (V) | | | Tensión (V) |
|-------|----------------------------|-------|-----|----------|-------|----|---------------|-------|----------------------|-------------|-------------|-------------|
| | Sección (mm ²) | K | (A) | | Cant. | Σ | Cant. | Σ | Punto | Σ | (%) | |
| 1 | 2x1-16 N2XY | 2.072 | 123 | 2 | 31 | 31 | 26.32 | 26.32 | 0.11 | 0.11 | 0.05 | 219.89 |
| 1.1 | 2x1-16 N2XY | 2.072 | 123 | 4 | 20 | 20 | 16.98 | 16.98 | 0.14 | 0.25 | 0.11 | 219.86 |
| 1.1.2 | 2x1-16 N2XY | 2.072 | 123 | 11 | 1 | 4 | 0.85 | 3.40 | 0.08 | 0.33 | 0.15 | 219.92 |
| P19 | 2x16 CAAI-S | 3.514 | 97 | 29 | 1 | 3 | 0.85 | 2.55 | 0.26 | 0.59 | 0.27 | 219.74 |
| P20 | 2x16 CAAI-S | 3.514 | 97 | 24 | 1 | 2 | 0.85 | 1.70 | 0.14 | 0.73 | 0.33 | 219.86 |
| P21 | 2x16 CAAI-S | 3.514 | 97 | 12 | 1 | 1 | 0.85 | 0.85 | 0.04 | 0.77 | 0.35 | 219.96 |

Fuente: Elaboración propia, en base al catálogo de fabricante CEPER CABLES, medrado de planos eléctricos y el código nacional de electricidad - sistema de distribución.

Circuito: Alumbrado público / Tramo: 5

Tabla 26. Resultados de caída de tensión en el tramo 5 AP

| Punto | Conductor | | | Long (m) | AP | | Corriente (A) | | Caída de tensión (V) | | | Tensión (V) |
|-------|----------------------------|-------|-----|----------|-------|----|---------------|-------|----------------------|-------------|-------------|-------------|
| | Sección (mm ²) | K | (A) | | Cant. | Σ | Cant. | Σ | Punto | Σ | (%) | |
| 1 | 2x1-16 N2XY | 2.072 | 123 | 2 | 31 | 31 | 26.32 | 26.32 | 0.11 | 0.11 | 0.05 | 219.89 |
| 1.2 | 2x1-16 N2XY | 2.072 | 123 | 13 | 11 | 11 | 9.34 | 9.34 | 0.25 | 0.36 | 0.16 | 219.75 |
| P1 | 2x16 CAAI-S | 3.514 | 97 | 1 | 0 | 11 | 0.00 | 9.34 | 0.03 | 0.39 | 0.18 | 219.97 |
| P34 | 2x16 CAAI-S | 3.514 | 97 | 12 | 1 | 1 | 0.85 | 0.85 | 0.04 | 0.43 | 0.20 | 219.96 |

Fuente: Elaboración propia, en base al catálogo de fabricante CEPER CABLES, medrado de planos eléctricos y el código nacional de electricidad - sistema de distribución.

Circuito: Alumbrado público / Tramo: 6

Tabla 27. Resultados de caída de tensión en el tramo 6 AP

| Punto | Conductor | | | Long (m) | AP | | Corriente (A) | | Caída de tensión (V) | | | Tensión (V) |
|-------|----------------------------|-------|-----|----------|-------|----|---------------|-------|----------------------|------|------|-------------|
| | Sección (mm ²) | K | (A) | | Cant. | Σ | Cant. | Σ | Punto | Σ | (%) | |
| 1 | 2x1-16 N2XY | 2.072 | 123 | 2 | 31 | 31 | 26.32 | 26.32 | 0.11 | 0.11 | 0.05 | 219.89 |
| 1.2 | 2x1-16 N2XY | 2.072 | 123 | 13 | 11 | 11 | 9.34 | 9.34 | 0.25 | 0.36 | 0.16 | 219.75 |

| | | | | | | | | | | | | |
|----|----------------|-------|----|----|---|----|------|------|------|-------------|-------------|--------|
| P1 | 2x16 CAAI-S | 3.514 | 97 | 1 | 0 | 11 | 0.00 | 9.34 | 0.03 | 0.39 | 0.18 | 219.97 |
| P2 | 2x16 CAAI-S | 3.514 | 97 | 19 | 0 | 10 | 0.00 | 8.49 | 0.57 | 0.96 | 0.44 | 219.43 |
| P6 | 2x16 CAAI-S | 3.514 | 97 | 8 | 1 | 2 | 0.85 | 1.70 | 0.05 | 1.01 | 0.46 | 219.95 |
| P7 | 2x16 CAAI-S | 3.514 | 97 | 27 | 1 | 1 | 0.85 | 0.85 | 0.08 | 1.09 | 0.49 | 219.92 |

Fuente: Elaboración propia, en base al catálogo de fabricante CEPER CABLES, medrado de planos eléctricos y el código nacional de electricidad - sistema de distribución.

Circuito: Alumbrado público / Tramo: 7

Tabla 28. Resultados de caída de tensión en el tramo 7 AP

| Punto | Conductor | | | Long (m) | AP | | Corriente (A) | | Caída de tensión (V) | | | Tensión (V) |
|-------|----------------------------|-------|-----|----------|-------|----|---------------|-------|----------------------|-------------|-------------|-------------|
| | Sección (mm ²) | K | (A) | | Cant. | Σ | Cant. | Σ | Punto | Σ | (%) | 220.00 |
| 1 | 2x1-16 N2XY | 2.072 | 123 | 2 | 31 | 31 | 26.32 | 26.32 | 0.11 | 0.11 | 0.05 | 219.89 |
| 1.2 | 2x1-16 N2XY | 2.072 | 123 | 13 | 11 | 11 | 9.34 | 9.34 | 0.25 | 0.36 | 0.16 | 219.75 |
| P1 | 2x16 CAAI-S | 3.514 | 97 | 1 | 0 | 11 | 0.00 | 9.34 | 0.03 | 0.39 | 0.18 | 219.97 |
| P2 | 2x16 CAAI-S | 3.514 | 97 | 19 | 0 | 10 | 0.00 | 8.49 | 0.57 | 0.96 | 0.44 | 219.43 |
| P3 | 2x16 CAAI-S | 3.514 | 97 | 28.5 | 1 | 8 | 0.85 | 6.79 | 0.68 | 1.64 | 0.75 | 219.32 |
| P8 | 2x16 CAAI-S | 3.514 | 97 | 10 | 1 | 3 | 0.85 | 2.55 | 0.09 | 1.73 | 0.79 | 219.91 |
| P9 | 2x16 CAAI-S | 3.514 | 97 | 25 | 1 | 2 | 0.85 | 1.70 | 0.15 | 1.88 | 0.85 | 219.85 |
| P10 | 2x16 CAAI-S | 3.514 | 97 | 17 | 1 | 1 | 0.85 | 0.85 | 0.05 | 1.93 | 0.88 | 219.95 |

Fuente: Elaboración propia, en base al catálogo de fabricante CEPER CABLES, medrado de planos eléctricos y el código nacional de electricidad - sistema de distribución.

Circuito: Alumbrado público / Tramo: 8

Tabla 29. Resultados de caída de tensión en el tramo 8 AP

| Punto | Conductor | | | Long (m) | AP | | Corriente (A) | | Caída de tensión (V) | | | Tensión (V) |
|-------|----------------------------|-------|-----|----------|-------|----|---------------|-------|----------------------|------|------|-------------|
| | Sección (mm ²) | K | (A) | | Cant. | Σ | Cant. | Σ | Punto | Σ | (%) | 220.00 |
| 1 | 2x1-16 N2XY | 2.072 | 123 | 2 | 31 | 31 | 26.32 | 26.32 | 0.11 | 0.11 | 0.05 | 219.89 |
| 1.2 | 2x1-16 N2XY | 2.072 | 123 | 13 | 11 | 11 | 9.34 | 9.34 | 0.25 | 0.36 | 0.16 | 219.75 |
| P1 | 2x16 CAAI-S | 3.514 | 97 | 1 | 0 | 11 | 0.00 | 9.34 | 0.03 | 0.39 | 0.18 | 219.97 |

| | | | | | | | | | | | | |
|-----|----------------|-------|----|------|---|----|------|------|------|-------------|-------------|--------|
| P2 | 2x16 CAAI-S | 3.514 | 97 | 19 | 0 | 10 | 0.00 | 8.49 | 0.57 | 0.96 | 0.44 | 219.43 |
| P3 | 2x16 CAAI-S | 3.514 | 97 | 28.5 | 1 | 8 | 0.85 | 6.79 | 0.68 | 1.64 | 0.75 | 219.32 |
| P4 | 2x16 CAAI-S | 3.514 | 97 | 28.5 | 1 | 4 | 0.85 | 3.40 | 0.34 | 1.98 | 0.90 | 219.66 |
| P11 | 2x16 CAAI-S | 3.514 | 97 | 10 | 1 | 3 | 0.85 | 2.55 | 0.09 | 2.07 | 0.94 | 219.91 |
| P12 | 2x16 CAAI-S | 3.514 | 97 | 23 | 1 | 2 | 0.85 | 1.70 | 0.14 | 2.21 | 1.00 | 219.86 |
| P13 | 2x16 CAAI-S | 3.514 | 97 | 11 | 1 | 1 | 0.85 | 0.85 | 0.03 | 2.24 | 1.02 | 219.97 |

Fuente: Elaboración propia, en base al catálogo de fabricante CEPER CABLES, medrado de planos eléctricos y el código nacional de electricidad - sistema de distribución.

Se observa que la caída de tensión de cada tramo en la red de alumbrado público es inferior al 5% de la tensión nominal como lo estipula en el Código Nacional de Electricidad (norma de suministro). En conclusión, la sección de los conductores elegidos cumplió con la exigencia que establece el CNE.

Tabla 30. Caída de tensión en los puntos más alejados de cada tramo AP

| Tramo | Punto | Caída de tensión (V) | |
|-------|-------|----------------------|------|
| | | Σ | (%) |
| 1 | P33 | 3.65 | 1.66 |
| 2 | P29 | 3.16 | 1.43 |
| 3 | P25 | 2.31 | 1.05 |
| 4 | P21 | 0.77 | 0.35 |
| 5 | P34 | 0.43 | 0.20 |
| 6 | P7 | 1.09 | 0.49 |
| 7 | P10 | 1.93 | 0.88 |
| 8 | P13 | 2.24 | 1.02 |

Fuente Elaboración propia, en base a las tablas de resultados de caída de tensión de cada tramo del circuito de alumbrado público.

2.3.5.2 Cálculo mecánico del conductor

El cálculo mecánico consiste en la determinación de las tensiones mecánicas que soportan y las flechas que asumen los conductores durante la instalación. Se calculan para verificar que, en ningún caso, cualquiera sea la carga, se supere el límite de rotura elástica del conductor.

Se tomó como base para los cálculos las siguientes hipótesis:

Hipótesis 1: Esfuerzos diarios o templados

Se considera para el tensado de portante en condiciones ambientales:

Temperatura: 20°C

Viento: Nulo

Esfuerzo: 15% esfuerzo de rotura del portante

Tabla 31. Datos de cable portante

| Conductor | Portante | | | | |
|---------------------------|---------------|-------------------------|----------------------|---------------------------------------|--|
| | Diámetro (mm) | Área (mm ²) | Carga de rotura (kg) | Esfuerzo rotura (kg/mm ²) | 15% esfuerzo de rotura (kg/mm ²) |
| 3x35+2x16 mm ² | 3.2 | 8.04 | 830 | 103.23 | 15.485 |
| 3x16+2x16 mm ² | | | | | |

Fuente: Elaboración propia, en base al catálogo de fabricante CEPER CABLE

Hipótesis 2: Esfuerzos máximos

Se considera que los esfuerzos máximos que se originan en el portante de acero, se producen en las siguientes condiciones:

Temperatura: 10°C

Viento: 50 Km/h

Hipótesis 3: Flecha máxima

Se considera que la flecha máxima del cable se produce en las siguientes condiciones:

Temperatura: 50 °C

Viento: Nulo

Ecuación del cambio de estado:

Cálculo de cambio de estado

$$(\sigma_n)^2 \left[\sigma_n - \sigma_0 + \frac{E * d^2 * (W_C)^2}{24 * A^2 * (\sigma_0)^2} + \alpha * E * (T_n - T_0) \right] = \frac{E * d^2 * (W_r)^2}{24 * A^2}$$

Donde:

d: Vano (m)

A: Sección del conductor portante (8.04 mm²)

σ_0 : Esfuerzos diarios del portante (kg/mm²)

σ_n : Esfuerzos diarios del portante en hipótesis "n" (kg/mm²)

T_n : Temperatura en la hipótesis "n" (°C)

T_0 : Temperatura en estado inicial (°C)

W_C : Peso unitario total cable más el portante (kg/m)

W_r : Peso unitario resultante en el cable en hipótesis "n" (kg/m)

α : Coeficiente de dilatación (0.0000115 1/°C)

E: Modulo de elasticidad del portante (20000 kg/mm²)

Carga unitaria debido al viento sobre el conductor

$$W_V = \frac{P_V * \emptyset}{1000}$$

$$P_V = 0.0042 * V^2$$

Donde:

W_V : Carga unitaria debido al viento sobre el conductor (kg/m)

P_V : Presión del viento sobre el cable (kg/m²)

\emptyset : Diámetro del conductor (mm)

V: Velocidad del viento (km/h)

Tabla 32. Cálculo de carga unitaria debido al viento sobre el conductor

| Conductor | Velocidad del viento (km/h) | Presión del viento (kg/m ²) | Diámetro (mm) | Carga unitaria debido al viento (kg/m) |
|---------------------------|-----------------------------|---|---------------|--|
| 3x35+2x16 mm ² | 50 | 10.5 | 23 | 0.242 |
| 3x16+2x16 mm ² | 50 | 10.5 | 19 | 0.200 |

Fuente: Elaboración propia, en base a datos de la hipótesis 2, fórmula de carga unitaria debido al viento sobre el conductor

Carga resultante unitaria del conductor

$$(W_r)^2 = (W_c)^2 + (W_v)^2$$

Donde:

W_r : Carga resultante unitaria del conductor (kg/m)

W_c : Carga unitaria del conductor (kg/m)

W_v : Carga unitaria debido al viento sobre el conductor (kg/m)

Tabla 33. Cálculo de carga resultante unitaria del conductor (hipótesis 2)

| Conductor | Carga unitaria del conductor (kg/m) | Carga unitaria debido al viento sobre el conductor (kg/m) | Carga resultante unitaria del conductor (kg/m) |
|---------------------------|-------------------------------------|---|--|
| 3x35+2x16 mm ² | 0.542 | 0.242 | 0.593 |
| 3x16+2x16 mm ² | 0.37 | 0.200 | 0.420 |

Fuente: Elaboración propia, en base al catálogo de fabricante CEPER CABLE, datos de la tabla 2 y fórmula de carga resultante unitaria del conductor

Tomando como condición inicial la hipótesis 1 y considerando el vano (d) como variable, luego de reemplazar los valores correspondientes del conductor en la ecuación de cambio de estado, se obtiene:

Esfuerzo máximo en el conductor en la hipótesis 2:

CAAI-S 3x35+2x16 mm²:

$$(\sigma_2)^2[\sigma_2 - 15.485 + 0.016 * d^2 - 2.3] = 4.533 * d^2$$

CAAI-S 3x16+2x16 mm²:

$$(\sigma_2)^2[\sigma_2 - 15.485 + 0.007 * d^2 - 2.3] = 2.274 * d^2$$

Reemplazando los valores de vanos en la expresión se obtiene los siguientes esfuerzos máximos en la hipótesis 2:

Tabla 34. Tabulación de esfuerzo máximo para diferentes vanos (hipótesis 2)

| Vano (m) | Conductor CAAI-S | |
|----------|--------------------------------|--------------------------------|
| | 3x35+2x16 mm ² | 3x16+2x16 mm ² |
| | Esfuerzo (kg/mm ²) | Esfuerzo (kg/mm ²) |
| 10 | 13.64 | 13.43 |
| 15 | 13.99 | 13.66 |
| 20 | 14.29 | 13.89 |
| 25 | 14.53 | 14.12 |
| 30 | 14.71 | 14.31 |
| 35 | 14.86 | 14.48 |
| 40 | 14.97 | 14.62 |

Fuente: Elaboración propia, en base a la ecuación de cambio de estado

Esfuerzo máximo en el conductor en la hipótesis 3:

CAAI-S 3x35+2x16 mm²:

$$(\sigma_3)^2[\sigma_3 - 15.485 + 0.016 * d^2 + 6.9] = 3.787 * d^2$$

CAAI-S 3x16+2x16 mm²:

$$(\sigma_3)^2[\sigma_3 - 15.485 + 0.007 * d^2 + 6.9] = 1.765 * d^2$$

Reemplazando los valores de los vanos en la expresión se obtiene los siguientes esfuerzos máximos en la hipótesis 3:

Tabla 35. Tabulación de esfuerzo máximo para diferentes vanos (hipótesis 3)

| Vano (m) | Conductor CAAI-S | |
|----------|--------------------------------|--------------------------------|
| | 3x35+2x16 mm ² | 3x16+2x16 mm ² |
| | Esfuerzo (kg/mm ²) | Esfuerzo (kg/mm ²) |
| 10 | 9.19 | 8.18 |
| 15 | 10.48 | 9.26 |
| 20 | 11.47 | 10.17 |
| 25 | 12.23 | 10.93 |
| 30 | 12.82 | 11.56 |
| 35 | 13.27 | 12.08 |
| 40 | 13.63 | 12.52 |

Fuente: Elaboración propia, en base a la ecuación de cambio de estado

Cálculo de flecha

$$f = \frac{W_r * d^2}{8 * A * \sigma_n}$$

Donde:

f: flecha

W_r : Peso unitario resultante en el cable en hipótesis "n" (kg/m)

A: Sección del conductor portante (8.04 mm²)

d: Vano (m)

σ_n : Esfuerzo del portante en hipótesis n (kg/mm²)

Reemplazando valores en la expresión se obtiene las siguientes flechas máximas para cada vano para la hipótesis 3:

Tabla 36. Tabulación de flecha máxima por vano (hipótesis 3)

| Conductor CAAI-S | | | | |
|------------------|--------------------------------|-------------------|--------------------------------|-------------------|
| Vano (m) | 3x35+2x16 mm ² | | 3x16+2x16 mm ² | |
| | Esfuerzo (kg/mm ²) | Flecha Máxima (m) | Esfuerzo (kg/mm ²) | Flecha Máxima (m) |
| 10 | 9.19 | 0.09 | 8.18 | 0.07 |
| 15 | 10.48 | 0.18 | 9.26 | 0.14 |
| 20 | 11.47 | 0.29 | 10.17 | 0.23 |
| 25 | 12.23 | 0.43 | 10.93 | 0.33 |
| 30 | 12.82 | 0.59 | 11.56 | 0.45 |
| 35 | 13.27 | 0.78 | 12.08 | 0.58 |
| 40 | 13.63 | 0.99 | 12.52 | 0.74 |

Fuente: Elaboración propia, en base a datos de las tablas 29;31;33 y fórmula de flecha máxima

Para el diseño se utilizó un vano de 30 metros, el cual las flechas máximas son:

Para conductor CAAI-S 3x35+2x16 mm² es 0.59 metros.

Para conductor CAAI-S 3x16+2x16 mm² es 0.45 metros.

2.3.5.3 Cálculo mecánico de los postes

Dimensionamiento de poste

Para este caso, calculamos la altura del poste, para un vano de 30 metros la flecha máxima de 0.59 metros.

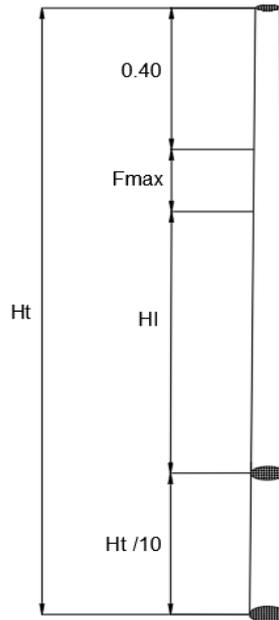


Figura 20. Dimensionamiento de poste

Fuente: Elaboración propia, en base a normas internas de Luz del Sur

$$Ht = (Ht/10) + HI + Fmax + 0.40$$

Donde:

Ht: Altura total del poste (m)

Fmax: Flecha máxima del conductor (0.59 m)

HI: Distancia mínima de seguridad (5.5 m)

Reemplazando valores:

$$Ht = (Ht/10) + 5.5 + 0.59 + 0.40$$

Se obtiene que la altura total del poste es 7.21 m

De acuerdo al resultado se escoge postes de 8.7m de longitud.

Fuerzas actuantes sobre los postes

Datos del poste:

Tabla 37. Datos de poste

| Poste | Altura (m) | Diámetro en la punta (mm) | Diámetro en la base (mm) | Carga de trabajo transversal (kg) |
|---------|------------|---------------------------|--------------------------|-----------------------------------|
| 8.7/200 | 8.7 | 150 | 280 | 200 |

Fuente: Elaboración propia, en base de normas internas de Luz del Sur

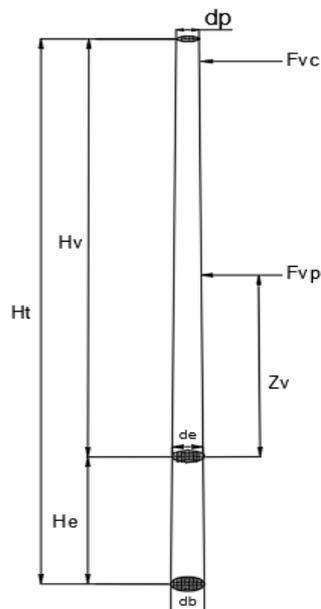


Figura 21. Fuerzas actuantes sobre el poste

Fuente: Elaboración propia, en base a la norma "Bases para el diseño de líneas y redes secundarias con conductores autoportantes para electrificación rural"-DGE

Donde:

Ht: Altura total del poste (8.7 m)

Hv: Altura del poste expuesto al viento (7.83 m)

He: Altura de empotramiento (0.87 m)

d_e : Diámetro de la sección de empotramiento del poste (mm)

d_p : Diámetro del poste en la punta (150 mm)

d_b : Diámetro del poste en la base (280 mm)

Fvp: Fuerza del viento sobre el poste (kg)

Fvc: Fuerza del viento sobre los conductores (kg)

Zv: Punto de aplicación de la fuerza del viento (m)

Estructura de ángulo

- **Momento debido a la fuerza del viento sobre el poste (Mvp)**

$$Mvp = Fvp * Zv$$

$$Fvp = P_v * Hv * \frac{(d_p + d_e)}{2000}$$

$$d_e = d_p \left(1 - \frac{Hv}{Ht}\right) + d_b \left(\frac{Hv}{Ht}\right)$$

$$Zv = \frac{Hv}{3} \left(\frac{d_e + 2d_p}{d_e + d_p}\right)$$

Donde:

Mvp: Momento debido a la fuerza del viento sobre el poste (kg.m)

P_v: Presión del viento sobre el cable (kg/m²)

d_e: Diámetro de la sección de empotramiento del poste (mm)

d_p: Diámetro del poste en la punta (mm)

d_b: Diámetro del poste en la base (mm)

Hv: Altura del poste expuesto al viento (m)

Ht: Altura total del poste (m)

Fvp: Fuerza del viento sobre el poste (kg)

Zv: Punto de aplicación de la fuerza del viento (m)

Reemplazando valores se obtiene los siguientes resultados:

Tabla 38. Momento debido a la fuerza del viento sobre el poste

| P _v | d _e | d _p | d _b | Hv | Ht | Zv | Fvp | Mvp |
|-------------------|----------------|----------------|----------------|------|-----|------|-------|-------|
| kg/m ² | mm | mm | mm | m | m | m | kg | kg.m |
| 10.5 | 267 | 150 | 280 | 7.83 | 8.7 | 3.55 | 17.14 | 60.85 |

Fuente: Elaboración propia, en base a datos de la tabla 30 y 35, la fórmula de momento debido a la fuerza del viento sobre el poste.

- **Momento debido a la fuerza del viento en el conductor (Mvc)**

$$Mvc = Fvc * (Hv - 0.10)$$

$$Fvc = \frac{P_v * \emptyset * d * \cos(\alpha/2)}{1000}$$

Donde:

Mvc: Momento debido a la fuerza del viento en el conductor (kg.m)

∅: Diámetro del conductor (mm)

P_v : Presión del viento sobre el cable (kg/m²)

d: Vano (m)

F_{vc}: Fuerza del viento sobre el conductor (kg)

H_v: Altura del poste expuesto al viento (m)

Reemplazando valores se obtiene los siguientes resultados:

Tabla 39. Momento debido a la fuerza del viento en el conductor

| P_v | ϕ | d | H _v | F _{vc} | M _{vc} |
|-------------------|--------|----|----------------|--------------------------|--------------------------|
| kg/m ² | mm | m | m | kg | kg.m |
| 10.5 | 23 | 30 | 7.83 | $7.245 * \cos(\alpha/2)$ | $56.00 * \cos(\alpha/2)$ |

Fuente: Elaboración propia, en base a datos de la tabla 30, la fórmula de momento debido a la fuerza del viento sobre el conductor, catálogo de fabricante CEPER CABLES.

- **Momento de la fuerza de tracción en el conductor portante (M_{tc})**

$$M_{tc} = F_{tc} * (H_v - 0.10)$$

$$F_{tc} = 2 * \sigma * A * \text{sen}(\alpha/2)$$

Donde:

M_{tc}: Momento de la fuerza de tracción en el conductor portante (kg.m)

F_{tc}: Fuerza de tracción en el conductor (kg)

σ : Esfuerzo de la hipótesis 1 (kg/mm²)

H_v: Altura del poste expuesto al viento (m)

A: Sección del conductor portante (8.04 mm²)

Reemplazando valores se obtiene los siguientes resultados:

Tabla 40. Momento de la fuerza de tracción en el conductor portante

| A | σ | H _v | F _{tc} | M _{tc} |
|-----------------|--------------------|----------------|---------------------------------|----------------------------------|
| mm ² | kg/mm ² | m | kg | kg.m |
| 8.04 | 15.485 | 7.83 | $248.99 * \text{sen}(\alpha/2)$ | $1924.69 * \text{sen}(\alpha/2)$ |

Fuente: Elaboración propia, en base a datos de las tablas 29;36, fórmula de momento de la fuerza de tracción en el conductor portante.

- **Fuerza en la punta del poste (F)**

$$F = \frac{Mt}{Hv - 0.10}$$

$$Mt = Mvp + Mvc + Mtc$$

Donde:

Mt: Momento total

Mvp: Momento debido a la fuerza del viento sobre el poste (kg.m)

Mvc: Momento debido a la fuerza del viento en el conductor (kg.m)

Mtc: Momento de la fuerza de tracción en el conductor portante (kg.m)

Hv: Altura del poste expuesto al viento (m)

Reemplazando valores se obtiene los siguientes resultados:

$$F = \frac{60.85 + 56.00 * \cos(\alpha/2) + 1924.69 * \sin(\alpha/2)}{7.83 - 0.10}$$

Valores de fuerza y momento para diferentes ángulos:

Tabla 41. Tabulación para distintos ángulos

| Ángulo (°) | Momento total (kg.m) | Fuerza (kg) |
|------------|----------------------|-------------|
| 0 | 116.85 | 15.12 |
| 10 | 284.38 | 36.79 |
| 15 | 367.59 | 47.55 |
| 20 | 450.22 | 58.24 |
| 25 | 532.1 | 68.84 |
| 30 | 613.09 | 79.31 |
| 40 | 771.76 | 99.84 |
| 50 | 925.01 | 119.66 |
| 60 | 1071.69 | 138.64 |
| 70 | 1210.68 | 156.62 |
| 80 | 1340.92 | 173.47 |
| 90 | 1461.41 | 189.06 |

Fuente: Elaboración propia, en base a datos de las tablas 36;37;38, formula en la punta del poste

Estructura terminal o fin de línea

- **Momento de la fuerza de tracción en el conductor portante (Mtc)**

$$Mtc = Fct * (Hv - 0.10)$$

$$Ftc = \sigma * A$$

Donde:

Mtc: Momento de la fuerza de tracción en el conductor portante (kg.m)

Ftc: Fuerza de tracción en el conductor (kg)

σ : Esfuerzo de la hipótesis 1 (kg/mm²)

Hv: Altura del poste expuesto al viento (m)

A: Sección del conductor portante (8.04 mm²)

Tabla 42. Momento de la fuerza de tracción en el portante - fin de línea

| A | σ | Hv | Ftc | Mtc |
|-----------------|--------------------|------|--------|--------|
| mm ² | kg/mm ² | m | kg | kg.m |
| 8.04 | 15.485 | 7.83 | 124.49 | 962.31 |

Fuente: Elaboración propia, en base a datos de la tabla 29 y 36, fórmula de momento de fuerza de tracción en el conductor

- **Momento debido a la fuerza del viento sobre el poste (Mvp)**

$$Mvp = 60.85 \text{ kg.m}$$

- **Fuerza en la punta del poste (F)**

$$F = \frac{Mt}{Hv - 0.10}$$

$$Mt = Mvp + Mtc$$

Donde:

Mt: Momento total

Mvp: Momento debido a la fuerza del viento sobre el poste (kg.m)

Mtc: Momento de la fuerza de tracción en el conductor portante (kg.m)

Hv: Altura del poste expuesto al viento (m)

Reemplazando valores se obtiene el siguiente resultado:

$$F = \frac{60.85 + 962.31}{7.83 - 0.10}$$

La fuerza en la punta del poste en la estructura fin de líneas es 132.36 kg

- **Retenida**

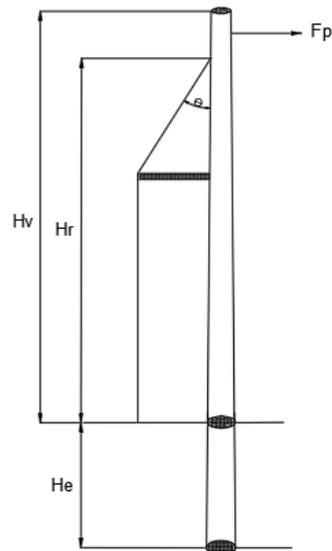


Figura 22. Representación de retenida

Fuente: Elaboración propia, en base a norma interna de Luz del Sur

$$F_p = \frac{T * \text{sen}(45) * H_r}{H_v - 0.10}$$

Donde:

F_p : Fuerza en la punta del poste contraria a la fuerza de la retenida (kg)

T : Tiro de rotura de la retenida (kg)

H_r : Altura de la retenida (m)

H_v : Altura del poste expuesto al viento (m)

Reemplazando valores se obtiene el siguiente resultado:

Tabla 43. Retenida

| T | Hr | Hv | Fp |
|------|------|------|----------------|
| kg | m | m | kg |
| 5080 | 7.43 | 7,83 | 3452.69 |

Fuente: Elaboración propia, en base a datos de la tabla 36

Se observa que la retenida puede soportar una fuerza contraria de 3452.69 kg que es mayor a la máxima fuerza en la punta del poste de 189.06 kg para un ángulo de 90 grados obtenida en los cálculos anteriores, en este caso la retenida se va utilizar en atenuar los esfuerzos cortantes sobre el poste utilizado (8.7/200) el cual puede soportar hasta una fuerza de 200 kg, además como medida de seguridad y confiabilidad según norma interna de Luz del Sur indica que se debe utilizar en postes de fin de línea.

2.3.5.4 Especificaciones técnicas de materiales

Conductores aéreos (CAAI-S)

Cable eléctrico formado por un conjunto de varios conductores de aluminio grado eléctrico, cableados compactos, cada uno con aislamiento de un compuesto especial de polietileno reticulado (XLPE) resistente a la intemperie, trenzados alrededor de un elemento portante formado por una cuerda de acero galvanizado EHS y forrado con XLPE. El conjunto puede incorporar también conductores aislados adicionales para alumbrado público.

Tabla 44. Características del conductor CAAI-S

| Características | 3x35+2x16 mm ² | 3x16+2x16 mm ² |
|--|---------------------------|---------------------------|
| Material | conductor de aluminio | |
| Espesor de aislamiento. Fase(mm) | 1.14 | 1.14 |
| Diámetro nominal exterior (mm) | 23 | 19 |
| Peso (kg/Km) | 542 | 370 |
| Resistencia óhmica (Ohm/Km a 20°C) Fase | 0.868 | 1.91 |
| Resistencia óhmica (Ohm/Km a 20°C) alumbrado | 1.91 | 1.91 |
| Reactancia inductiva (Ohm/Km a 60Hz) fase | 0.0974 | 0.12 |

| | | |
|--|----------|-------|
| Reactancia inductiva (Ohm/Km a 60Hz) alumbrado | 0.126 | 0.12 |
| Factor de caída de tensión (V/A.Km) fase | 1.641 | 3.514 |
| Factor de caída de tensión (V/A.Km) alumbrado | 3.514 | 3.514 |
| Características del portante de acero galvanizado EHS | | |
| Diámetro nominal del portante (mm) | 32 | |
| Numero de hilos | 7 | |
| Carga de rotura | 830 | |
| Peso (kg/Km) | 47 | |
| Módulo de elasticidad (kg/mm²) | 20000 | |
| Coefficiente de dilatación lineal (1/°C) | 0.000015 | |

Fuente: Elaboración propia, en base a catálogo de fabricante CEPER CABLES

Poste o estructura

Los postes son de forma troncocónica, sus secciones transversales serán circulares anulares, las dimensiones de los postes, ubicación y dimensiones de los agujeros deberán ser según lo indicado en las especificaciones técnicas de la concesionaria y norma técnica peruana ITINTEC 339.027. Los postes serán fabricados de un solo cuerpo.

Cargas de trabajo:

- **Carga de trabajo transversal (T):** Es la carga máxima aplicada a 10 cm de la cima perpendicularmente al eje longitudinal del poste y en cualquier dirección, para la cual el poste ha sido diseñado.
- **Carga de Trabajo Vertical (V):** Es la carga vertical y hacia abajo garantizada por el fabricante, que puede ser aplicada a un poste a 10 cm de la cima, en dirección longitudinal del poste.

Cada poste posee el siguiente rotulado permanente

- Marca o nombre del fabricante (MF)
- Año de fabricación (XY)

- Carga de trabajo transversal (F)
- Altura en metros (L)
- Señalización (S)
- Pozo de puesta a tierra

Empotramiento de poste:

Tabla 45. Empotramiento de poste

| Tipo de Empotramiento | Dimensión | Marca |
|---------------------------|----------------------------------|-------|
| Directamente enterrado | $L = (1/10) L1 + 0.60 \text{ m}$ | E |
| Empotrado con cimentación | $L = (1/10) L1$ | C |

Fuente: Elaboración propia, en base a norma interna de Luz del Sur

Postes que se instalaron

Tabla 46. Características de postes

| Poste | Material | Altura (m) | Diámetro en la punta (mm) | Diámetro en la base (mm) | Carga de trabajo transversal (kg) |
|---------|----------|------------|---------------------------|--------------------------|-----------------------------------|
| 8.7/200 | C.A.C. | 8.7 | 150 | 280 | 200 |
| 8.7/200 | P.R.F.V. | 8.7 | 150 | 300 | 200 |

Fuente: Elaboración propia, en base a norma interna de Luz del Sur

Luminaria y lámpara

La luminaria tiene las siguientes características:

Tipo II corta, con haz semi recortado para lámpara tubular de vapor de sodio de alta presión de potencia de 150 W, 220V, carcasa de poliéster reforzada con fibra de vidrio de peso liviano, resistente a la radiación ultravioleta y a la corrosión, reflectores de aluminio de alta pureza para un perfecto control óptico, químicamente anodizados con protección adicional, portalámpara de cerámica E-40 anti vibrante con contactos de bronce, cableado interior resistente a picos de tensión y elevadas temperaturas y las partes metálicas expuestas al exterior de acero inoxidable.

Pastoral

El pastoral es de acero galvanizado y es el elemento curvo que da el ángulo de la luminaria para la iluminación, se instalarán los siguientes tipos de pastoraes:

Pastoral chileno corto

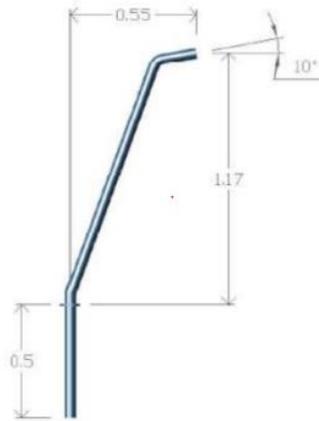


Figura 23. Pastoral chileno corto

Fuente: Norma interna de Luz del Sur

Pastoral tipo bastón



Figura 24. Pastoral tipo bastón

Fuente: Norma interna de Luz del Sur

Puesta a tierra

La parte metálica sin tensión de los postes debe estar sólidamente conectada a tierra. El sistema de puesta a tierra está conformado por:

- Cemento conductor

- Electrodo de 5/8" \varnothing (16 mm²) x 3500 mm
- Conductor amarillo tipo TW de 35mm²
- Conector bronce con tuercas de bronce al Silicio. Tipo: AB
- Tapa bóveda para Puesta a Tierra
- Cinta señalizadora color amarillo

El electrodo es directamente enterrado en el terreno en posición horizontal con una capa de cemento conductor. La resistencia equivalente de puesta a tierra debe ser menor o igual a 25 ohmios y en la base de los postes se señalará la ubicación de la puesta a tierra en fondo negro y con símbolo de color amarillo.

2.3.5.5 Especificaciones técnicas del montaje

Instalación de postes:

Durante el transporte e instalación de los postes se evitará golpear o dejar caer bruscamente para que no se produzca fisuras ni deterioros que permitan el ingreso de humedad o agua hasta el fierro, se realizara la excavación de los huecos para la cimentación de los postes con las dimensiones especificadas de acuerdo al plano.

Los postes se instalarán a una profundidad de 0.87m (1/10 de la altura total del poste), al izar evitar flexiones innecesarias que perjudiquen o deterioren el poste.

Una vez que los postes son instalados y alineados perpendicularmente, se procede a la cimentación con mezcla de concreto de relación 1 a 8 (cemento – hormigón) con un 25% de piedra mediana.



Figura 25. Excavación para poste
Fuente: Base de datos de Tecsur S.A.



Figura 26. Instalación de poste
Fuente: Base de datos de Tecsur S.A.

Instalación de pastorales y luminarias

Colocar las luminarias en los pastorales en tierra, antes de la fijación del pastoral en el poste, de tal manera que izado quede perfectamente orientados hacia la vía pública evitando una instalación defectuosa en el poste en su posición final.



Figura 27. Instalación de luminaria en pastoral

Fuente: Base de datos de Tecsur S.A.

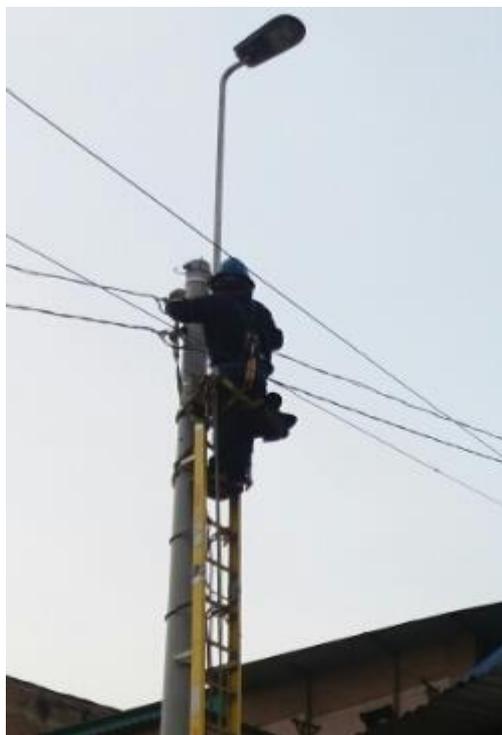


Figura 28. Instalación de pastoral en el poste

Fuente: Base de datos de Tecsur S.A.

Instalación de retenidas

Instalar la nueva zapata de concreto donde ha sido colocada previamente la barra con ojo el cual es deslizada con la ayuda de una soga hasta la parte inferior del agujero, La longitud mínima del empotramiento de la zapata debe ser 1.3 m.

Rellenar y compactar el agujero donde han sido instalado la zapata y su respectivo perno de anclaje. Instalar el nuevo cable acerado con el aislador de tensión de porcelana insertando el amarre preformado (colocado previamente en su extremo) en el orificio del perno angular (parte superior del poste) y fijándolo a este.

Se tensa el cable acerado con el apoyo de un tecele de cadena tipo ratchet y de un amarre preformado provisional colocado en el cable de la retenida y un ojal de tensado estándar colocado en la barra con ojo.

Se coloca el amarre preformado (instalado previamente en el extremo del cable) en el orificio de la barra con ojo.

Se suelta lentamente el tecele de cadena hasta que el nuevo cable instalado soporte la carga mecánica a que está sometida la estructura. El poste debe quedar vertical.

Por último, se instala la canaleta protectora.



Figura 29. Colocación del bloque de anclaje en el hoyo

Fuente: Base de datos de Tecsur S.A



Figura 30. Retenida tipo violín
Fuente: Base de datos de Tecsur S.A

Puesta a Tierra

Una vez concluida y limpiada la zanja libre de material de excavación, se procederá a echar una capa uniforme de 10 cm. de tierra natural a lo largo de la zanja como base y se compactará con pisón, la tierra sobrante se utilizará en las otras capas a rellenar. Encima de esta primera capa de tierra natural se colocará cemento conductor en un ancho de 10 cm por un alto de 2.5 cm como primera capa y sobre esta capa de cemento conductor se instalará el conductor a lo largo de la zanja, dejando suficiente cable en el lado de la estructura, de tal manera que pueda conectarse sin dificultad.

En seguida el conductor será tapado por otra capa de cemento conductor de las mismas dimensiones que su base, 10 cm. x 2.5 cm. Uno de los extremos del conductor (contrapeso), se fijará a la estructura mediante un conector, quedando el otro extremo del conductor solo al contacto con el cemento conductor y el material de relleno según indica el detalle.

Sobre la segunda capa de cemento conductor se instalará una capa de 20 cm. de tierra vegetal a lo largo de la zanja, cubriendo de manera uniforme, compactando con apisonadora manual y luego se colocará a lo largo una cinta señalizadora de

color amarillo. Se completa el relleno de la zanja con material propia de la excavación hasta alcanzar una altura de relleno total de la zanja, compactando con pisón, luego la capa superficial se compactará con el vibro pisón.

La resistencia equivalente de puesta a tierra debe ser menor o igual a 25 ohmios. En la base de los postes se señalará la ubicación de la puesta a tierra en fondo negro y con el símbolo de color amarillo.



Figura 31. Instalación de pozo a tierra horizontal

Fuente: Base de datos de Tecsur S.A



Figura 32. Instalación de pozo a tierra horizontal

Fuente: Base de datos de Tecsur S.A.

Tendido de los conductores aéreos

Se ubicará la porta bobinas a uno de los extremos del tramo y las poleas en cada uno de los postes, se extenderá el cable guía a través de cada polea hasta llegar a la ubicación del soporte de bobina que estará al otro extremo del tramo.

Se instalará la malla metálica al cable portante y al cable guía, para luego jalar el cable guía y desenrollar el cable CAAI-S con sumo cuidado, a fin de no dañar su superficie exterior con el suelo.

Una vez que se tiende el conductor CAAI-S, se sujetará al poste y se rebobinará el cable de manera manual hasta que se presente el esfuerzo del cable utilizando el teclé para el tensado del cable, para determinar las mediciones de esfuerzo y flecha utilizar el dinamómetro y la cinta métrica.

En una derivación, el cable CAAI-S se fijará mediante una grapa de anclaje; asimismo se ejecutará los empalmes y además se sujetará el cable mediante correas de amarre.



Figura 33. Instalación de porta bobinas

Fuente: Base de datos de Tecsur S.A.



Figura 34. Tendido de conductor
Fuente: Base de datos de Tecsur S.A

Pruebas eléctricas antes de puesta en servicio

Prueba de continuidad

Se efectará desde los extremos del cable, cortocircuitando el otro extremo del mismo.



Figura 35. Prueba de continuidad
Fuente: Base de datos de Tecsur S.A

Prueba de aislamiento

Se medirá la resistencia de aislamiento del conductor entre fases y fase a tierra, el nivel de aislamiento estará de acuerdo con las normas aprobadas con la R.D.018-2002 EM/DGE.

Tabla 47. Nivel de aislamiento

| Tipo de Condiciones | Alumbrado público (MΩ) | Servicio particular (MΩ) |
|-----------------------------|------------------------|--------------------------|
| Condiciones normales | | |
| entre fases | 50 | 50 |
| de fase a tierra | 20 | 20 |
| Condiciones húmedas | | |
| entre fases | 20 | 20 |
| de fase a tierra | 10 | 10 |

Fuente: Norma de procedimientos para la elaboración de proyectos y ejecución de obras en sistemas de distribución y sistemas de utilización en media tensión en zonas de concesión de distribución – DGE



Figura 36. Prueba de aislamiento

Fuente: Base de datos de Tecsur S.A



Figura 37. Prueba de aislamiento
Fuente: Base de datos de Tecsur S.A.

Prueba de resistencia de puesta a tierra

La resistencia de la puesta a Tierra en las estructuras de baja tensión, en donde se conectada las partes metálicas que no pertenecen al circuito directo de servicio no debe superar los 25 ohmios como lo indica en el Código Nacional de Electricidad.



Figura 38. Prueba de resistencia puesta a tierra
Fuente: Base de datos de Tecsur S.A



*Figura 39. Prueba de resistencia puesta a tierra
Fuente: Base de datos de Tecsur S.A*

Pruebas eléctricas después de puesta en servicio

Prueba de encendido de lámparas



*Figura 40. Prueba de encendido de lámparas
Fuente: Base de datos de Tecsur S.A.*



Figura 41. Prueba de encendido de lámparas

Fuente: Base de datos de Tecsur S.A

2.4 Resultados

- Para el diseño de la red de distribución secundaria se tuvo en cuenta conductores aéreos tipo CAAI-S, dos circuitos independientes una de alumbrado público y siguiente de servicio particular el cual comprende desde la salida del tablero de distribución hasta las cajas de distribución.
- La calificación eléctrica del A.H. Buena Vista del Paraíso es de 700 W por lote el cual se obtuvo de la Norma DGE “Calificación eléctrica para la elaboración de proyectos de subsistemas de distribución secundaria”.
- La máxima demanda para electrificar, en el servicio particular es de 32.20 kW y para la instalación del alumbrado público es de 5.23 kW, dando una demanda máxima total de 37.43 kW.
- Para el diseño de la red del servicio particular y alumbrado público se utilizó, conductores aéreos tipo CAAI-S 3x35+2x16 mm² y 3x16+2x16 mm, pastorales tipo bastón y chileno corto, luminaria Tipo II corto con haz semi recortado, lámpara tubular de vapor de sodio de alta presión de 150 W, postes de material de concreto armado centrifugado y poliéster reforzado con fibra de vidrio de una altura de 8.7m con una carga de trabajo transversal de 200 kg, en el sistema de puesta a tierra se utilizó electrodo horizontal y cemento conductivo.

CONCLUSIONES

- Se logró diseñar la red de distribución secundaria para electrificar el Asentamiento Humano Buena Vista del Paraíso, Villa María del Triunfo, el diseño tuvo dos circuitos independientes una red de alumbrado público y una red de servicio particular el cual comprendió desde la salida del tablero de distribución hasta las cajas de distribución.
- Se determinó que la calificación eléctrica para cada lote del A. H. Buena Vista del Paraíso, Villa María del Triunfo es de 700 W, que se obtuvo de la Norma DGE “Calificación eléctrica para la elaboración de proyectos de subsistemas de distribución secundaria”.
- Se calculó que la demanda máxima del A. H. Buena Vista del Paraíso, Villa María del Triunfo es 37.43 kW, de donde se verifica que la potencia de la subestación eléctrica es suficiente para poder suministrar energía eléctrica al Asentamiento Humano.
- Se logró diseñar la red de alumbrado público y servicio particular cumpliendo con las normas técnica de servicios eléctricos de la Dirección General de Electricidad.
- Se logró realizar las especificaciones técnicas de montaje y de las pruebas eléctricas de continuidad, aislamiento y de resistencia de puesta a tierra de la red de distribución secundaria del A. H. Buena Vista del Paraíso, Villa María del Triunfo, cumpliendo los parámetros establecidos en el Código Nacional de Electricidad y la norma interna de Luz del Sur.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda que para el diseño de una red de distribución secundaria no solo basta con hacer trabajo en gabinete, sino que también es necesario hacer inspección en campo como por ejemplo para verificar el plano de lotización, para tomar nota de las pendientes, las calles o también para tener en cuenta la ubicación de los postes.
- Se recomienda siempre revisar el valor agregado de distribución del servicio público de electricidad ya que se actualiza cada 4 años, en donde se va encontrar el sector de distribución típico de la empresa concesionaria y así determinar la calificación eléctrica.
- Al calcular la demanda máxima del alumbrado público se recomienda tener en cuenta la potencia de la lámpara y la potencia de pérdida.
- Se recomienda que para la ejecución de los trabajos deberán utilizar equipos y herramientas normadas para evitar accidentes, también las personas que van a intervenir en la ejecución deberán usar los equipos de protección personal en todo momento, serán capacitados en las tareas teniendo en cuenta los riesgos, además deberán seguir los procedimientos de trabajo establecidos por la empresa contratista.
- Al realizar las pruebas eléctricas se recomienda utilizar equipos de medición calibrados y certificados, también deberán seguir paso a paso las instrucciones que indica el manual para obtener una correcta medición.

BIBLIOGRAFÍA

- Bautista Rios, J. (2018). *Líneas de transmisión de potencia*. Sevilla: Editorial académica española.
- Dirección General de Electricidad. (2002). *Norma de procedimientos para la elaboración de proyectos y ejecución de obras de sistemas de distribución y sistemas de utilización en media tensión en zonas de concesión de distribución*. Lima: Editora Perú.
- Dirección General de Electricidad. (2003). *Bases para el diseño de líneas y redes secundarias con conductores autoportantes para electrificación rural*. Lima: Editora Perú.
- Dirección General de Electricidad. (2004). *Calificación eléctrica para la elaboración de proyectos de subsistemas de distribución secundaria*. Lima: Editora Perú.
- Dirección General de Electricidad. (2011). Código Nacional de Electricidad. En *Norma de Suministro*. Lima: Editora Perú.
- Dirección General de Electricidad y Ministerio de Energía y Minas. (2013). *Ley de Concesiones Eléctricas y Reglamento*. Lima: Editora Perú.
- Enel Distribución Peru S.A.A. (2018). *Glosario*. Obtenido de Enel Distribución Peru S.A.A: <https://www.enel.pe/es/ayuda/glosario.html>
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2018). *Compendio Estadístico Provincia de Lima 2018*. Lima: Instituto Nacional de Estadística e Informática.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2018). *Peru: Anuario Estadísticos de Criminalidad y Seguridad Ciudadana, 2011-2017 - Vision Departamental, Provincial y Distrital*. Lima: Instituto Nacional de Estadística e Informática.
- Luz del Sur S.A. (2010). *Norma de distribución*. Lima: Luz del Sur S.A.
- MAGRA S.A.C. (2019). *Compañía MAGRA S.A.C*. Obtenido de Compañía MAGRA S.A.C.: <http://www.magrasac.com/product/postes-de-concreto-armado-y-centrifugado.html>
- Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento. (2012). *Reglamento Nacional de Edificaciones*. Lima: Editora Perú.
- OSINERGMIN. (2016). *La industria de la electricidad en el Peru: 25 años de aportes al crecimiento económico del país*. Lima: Osinerming.
- Postes Escarsa SAC. (4 de Junio de 2018). *Postes de concreto armado centrifugado*. Obtenido de Postes Escarsa: <https://postesescarsa.wixsite.com>
- ProCobre. (1999). *Sistemas de Puestas a Tierra*. Santiago: ProCobre.

Procobre. (2001). *Conductores Electricos*. Santiago: Procobre.

Tecsur S.A. (2020). *Cable de energía autoportante (Tipo CAAI y CAAI-S)*.
Obtenido de Tecsur S.A.: <https://www.tecsur.com.pe/p/cable-de-energia-autoportante-tipo-caai-y-caai-s/>

Tecsur S.A. (2020). *Cable de energía tipo N2XY 0,6/1KV*. Obtenido de Tecsur S.A.: <https://www.tecsur.com.pe/p/cable-de-energia-tipo-n2xy-0-6-1kv/>

Tecsur S.A. (2020). *Cable de energía tipo NA2XY para BT*. Obtenido de Tecsur S.A.: <https://www.tecsur.com.pe/p/cable-de-energia-tipo-na2xy-para-bt/>

ANEXO

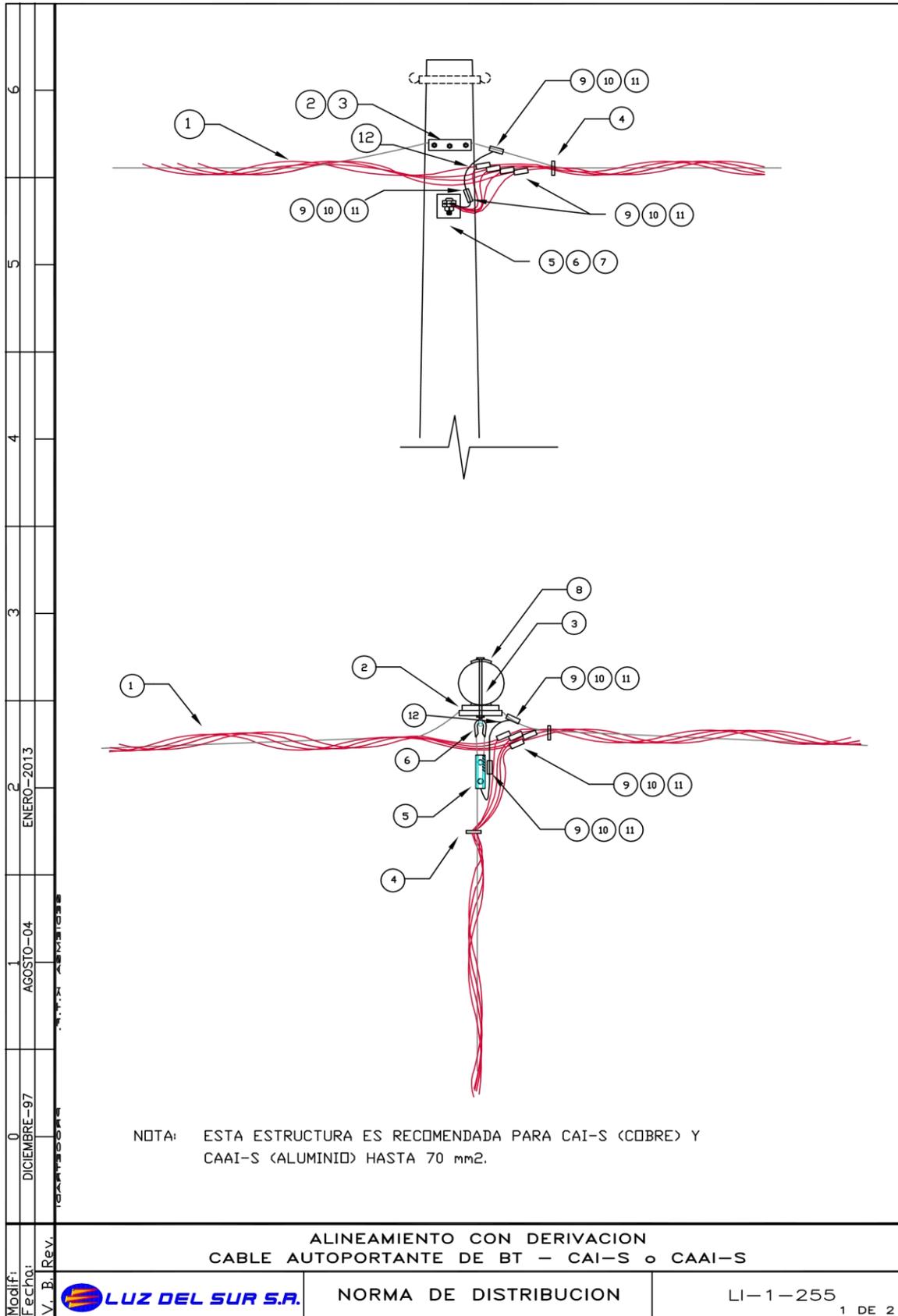
ANEXO 1: PRESUPUESTO

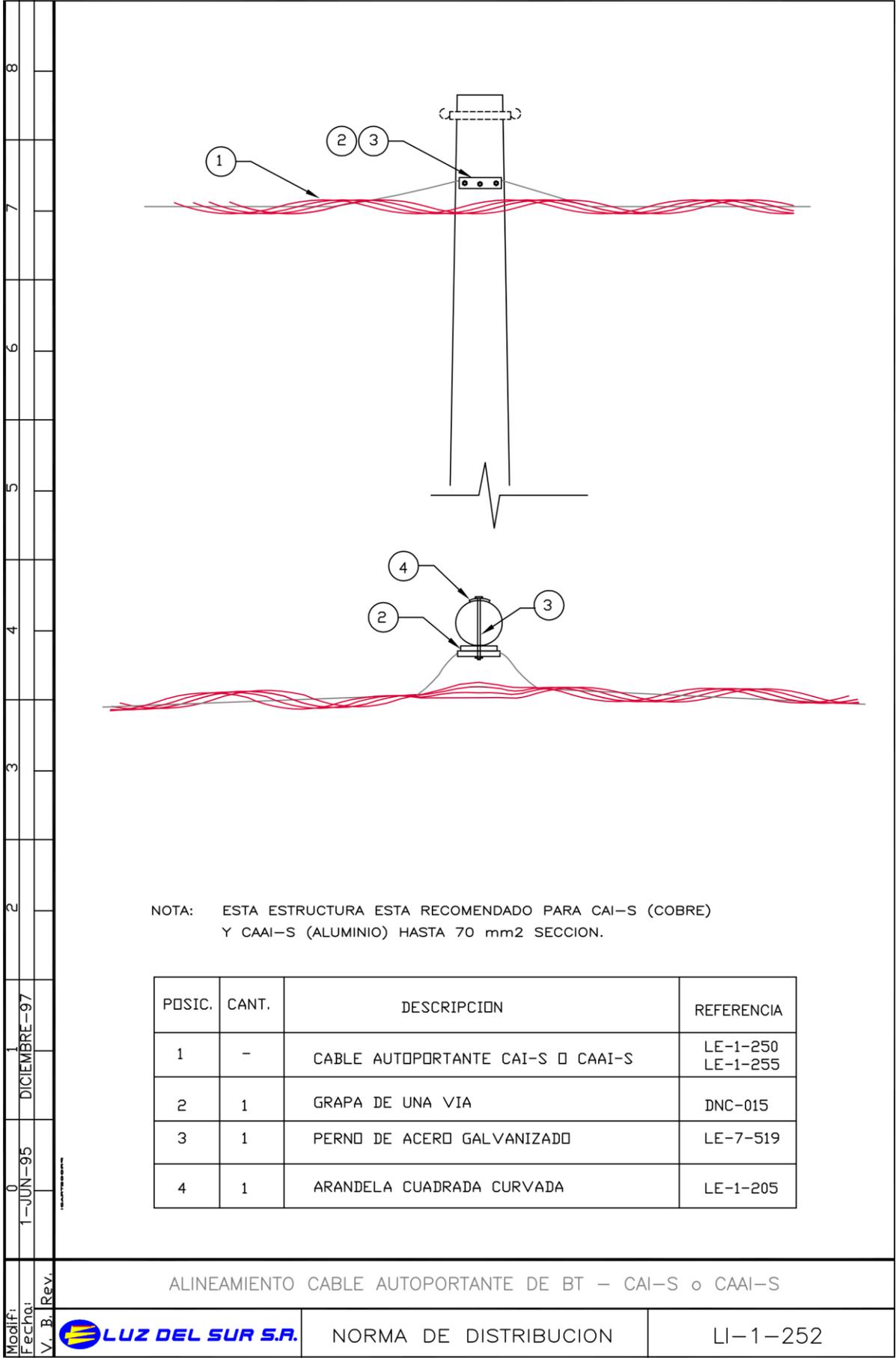
| ITEM | DESCRIPCION | UNIDAD | CANTIDAD | PRECIO | TOTAL |
|------|---|--------|----------|--------|---------|
| 1 | FLEJE AC. INOX. ANCHO 19MM. | M | 74 | 2.46 | 181.82 |
| 2 | GRAPA (HEBILLA) AC. INOX. P. FLEJE 19MM ANCHO. | UN | 74 | 0.69 | 51.06 |
| 3 | GUARDACABO DE ACERO GALV. P. CABLE 13MM DIAM. 1,5MM ESPESOR P. PROTEGER CABLE PORTANTE | UN | 122 | 0.82 | 99.55 |
| 4 | CEMENTO ESPECIAL CONDUCTIVO USADO PARA SISTEMAS ELECTRICOS EN BOLSAS DE 25LB | BO | 24 | 39.02 | 936.48 |
| 5 | CINTILLO DE NYLON DE 14 1/2" (368MM) LONG. P. CABLES | UN | 109 | 0.14 | 15.15 |
| 6 | CABLE AO.GO. TIPO "B" DE 5/16".5080 KG. MANO IZQ.7 HILOS.P. RETENIDA | M | 128 | 1.92 | 245.76 |
| 7 | CONDUCTOR CABLEADO UNIPOLAR TIPO TW 16MM2 COLOR AMARILLO 450 / 750V | M | 47.6 | 3.88 | 184.74 |
| 8 | CONDUCTOR CABLEADO TW 750V. UNIP.AMARI. 1X 35 MM2 | M | 138 | 8.47 | 1168.58 |
| 9 | CONDUCTOR CABLEADO TW 750V UNIP.AMARI. 1X 70MM2. | M | 39.6 | 16.57 | 656.29 |
| 10 | CONDUCTOR SOLIDO TWT 450/750V BIPOLAR 2X 1.5 MM2. | M | 121.7 | 0.92 | 111.48 |
| 11 | CABLE DE ENERGIA AUTOPORTANTE TIPO CAAI-S VW-1 2X16 MM2 PARA REDES AEREAS B.T. | M | 631.5 | 2.42 | 1526.97 |
| 12 | CABLE DE ENERGIA AUTOPORTANTE TIPO CAAI-S VW-1 3X16 MM2 PARA REDES AEREAS B.T. | M | 471.7 | 3.44 | 1624.06 |
| 13 | CABLE DE ENERGIA AUTOPORTANTE TIPO CAAI-S VW-1 3X16 MM2 PARA REDES AEREAS B.T. | M | 31.5 | 3.44 | 108.45 |
| 14 | CABLE DE ENERGIA AUTOPORTANTE TIPO CAAI-S VW-1 3X35 MM2 PARA REDES AEREAS B.T. | M | 88.2 | 5.02 | 442.68 |
| 15 | EMPALME DERECHO DERIVACION UNIPOLAR AUTOFUNDENTE P. CABLE SECO 6-120 / 1,5-120MM2 EN RED AEREA B.T. | UN | 67 | 15.60 | 1045.20 |
| 16 | EMPALME DERECHO DERIVACION UNIPOLAR AUTOFUNDENTE P. CABLE SECO 6-120 / 10-120MM2 CONEX. MONOFASICA BT | JG | 59 | 29.61 | 1746.99 |
| 17 | CINTA SEÑALIZADORA AMARILLA P. CABLES SUBTERRANEOS 220V P.LUZ DEL SUR | M | 36 | 0.18 | 6.62 |
| 18 | AISLADOR TENSION PORCELANA CLASE ANSI 54-2 P. VIENTO. | UN | 16 | 5.93 | 94.94 |

| | | | | | |
|----|--|----|-----|---------|---------|
| 19 | POSTE C.A. 8.7/200/150/280 P. A.P. Y/O L.A.B.T. | UN | 8 | 278.28 | 2226.23 |
| 20 | ZAPATA CONCRETO ARMADO 400 MMD. P. VIENTO. | UN | 16 | 11.68 | 186.90 |
| 21 | BOVEDA CONCRETO C. TAPA P. ELECTRODO DE PUESTA A TIERRA | JG | 12 | 18.07 | 216.88 |
| 22 | POSTE DE POLIESTER REFORZADO EN FIBRA DE VIDRIO 8,7 / 200 / 150 / 300 F.S. 2 P.A.P. Y/O L.A.B.T. O M | UN | 25 | 1062.36 | 26559.0 |
| 23 | PASTORAL AC.SAE 1009 - SAE 1010 GALV.SIMPLE 0,55/2,17/1,5"D. C/ANILLO | UN | 10 | 50.23 | 502.34 |
| 24 | PASTORAL DE ACERO GALV. PS / 0,275 / 2,17 / 1 1/2" ANG. 0 GRADOS | UN | 18 | 43.62 | 785.09 |
| 25 | PASTORAL AC GO. SIMPLE PS/0,55/1,17/1.5"D | UN | 3 | 36.89 | 110.67 |
| 26 | CONECTOR CUÑA.TP.MINIW.CU.16/1.5-6MM2 | UN | 24 | 6.03 | 144.82 |
| 27 | CONECTOR CUÑA.TP.MINIW.CU.35/16MM2 | UN | 6 | 6.74 | 40.42 |
| 28 | CONECTOR DERIV.TIPO CUÑA AL 50-70/CU-AL 16MM2, BIMETALICO, MINIWEDGE. | UN | 3 | 5.96 | 17.87 |
| 29 | CONECTOR CUÑA.TP.MINIW.CU.16/16MM2 | UN | 21 | 6.83 | 143.39 |
| 30 | CONECTOR CUÑA.TP.MINIW.CU.50-70/35-50MM2 | UN | 3 | 8.05 | 24.16 |
| 31 | CONEC. CUÑA TP. MINIW. CU. 120/10MM2 | UN | 6 | 8.87 | 53.20 |
| 32 | CONEC. CUÑA TP. MINIW. CU. 120/35MM2 | UN | 3 | 9.94 | 29.82 |
| 33 | CONECTOR DE DERIVACION DE COBRE ESTAÑADO TP. CUÑA P. CONDUCTOR DE COBRE 25 - 35 / 16 - 25MM2 | UN | 22 | 4.91 | 107.98 |
| 34 | CONECTOR DE DERIVACION DE COBRE ESTAÑADO TP. CUÑA P. CONDUCTOR DE COBRE 16 - 25 / 10 - 16MM2 | UN | 97 | 2.88 | 279.55 |
| 35 | CONECTOR BIMET.FORRADO TP. PERFORACION / PIERCING P. COND.CU - AL 10 - 35 / 1,5 - 6MM2 FASE AISL. | UN | 38 | 2.94 | 111.87 |
| 36 | CONECTOR BIMET.FORRADO TP. PERFORACION / PIERCING P. COND.CU - AL 25 - 70 / 10 - 35MM2 FASE AISL. | UN | 39 | 4.96 | 193.48 |
| 37 | AMARRE PREFORMADO P. SUJECION CABLE DE VIENTO DE ACERO GALV. 5/16" DIAM. CLASE C | UN | 60 | 6.52 | 391.26 |
| 38 | GRAPA DE DOS VIAS CON 2 PERNOS GALV.CALIENTE | UN | 110 | 5.26 | 578.60 |
| 39 | ARANDELA CUADRADA CURVA DE ACERO GALV. 55 X 55 X 5MM C. AGUJERO 17,5MM DIAM | UN | 136 | 0.63 | 85.82 |
| 40 | VARILLA ROSCADA AC. GALV. 16MMD. X 450MML. L.AEREAS. | UN | 7 | 4.71 | 32.94 |
| 41 | OJAL ROSCADO AC. GALV. DE 5/8PULG.D. X80MML. P.L.A. | UN | 76 | 3.70 | 280.97 |

| | | | | | |
|--------------|---|----|-------|--------|-----------------|
| 42 | ESLABON ANGULAR DE ACERO GALV. 17,50MM P. ENLACE EN ESTRUCTURAS DE REDES AEREAS | UN | 16 | 6.39 | 102.18 |
| 43 | PERNO CON OJAL DE ACERO GALV. 5/8" X 10", ROSCA 6" C. ACCESORIOS | UN | 34 | 6.01 | 204.37 |
| 44 | PERNO DE ACERO GALV. DE CABEZA HEXAGONAL 5/8" X 10", GRADO 5 | UN | 35 | 4.35 | 152.15 |
| 45 | BARRA C.OJO (VARILLA DOBLADA SOLDADA) DE ANCLAJE DE ACERO GALV. 5/8" X 2400MM C. ACCESORIOS P. VIENTO | UN | 16 | 21.91 | 350.58 |
| 46 | CANALETA PROTECTORA ACERO GALV. 2200MM P. PROTEGER CABLE P. VIENTO | UN | 16 | 16.32 | 261.04 |
| 47 | ALQUILER POR HORA DE GRÚA DE HASTA 6,5 TN - INCLU | H | 12 | 143.00 | 1716.00 |
| 48 | USO POR HORA DE MARTILLO DEMOLEDOR A COSTO PROPIETARIO | H | 11 | 2.42 | 26.66 |
| 49 | USO POR HORA DE GRUPO ELECTRÓGENO A COSTO PROPIETARIO | H | 11 | 4.90 | 53.86 |
| 50 | RETIRO DE ESCOMBROS / CASCOTES | m3 | 29.17 | 29.77 | 868.36 |
| 51 | BRAZO DE APOYO TP. VIOLIN DE ACERO GALV. 2" X 875MM C. ACCESORIOS | UN | 16 | 29.31 | 468.98 |
| 52 | LAMPARA TUBULAR DE VAPOR DE SODIO DE ALTA PRESION 150W 220V C. CASUILLO E 40, FLUJO MEJORADO | UN | 31 | 12.22 | 378.91 |
| 53 | LUMINARIA TIPO II MEDIANO HAZ SEMIRECORTADO NA 150W EQUIPADA C. DIFUSOR DE VIDRIO | UN | 31 | 188.13 | 5832.03 |
| 54 | CAJA NO METALICA DE DERIVACION Y ACOMETIDA EN REDES AEREAS DE BAJA TENSION | UN | 21 | 99.58 | 2091.08 |
| 55 | ABRAZADERA POSTE C.A.150MMD.C/GANCHO ACOMET.DOMIC. | UN | 21 | 14.00 | 293.90 |
| 56 | ABRAZADERA ACERO GALV.SIMPLE 3/16" X 1 1/2" P. PASTORAL 48MM / POSTE 152MM DIAM. | UN | 58 | 10.58 | 613.87 |
| 57 | CONECTOR BRONCE P. ELECTRODO DE PUESTA A TIERRA 5/8" DIAM | UN | 12 | 3.61 | 43.27 |
| TOTAL | | | | | 56807.32 |

ANEXO 2: PLANOS DE ESTRUCTURAS





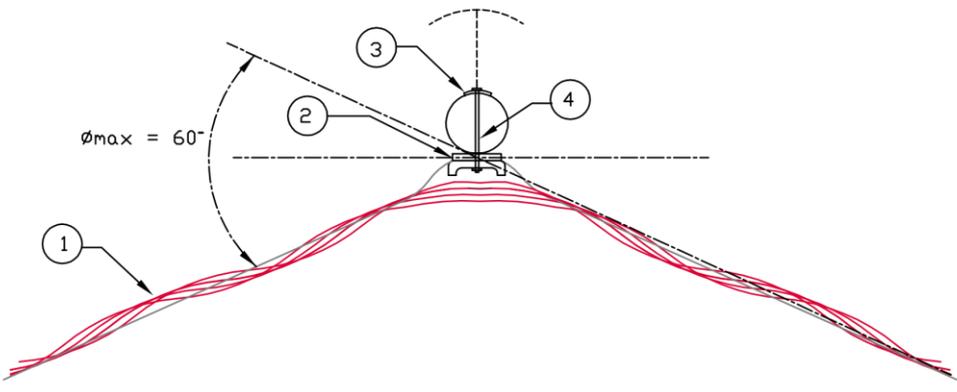
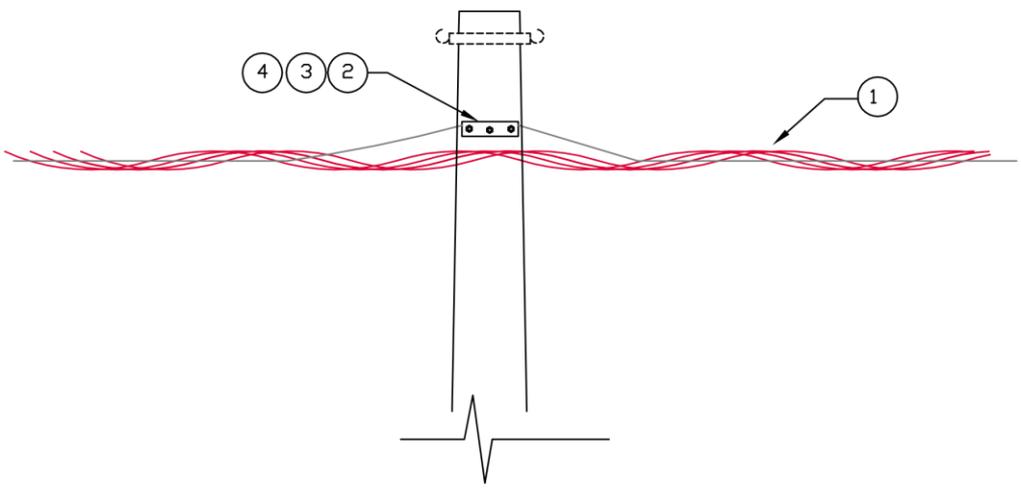
NOTA: ESTA ESTRUCTURA ESTA RECOMENDADO PARA CAI-S (COBRE)
Y CAAI-S (ALUMINIO) HASTA 70 mm² SECCION.

| POSIC. | CANT. | DESCRIPCION | REFERENCIA |
|--------|-------|-----------------------------------|----------------------|
| 1 | - | CABLE AUTOPORTANTE CAI-S o CAAI-S | LE-1-250 LE-1-255 |
| 2 | 1 | GRAPA DE UNA VIA | DNC-015 |
| 3 | 1 | PERNO DE ACERO GALVANIZADO | LE-7-519 |
| 4 | 1 | ARANDELA CUADRADA CURVADA | LE-1-205 |

Modif: V. B. Rev.
Fecha: 1-JUN-95
1 DICIEMBRE-97

ALINEAMIENTO CABLE AUTOPORTANTE DE BT - CAI-S o CAAI-S

| |
|------------|
| 6 |
| 5 |
| 4 |
| 3 |
| 2 |
| 1 |
| 0 |
| Modif: |
| Fecha: |
| V. B. Rev. |



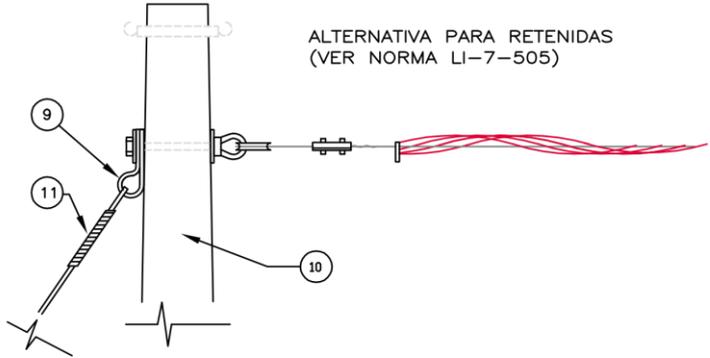
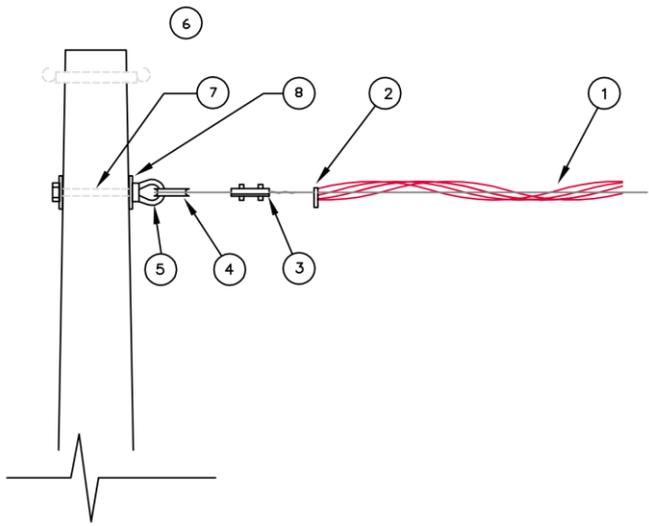
NOTA: ESTA ESTRUCTURA ESTA RECOMENDADO PARA CAI-S (COBRE) Y CAAI-S (ALUMINIO) HASTA 70 mm² DE SECCION CON ANGULO MAXIMO DE 60°.

| POSIC. | CANT. | DESCRIPCION | REFERENCIA |
|--------|-------|-----------------------------------|----------------------|
| 1 | - | CABLE AUTOPORTANTE CAI-S o CAAI-S | LE-1-250 LE-1-255 |
| 2 | 1 | GRAPA DE UNA VIA PARA ANGULO | DNC-016 |
| 3 | 1 | ARANDELA CUADRADA CURVADA | LE-7-620 |
| 4 | 1 | PERNO DE ACERO GALVANIZADO | LE-7-519 |

ANGULO - CABLE AUTOPORTANTE DE BT CAI-S o CAAI-S

| Modif: | 6 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|-----------------------|---|----------------------|----------|--|--------|---------|-------------|------------|---|---|-----------------------------------|----------------------|---|---|-------------------------------------|---------|---|---|---------------------------------|---------|---|---|------------|----------|---|---|--------------------------|----------|---|------|---|---------|---|---|------------------------------------|---------|---|---|---------------------------|----------|---|---|---|----------|----|------|---|---------|----|------|-----------------------------|---------|
| | 5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 3 | ENERO-2013 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 2 | ENERO-05 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 1 | DICIEMBRE-97 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Fecha: | 0 | JUNIO-95 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | V. B. Rev. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>NOTA: ESTA ESTRUCTURA ES RECOMENDADA PARA CAI-S (COBRE) Y CAAI-S (ALUMINIO) HASTA 70 mm².</p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;">POSIC.</th> <th style="width: 10%;">CANTID.</th> <th style="width: 50%;">DESCRIPCION</th> <th style="width: 30%;">REFERENCIA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>-</td> <td>CABLE AUTOPORTANTE CAI-S o CAAI-S</td> <td>LE-1-250 LE-1-255</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>2</td> <td>CINTILLO DE NYLON DE 7" DE LONGITUD</td> <td>4191182</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>2</td> <td>GRAPA DE DOBLE VIA CON 2 PERNOS</td> <td>DNC-015</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>2</td> <td>GUARDACABO</td> <td>LE-1-223</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>1</td> <td>OJAL ROSCADO ϕ 5/8"</td> <td>LE-7-622</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>S.R.</td> <td>CINTA MASTIC P. PROTECCION CONTRA CORROSION</td> <td>5134557</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>1</td> <td>PERNO CON OJAL ROSCADO ϕ 5/8"</td> <td>SID-257</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>2</td> <td>ARANDELA CUADRADA CURVADA</td> <td>LE-7-620</td> </tr> <tr> <td>9</td> <td>4</td> <td>CONECTORES DE DERIVACION A COMPRESION SEGUN CONDUCTOR</td> <td>LE-3-262</td> </tr> <tr> <td>10</td> <td>S.R.</td> <td>CINTA AISLANTE DE GOMA EPR AUTOFUNDENTE</td> <td>5154556</td> </tr> <tr> <td>11</td> <td>S.R.</td> <td>CABLE TW 35 mm²</td> <td>5021303</td> </tr> </tbody> </table> | | | | | | POSIC. | CANTID. | DESCRIPCION | REFERENCIA | 1 | - | CABLE AUTOPORTANTE CAI-S o CAAI-S | LE-1-250 LE-1-255 | 2 | 2 | CINTILLO DE NYLON DE 7" DE LONGITUD | 4191182 | 3 | 2 | GRAPA DE DOBLE VIA CON 2 PERNOS | DNC-015 | 4 | 2 | GUARDACABO | LE-1-223 | 5 | 1 | OJAL ROSCADO ϕ 5/8" | LE-7-622 | 6 | S.R. | CINTA MASTIC P. PROTECCION CONTRA CORROSION | 5134557 | 7 | 1 | PERNO CON OJAL ROSCADO ϕ 5/8" | SID-257 | 8 | 2 | ARANDELA CUADRADA CURVADA | LE-7-620 | 9 | 4 | CONECTORES DE DERIVACION A COMPRESION SEGUN CONDUCTOR | LE-3-262 | 10 | S.R. | CINTA AISLANTE DE GOMA EPR AUTOFUNDENTE | 5154556 | 11 | S.R. | CABLE TW 35 mm ² | 5021303 |
| POSIC. | CANTID. | DESCRIPCION | REFERENCIA | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | - | CABLE AUTOPORTANTE CAI-S o CAAI-S | LE-1-250 LE-1-255 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | 2 | CINTILLO DE NYLON DE 7" DE LONGITUD | 4191182 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | 2 | GRAPA DE DOBLE VIA CON 2 PERNOS | DNC-015 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | 2 | GUARDACABO | LE-1-223 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | 1 | OJAL ROSCADO ϕ 5/8" | LE-7-622 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | S.R. | CINTA MASTIC P. PROTECCION CONTRA CORROSION | 5134557 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | 1 | PERNO CON OJAL ROSCADO ϕ 5/8" | SID-257 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | 2 | ARANDELA CUADRADA CURVADA | LE-7-620 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | 4 | CONECTORES DE DERIVACION A COMPRESION SEGUN CONDUCTOR | LE-3-262 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | S.R. | CINTA AISLANTE DE GOMA EPR AUTOFUNDENTE | 5154556 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 11 | S.R. | CABLE TW 35 mm ² | 5021303 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| S.R. : Segun Requerimiento. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| CAMBIO DE SECCION CABLE AUTOPORTANTE DE BT - CAI-S o CAAI-S | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| LUZ DEL SUR S.A. | NORMA DE DISTRIBUCION | | | LI-1-258 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| |
|-------------------------|
| 6 |
| 5 |
| 4 |
| 3 |
| 2 |
| 1 |
| 0 |
| Modif: |
| Fecha: JUNIO-95 |
| V. B. Rev. DICIEMBRE-97 |



| POSIC. | CANTID. | DESCRIPCION | NORMA |
|--------|---------|---|----------------------|
| 1 | S.R. | CABLE AUTOPORTANTE CAI-S O CAAI-S | LE-1-250 LE-1-255 |
| 2 | 2 | CINTILLO DE NYLON | 4191182 |
| 3 | 1 | GRAPA DE DOBLE VIA CON DOS PERNOS | DNC-015 |
| 4 | 1 | GUARDACABO | LE-1-223 |
| 5 | 1 | OJAL ROSCADO ϕ 5/8" | LE-7-622 |
| 6 | S.R. | CINTA MASTIC - PROTEC. CONTRA CORROSION | 5134557 |
| 7 | 1 | PERNO DE ACERO GALVANIZADO | LE-7-519 |
| 8 | 2 | ARANDELA CUADRADA CURVADA | LE-7-620 |
| 9 | 1 | ESLABON ANGULAR | LE-7-517 |
| 10 | S.R. | CINTA AISLANTE GOMA EPR. | 5154556 |
| 11 | 1 | AMARRE PREFORMADO | LE-7-510 |

S.R. : SEGUN REQUERIMIENTO.

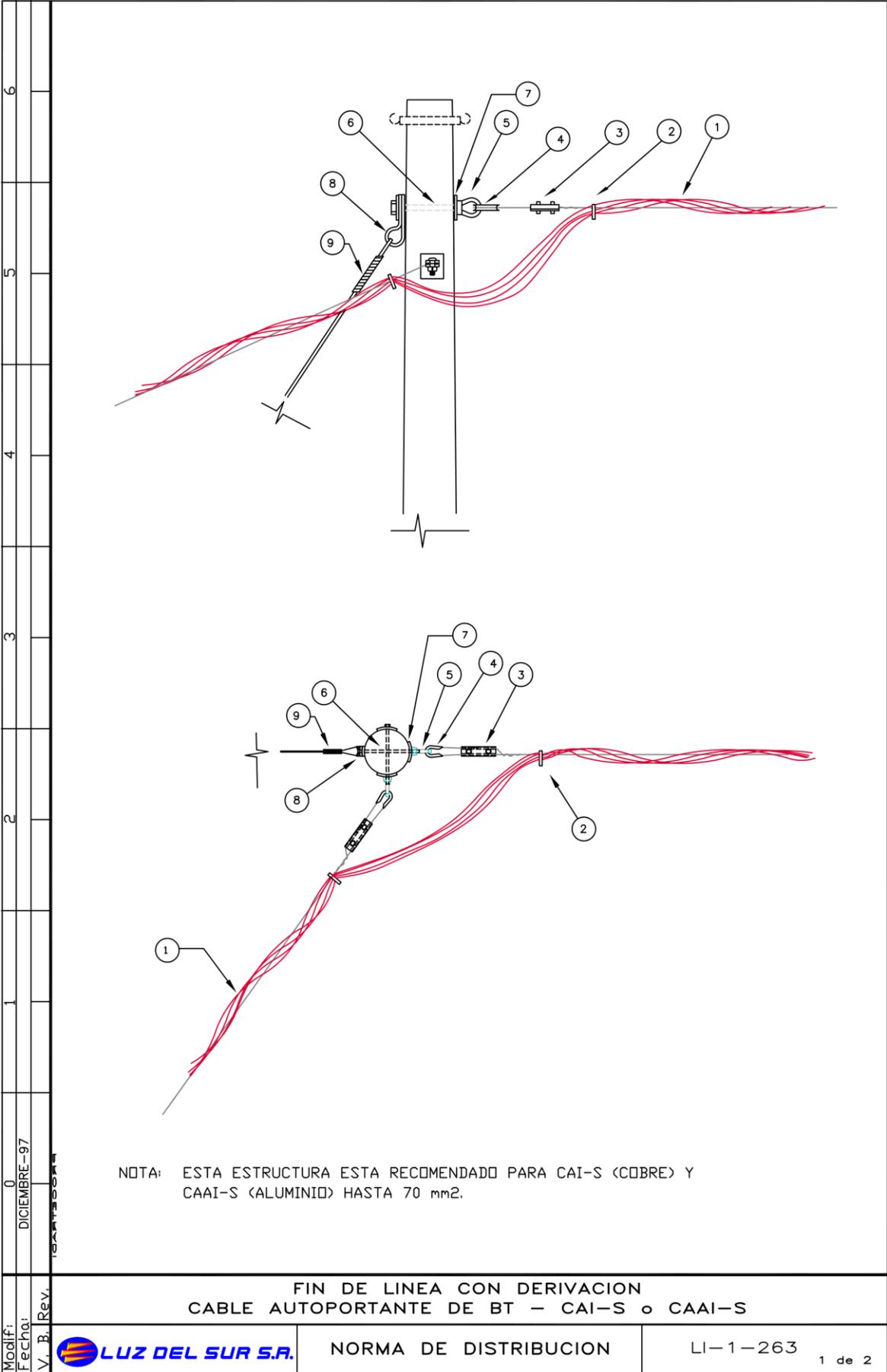
FIN DE LINEA
CABLE AUTOPORTANTE DE B.T. CAI-S O CAAI-S



LUZ DEL SUR S.A.

NORMA DE DISTRIBUCION

LI-1-265



NOTA: ESTA ESTRUCTURA ESTA RECOMENDADO PARA CAI-S (COBRE) Y CAAI-S (ALUMINIO) HASTA 70 mm².

Modif: 0
 Fecha: DICIEMBRE-97
 V. B. Rev. 184773304

FIN DE LINEA CON DERIVACION
 CABLE AUTOPORTANTE DE BT - CAI-S o CAAI-S

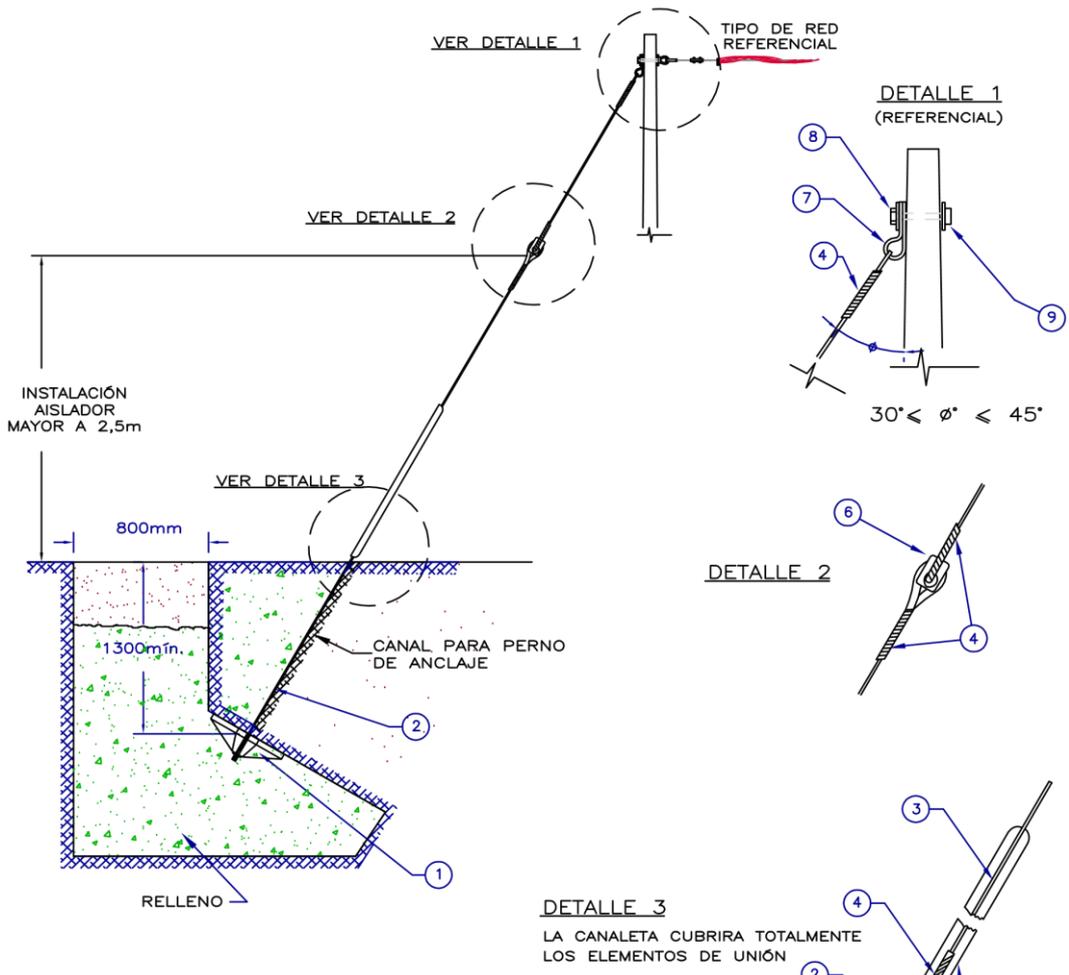


NORMA DE DISTRIBUCION

LI-1-263

1 de 2

INSTALACION DEL VIENTO SIMPLE



NOTAS:

- DE NO ESPECIFICARSE LO CONTRARIO, $\phi_{min.} = 30'$
- EN LA PARTE INFERIOR DEL AGUJERO VERTICAL DEBE CORTARSE EL TERRENO PARA ALOJAR LA ZAPATA DE ANCLAJE EN ANGULO RECTO CON LA DIRECCION DEL CABLE DE VIENTO.
- DEBE ABRIRSE UN CANAL INCLINADO QUE PERMITA LA INSTALACION DE BARRA CON OJO.
- TANTO EL AGUJERO VERTICAL, COMO EL CANAL INCLINADO DEBEN RELLENARSE Y COMPACTARSE.
- AL EFECTUARSE EL TENSADO DE LA LINEA, EL POSTE DEBE QUEDAR VERTICAL.
- EL AISLADOR DEBE ESTAR UBICADO DE MANERA QUE SU PARTE INFERIOR NO QUEDA A MENOS DE 2,5m SOBRE EL SUELO CUANDO LA RETENIDA SE ROMPA DEBAJO DEL AISLADOR.

| POSIC. | CANTID. | DESCRIPCION | REFERENCIA | POSIC. | CANTID. | DESCRIPCION | REFERENCIA |
|--------|---------------|--|---------------------|--------|---------|-----------------------------------|-----------------------|
| 1 | 1 | ZAPATA DE ANCLAJE | 5329320 | 6 | 1 | AISLADOR PARA VIENTO DE PORCELANA | LE-7-515 5217631 |
| 2 | 1 | BARRA CON OJO P/VIENTO TIPO VARILLA DOBLADA SOLDADA. | LE-7-512 5467101 | 7 | 1 | ESLABON ANGULAR | 5464101 |
| | | | | | | PERNO ANGULAR | LE-7-501 |
| | | | | | | ABRAZADERAS PARA RETENIDA | 6941466 |
| 3 | Segun Requer. | CABLE DE ACERO GALVANIZADO | LE-7-508 | 8 | 1 | PERNO DE ACERO GALVANIZADO | LE-7-519 |
| 4 | 4 | AMARRE PREFORMADO | 5419120 | 9 | 1 | ARANDELA CURVADA | 5461504 |
| 5 | 1 | CANALETA PROTECTORA | 5467624 | 9 | 1 | GUARDA CABO | LE-1-223 (1015413) |

VIENTOS (RETENIDAS) PARA ESTRUCTURAS DE B.T.

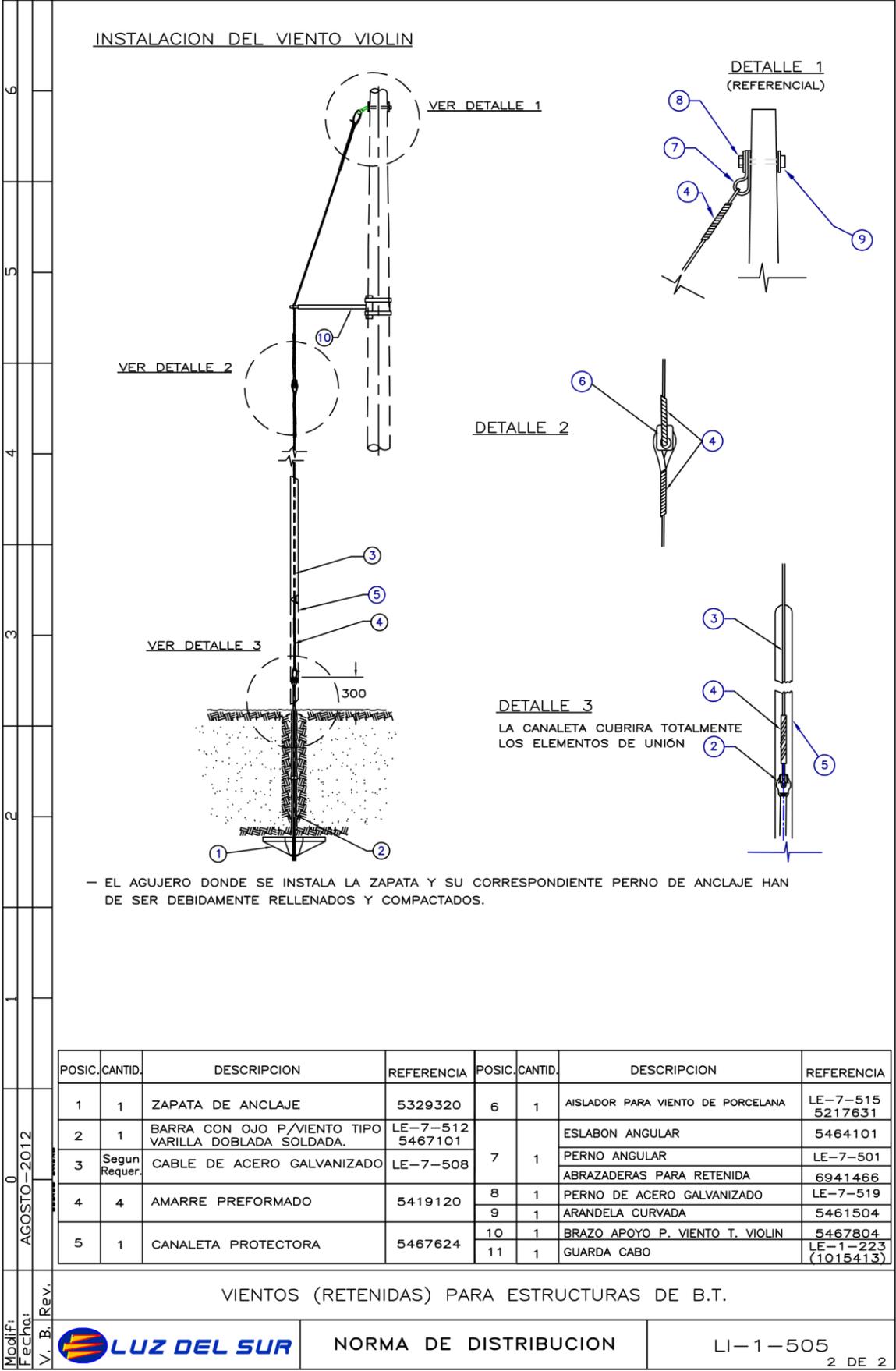
Modif: V. B. Rev.
 Fecha:
 0 AGOSTO-2012



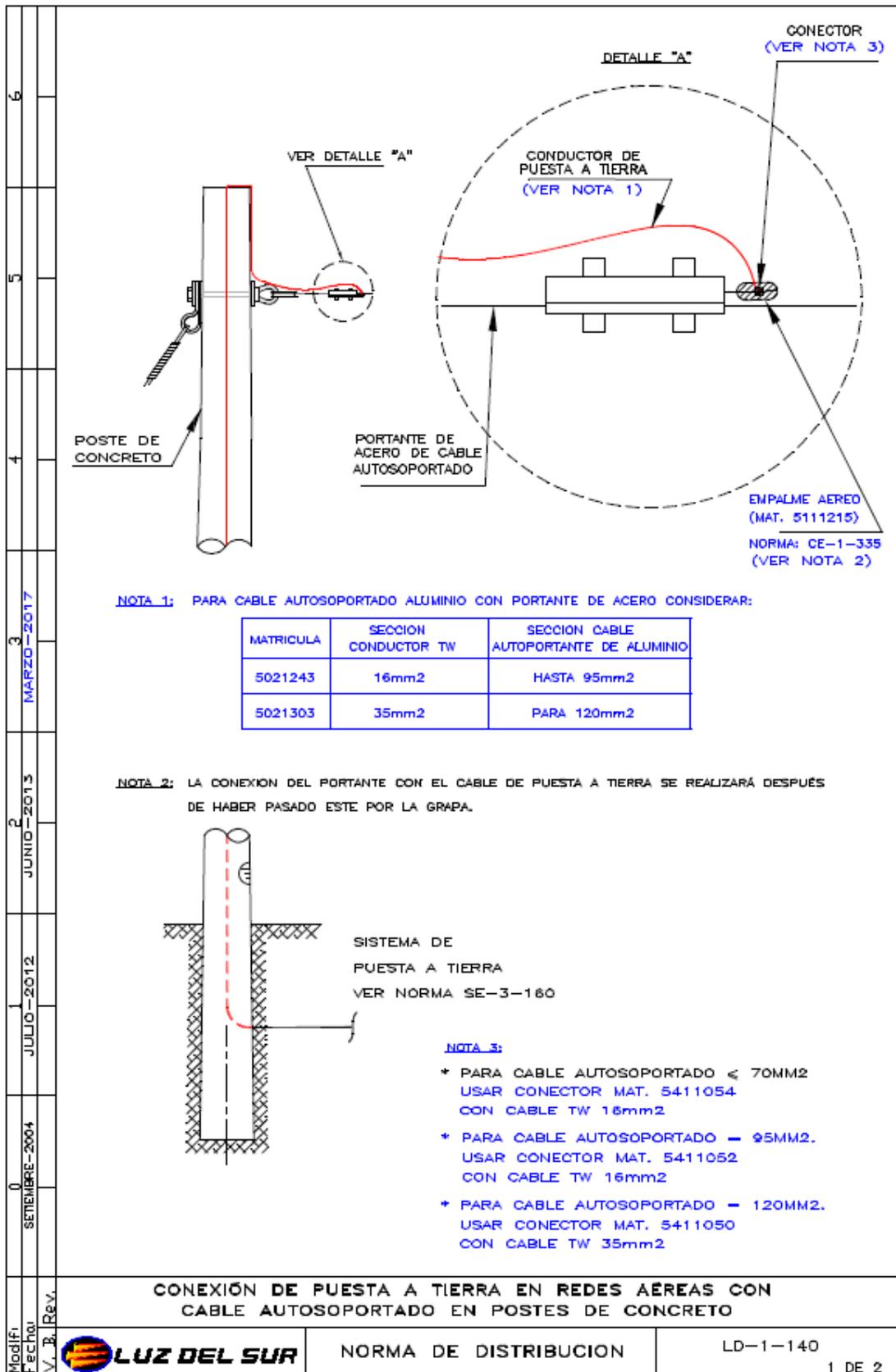
NORMA DE DISTRIBUCION

LI-1-505

1 DE 2



Modif:
Fecha:
V. B. Rev.



| | | | | | | | | | | | |
|--|-----------------------|---|---|------------|---|------------|---|------------|---|---|---|
| Modifi | 0 | SETIEMBRE-2004 | 1 | JULIO-2012 | 2 | JUNIO-2013 | 3 | MARZO-2017 | 4 | 5 | 6 |
| Fecha: | V. B. Rev. | EJEMPLO DE APLICACION DE LA CONEXION DE PUESTA A TIERRA EN POSTES CON CABLE AUTOSOPORTADO EN BAJA TENSION | | | | | | | | | |
| <p data-bbox="462 1142 734 1254"> E1 : ALINEAMIENTO E2 : DERIVACIÓN E3 : CAMBIO DE SECCIÓN E4 : FIN DE LINEA </p> <p data-bbox="446 1422 1244 1579"> NOTA 4: EN CASO DE LIMITACIONES DE DISPONIBILIDAD DE ÁREA O TIPO DE TERRENO, LAS PUESTAS A TIERRA (PAT) PODRÁN UBICARSE EN LOS PRÓXIMOS (1 & 2) POSTES MÁS CERCANOS AL FIN DE LINEA, DONDE SEA POSIBLE. </p> | | | | | | | | | | | |
| EN ESTRUCTURAS DE B.T. | | | | | | | | | | | |
| CONEXIÓN DE PUESTA A TIERRA EN REDES AÉREAS CON CABLE AUTOSOPORTADO EN POSTES DE CONCRETO | | | | | | | | | | | |
| | NORMA DE DISTRIBUCION | LD-1-140 2 DE 2 | | | | | | | | | |

| | | | | | |
|---|-----------------|-----------------------|--|----------|--|
| 6 | | | | | |
| 5 | | | | | |
| 4 | | | | | |
| 3 | | | | | |
| 2 | SEPTIEMBRE 2009 | | | | |
| 1 | MARZO 2009 | | | | |
| 0 | JUNIO 1988 | | | | |
| Modif: | V. B. Rev. | | | | |
| Fecha: | | | | | |
| NORMALIZACIÓN BÁSICA DE POSTES DE B.T. | | | | | |
|  | | NORMA DE DISTRIBUCION | | LE-1-010 | |
| 1 DE 4 | | | | | |

1.- ALCANCE

LA PRESENTE NORMA INDICA LOS POSTES DE CONCRETO ARMADO, USADOS EN LÍNEAS AÉREAS DE 0,22 kv DEL SUBSISTEMA ELÉCTRICO DE DISTRIBUCIÓN PRIMARIA EN EL ÁREA DE RESPONSABILIDAD DE LUZ DEL SUR S.A.

2.- POSTES DE CONCRETO ARMADO

LOS POSTES SERÁN DE FORMA TRONCOCÓNICA, SUS SECCIONES TRANSVERSALES SERÁN CIRCULARES ANULARES. LAS DIMENSIONES DE LOS POSTES, UBICACIÓN Y DIMENSIONES DE LOS AGUJEROS DEBERÁN SER SEGÚN LO INDICADO EN LAS ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LUZ DEL SUR DNC-ET-075d Y LA NORMA TÉCNICA PERUANA: NTP 339.027.

EN LA PÁGINA 4 SE INDICA RESUMIDAMENTE LAS CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS POSTES NORMALIZADOS.

2.1 CARGAS DE TRABAJO NOMINAL.-

SE DISTINGUEN DOS TIPOS:

- a. CARGA DE TRABAJO TRANSVERSAL (T).- ES LA CARGA MÁXIMA APLICADA A 10 cm DE LA CIMA PERPENDICULARMENTE AL EJE LONGITUDINAL DEL POSTE Y EN CUALQUIER DIRECCIÓN, PARA LA CUAL EL POSTE HA SIDO DISEÑADO.
- b. CARGA DE TRABAJO VERTICAL (V).- ES LA CARGA VERTICAL Y HACIA ABAJO GARANTIZADA POR EL FABRICANTE QUE PUEDE SER APLICADA A UN POSTE A 10 cm DE LA CIMA, EN DIRECCIÓN LONGITUDINAL DEL POSTE.

2.2 CARGAS DE ROTURA NOMINAL.- SON LAS CARGAS INDICADAS POR EL FABRICANTE QUE APLICADAS DE IGUAL FORMA QUE LAS CARGAS DE TRABAJO INDICADAS EN 2.1 DETERMINAN LA FALLA DEL POSTE.

2.3 DESIGNACIÓN.- LA DESIGNACIÓN DE LOS POSTES ESTA DADA POR NÚMEROS CORRELATIVOS SEGÚN EL SIGUIENTE ORDEN.

- a. LONGITUD TOTAL DEL POSTE EN METROS.
- b. CARGA DE TRABAJO TRANSVERSAL EN kg.
- c. DIÁMETRO EN LA CIMA EN mm.
- d. DIÁMETRO DE LA BASE EN mm.
- e. UTILIZACIÓN

EJEMPLO:

DESIGNACIÓN DE UN POSTE DE 8,7m DE LONGITUD, 200 kg DE CARGA DE TRABAJO TRANSVERSAL, 120 mm DE DIÁMETRO EN LA CIMA, 250 mm DE DIÁMETRO EN LA BASE, PARA LÍNEAS AÉREAS DE BAJA TENSIÓN.

8,7/200/120/250/LABT

a b c d e

| | | | | | |
|---|-----------------|-----------------------|--|----------|--|
| 6 | | | | | |
| 5 | | | | | |
| 4 | | | | | |
| 3 | | | | | |
| 2 | SEPTIEMBRE 2009 | | | | |
| 1 | MARZO 2009 | | | | |
| 0 | JUNIO 1988 | | | | |
| Modif: | V. B. Rev. | | | | |
| Fecha: | | | | | |
| NORMALIZACIÓN BÁSICA DE POSTES DE B.T. | | | | | |
|  | | NORMA DE DISTRIBUCION | | LE-1-010 | |
| 2 DE 4 | | | | | |

2.4 IDENTIFICACIÓN O ROTULADO.— CADA POSTE POSEERÁ EL SIGUIENTE ROTULADO PERMANENTE:

- SIGLAS DE LUZ DEL SUR (LDS)
- MARCA O NOMBRE DEL FABRICANTE (MF)
- FECHA DE FABRICACIÓN (MM-AA)
- CARGA DE TRABAJO TRANSVERSAL (F)
- ALTURA EN METROS (L)
- SEÑALIZACIÓN

ADICIONALMENTE EN CADA POSTE SE INDICARÁN LOS LÍMITES DE EMPOTRAMIENTO A (0,1L) : CON UNA RAYA Y LA LETRA "C"; Y (0,1L + 0,6)m DE LA BASE CON UNA RAYA Y LA LETRA "E".

CON LAS LETRAS "CoG" SE ROTULARÁ LA UBICACIÓN DE CENTRO DE GRAVEDAD.

2.5 INSTALACIÓN.— NORMALMENTE LOS POSTES SERÁN INSTALADOS EMPOTRANDO UNA PORCION DE SU LONGITUD (L) SEGÚN LO SIGUIENTE:

- EMPOTRAMIENTO EN CIMENTO DE CONCRETO (0,1L)m
- EMPOTRAMIENTO DIRECTO EN EL SUELO (0,1L + 0,6)m
- DISTANCIA DE UBICACIÓN TEMPORAL AL BORDE DEL HOYO O DE LA ZANJA DEL MATERIAL PRODUCTO DE LA EXCAVACIÓN: 0,40 m.

3.- COEFICIENTE DE SEGURIDAD

ES LA RELACIÓN ENTRE LA CARGA DE ROTURA Y LA CARGA DE TRABAJO. PARA POSTES, SE ESTABLECE UN COEFICIENTE DE SEGURIDAD DE 2 COMO MÍNIMO.

4.- RECUBRIMIENTO MÍNIMO

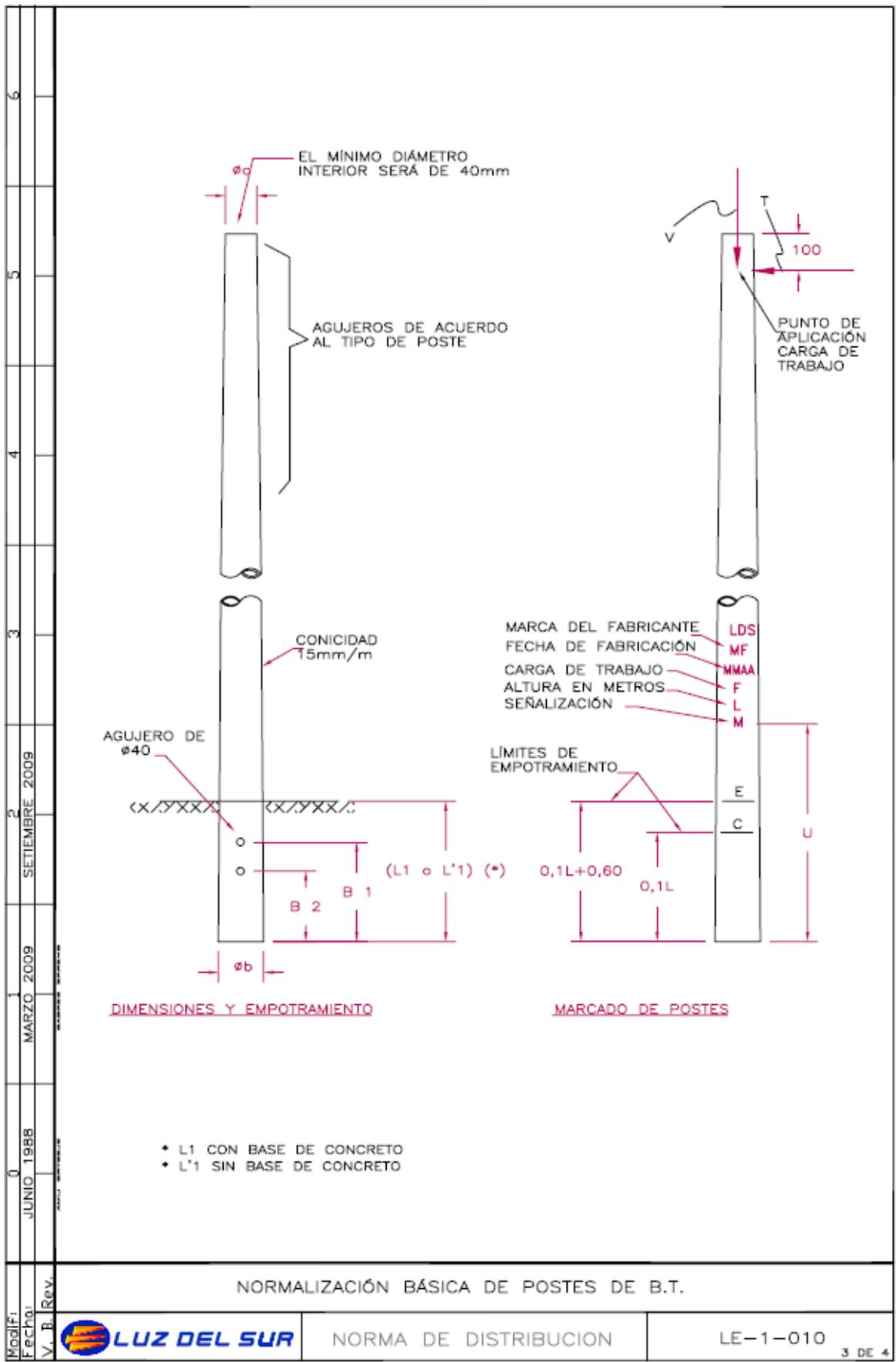
EL RECUBRIMIENTO MÍNIMO DE CONCRETO SOBRE LA ESTRUCTURA SERÁ DE 20mm, DEBIENDO PRESENTAR EL POSTE UNA SUPERFICIE LISA Y SIN RESANES.

5.- CARGAS DE ROTURA NOMINAL PARA TRANSPORTE Y MANIPULEO DE POSTES

LOS POSTES DEBERÁN TENER LAS CARGAS DE ROTURA NOMINALES MÍNIMAS PARA TRANSPORTE Y MANIPULEO DE 2 VECES LA CARGA DE TRABAJO:

6.- PROTECCIÓN CONTRA LA HUMEDAD Y LA CORROSIÓN

LOS POSTES SERÁN FABRICADOS CON UN ADITIVO ESPECIAL CUYA PROPIEDAD SERÁ LA DE EVITAR LA PENETRACIÓN DE LA HUMEDAD Y CORROSIÓN. ESTE ADITIVO DEBERÁ SER APROBADO TÉCNICAMENTE POR LUZ DEL SUR.



| 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 | Modif: Fecha: V. B. Rev. | JUNIO 1988 MARZO 2009 SETIEMBRE 2009 | 0 1 2 3 4 5 6 | <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="3">PLANO</th> <th rowspan="3">MATRÍCULA</th> <th rowspan="3">DESCRIPCIÓN</th> <th rowspan="3">L1 (m)</th> <th rowspan="3">CARGA DE TRABAJO (kg)</th> <th colspan="2">DIÁMETRO (m)</th> <th rowspan="3">B1 (m)</th> <th rowspan="3">B2 (m)</th> <th colspan="3">LONGITUD DE EMPOTRAMIENTO (m)</th> </tr> <tr> <th colspan="2">EXTERIORES</th> <th rowspan="2">DIRECTAMENTE ENTERRADO L</th> <th rowspan="2">CON CIMENTACIÓN L2</th> <th rowspan="2">INSPECCIÓN Y PRUEBA</th> </tr> <tr> <th>BASE øbe</th> <th>CIMA øce</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>DNC-312</td> <td>5312151</td> <td>6,0/200/120/210/AP</td> <td>6,0</td> <td>200</td> <td>210</td> <td>120</td> <td>0,60</td> <td>0,30</td> <td>1,20</td> <td>0,60</td> <td>1,10</td> </tr> <tr> <td>DNC-096</td> <td>5311260</td> <td>8,0/100/100/220/L.A.P.-B.T.</td> <td>8,0</td> <td>100</td> <td>220</td> <td>100</td> <td>0,70</td> <td>0,40</td> <td>1,40</td> <td>0,80</td> <td>1,30</td> </tr> <tr> <td>DNC-096</td> <td>5311262</td> <td>8,0/100/130/250/L.A.P.-B.T.</td> <td>8,0</td> <td>100</td> <td>250</td> <td>130</td> <td>0,70</td> <td>0,40</td> <td>1,40</td> <td>0,80</td> <td>1,30</td> </tr> <tr> <td>DNC-195</td> <td>5311254</td> <td>8,0/200/120/240/L.A.P.-B.T.</td> <td>8,0</td> <td>200</td> <td>240</td> <td>120</td> <td>1,10</td> <td>0,50</td> <td>1,40</td> <td>0,80</td> <td>1,30</td> </tr> <tr> <td>DNC-195</td> <td>5311255</td> <td>8,0/300/120/240/L.A.P.-B.T.</td> <td>8,0</td> <td>300</td> <td>240</td> <td>120</td> <td>1,10</td> <td>0,50</td> <td>1,40</td> <td>0,80</td> <td>1,30</td> </tr> <tr> <td>DNC-023</td> <td>5311292</td> <td>8,7/200/120/250/LABT</td> <td>8,7</td> <td>200</td> <td>250</td> <td>120</td> <td>1,17</td> <td>0,57</td> <td>1,47</td> <td>0,87</td> <td>1,37</td> </tr> <tr> <td>DNC-023</td> <td>5311293</td> <td>8,7/200/150/280/LABT</td> <td>8,7</td> <td>200</td> <td>280</td> <td>150</td> <td>1,17</td> <td>0,57</td> <td>1,47</td> <td>0,87</td> <td>1,37</td> </tr> <tr> <td>DNC-023</td> <td>5311294</td> <td>8,7/300/150/280/LABT</td> <td>8,7</td> <td>300</td> <td>280</td> <td>150</td> <td>1,17</td> <td>0,57</td> <td>1,47</td> <td>0,87</td> <td>1,37</td> </tr> <tr> <td>DNC-114</td> <td>5311318</td> <td>9,0/200/150/284/LABT</td> <td>9,0</td> <td>200</td> <td>284</td> <td>150</td> <td>1,20</td> <td>0,60</td> <td>1,50</td> <td>0,90</td> <td>1,40</td> </tr> <tr> <td>DNC-114</td> <td>5311332</td> <td>9,0/300/150/284/LABT</td> <td>9,0</td> <td>300</td> <td>284</td> <td>150</td> <td>1,20</td> <td>0,60</td> <td>1,50</td> <td>0,90</td> <td>1,40</td> </tr> <tr> <td>DNC-102</td> <td>5311364</td> <td>10/300/150/300/LABT</td> <td>10,0</td> <td>300</td> <td>300</td> <td>150</td> <td>1,30</td> <td>0,70</td> <td>1,60</td> <td>1,0</td> <td>1,50</td> </tr> <tr> <td>DNC-102</td> <td>5311368</td> <td>10/400/150/300/LABT</td> <td>10,0</td> <td>400</td> <td>300</td> <td>150</td> <td>1,30</td> <td>0,70</td> <td>1,60</td> <td>1,0</td> <td>1,50</td> </tr> </tbody> </table> | PLANO | MATRÍCULA | DESCRIPCIÓN | L1 (m) | CARGA DE TRABAJO (kg) | DIÁMETRO (m) | | B1 (m) | B2 (m) | LONGITUD DE EMPOTRAMIENTO (m) | | | EXTERIORES | | DIRECTAMENTE ENTERRADO L | CON CIMENTACIÓN L2 | INSPECCIÓN Y PRUEBA | BASE øbe | CIMA øce | DNC-312 | 5312151 | 6,0/200/120/210/AP | 6,0 | 200 | 210 | 120 | 0,60 | 0,30 | 1,20 | 0,60 | 1,10 | DNC-096 | 5311260 | 8,0/100/100/220/L.A.P.-B.T. | 8,0 | 100 | 220 | 100 | 0,70 | 0,40 | 1,40 | 0,80 | 1,30 | DNC-096 | 5311262 | 8,0/100/130/250/L.A.P.-B.T. | 8,0 | 100 | 250 | 130 | 0,70 | 0,40 | 1,40 | 0,80 | 1,30 | DNC-195 | 5311254 | 8,0/200/120/240/L.A.P.-B.T. | 8,0 | 200 | 240 | 120 | 1,10 | 0,50 | 1,40 | 0,80 | 1,30 | DNC-195 | 5311255 | 8,0/300/120/240/L.A.P.-B.T. | 8,0 | 300 | 240 | 120 | 1,10 | 0,50 | 1,40 | 0,80 | 1,30 | DNC-023 | 5311292 | 8,7/200/120/250/LABT | 8,7 | 200 | 250 | 120 | 1,17 | 0,57 | 1,47 | 0,87 | 1,37 | DNC-023 | 5311293 | 8,7/200/150/280/LABT | 8,7 | 200 | 280 | 150 | 1,17 | 0,57 | 1,47 | 0,87 | 1,37 | DNC-023 | 5311294 | 8,7/300/150/280/LABT | 8,7 | 300 | 280 | 150 | 1,17 | 0,57 | 1,47 | 0,87 | 1,37 | DNC-114 | 5311318 | 9,0/200/150/284/LABT | 9,0 | 200 | 284 | 150 | 1,20 | 0,60 | 1,50 | 0,90 | 1,40 | DNC-114 | 5311332 | 9,0/300/150/284/LABT | 9,0 | 300 | 284 | 150 | 1,20 | 0,60 | 1,50 | 0,90 | 1,40 | DNC-102 | 5311364 | 10/300/150/300/LABT | 10,0 | 300 | 300 | 150 | 1,30 | 0,70 | 1,60 | 1,0 | 1,50 | DNC-102 | 5311368 | 10/400/150/300/LABT | 10,0 | 400 | 300 | 150 | 1,30 | 0,70 | 1,60 | 1,0 | 1,50 | <p>7.- CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS</p> <p>REFERENCIA: ESPECIFICACIÓN TÉCNICA: DNC-ET-075D MATERIAL: CONCRETO ARMADO</p> <p>8.- APLICACION:</p> <p>SE UTILIZARÁ COMO SOPORTE DE CONDUCTORES EN LAS REDES AÉREAS DEL SUBSISTEMA DE DISTRIBUCIÓN SECUNDARIA, Y DE REQUERIRSE, SIMULTANEAMENTE PARA LAS INSTALACIONES DE ALUMBRADO PÚBLICO</p> <p>9.- FABRICANTE:</p> <p>VER LIMAT (LISTA DE MATERIALES TÉCNICAMENTE ACEPTABLES)</p> |
|---|-------------|--------------------------------|--------------------------|---------------------------|-----|-----------------|--------------------------------|--|---------------------------------|--|-------|-----------|-------------|-----------|--------------------------------|--------------|-------------|-----------|-----------|----------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|-----------|--------------------------------|--------------------------|---------------------------|-------------|----------------------------------|---------|---------|--------------------|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|---------|---------|-----------------------------|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|---------|---------|-----------------------------|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|---------|---------|-----------------------------|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|---------|---------|-----------------------------|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|---------|---------|----------------------|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|---------|---------|----------------------|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|---------|---------|----------------------|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|---------|---------|----------------------|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|---------|---------|----------------------|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|---------|---------|---------------------|------|-----|-----|-----|------|------|------|-----|------|---------|---------|---------------------|------|-----|-----|-----|------|------|------|-----|------|---|
| | | | | | | | | | | PLANO | | | | | | MATRÍCULA | DESCRIPCIÓN | | | L1 (m) | CARGA DE TRABAJO (kg) | DIÁMETRO (m) | | B1 (m) | | | | B2 (m) | LONGITUD DE EMPOTRAMIENTO (m) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| EXTERIORES | | DIRECTAMENTE ENTERRADO L | CON CIMENTACIÓN L2 | INSPECCIÓN Y PRUEBA | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| BASE øbe | CIMA øce | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| DNC-312 | 5312151 | 6,0/200/120/210/AP | 6,0 | 200 | 210 | 120 | 0,60 | 0,30 | 1,20 | 0,60 | 1,10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| DNC-096 | 5311260 | 8,0/100/100/220/L.A.P.-B.T. | 8,0 | 100 | 220 | 100 | 0,70 | 0,40 | 1,40 | 0,80 | 1,30 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| DNC-096 | 5311262 | 8,0/100/130/250/L.A.P.-B.T. | 8,0 | 100 | 250 | 130 | 0,70 | 0,40 | 1,40 | 0,80 | 1,30 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| DNC-195 | 5311254 | 8,0/200/120/240/L.A.P.-B.T. | 8,0 | 200 | 240 | 120 | 1,10 | 0,50 | 1,40 | 0,80 | 1,30 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| DNC-195 | 5311255 | 8,0/300/120/240/L.A.P.-B.T. | 8,0 | 300 | 240 | 120 | 1,10 | 0,50 | 1,40 | 0,80 | 1,30 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| DNC-023 | 5311292 | 8,7/200/120/250/LABT | 8,7 | 200 | 250 | 120 | 1,17 | 0,57 | 1,47 | 0,87 | 1,37 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| DNC-023 | 5311293 | 8,7/200/150/280/LABT | 8,7 | 200 | 280 | 150 | 1,17 | 0,57 | 1,47 | 0,87 | 1,37 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| DNC-023 | 5311294 | 8,7/300/150/280/LABT | 8,7 | 300 | 280 | 150 | 1,17 | 0,57 | 1,47 | 0,87 | 1,37 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| DNC-114 | 5311318 | 9,0/200/150/284/LABT | 9,0 | 200 | 284 | 150 | 1,20 | 0,60 | 1,50 | 0,90 | 1,40 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| DNC-114 | 5311332 | 9,0/300/150/284/LABT | 9,0 | 300 | 284 | 150 | 1,20 | 0,60 | 1,50 | 0,90 | 1,40 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| DNC-102 | 5311364 | 10/300/150/300/LABT | 10,0 | 300 | 300 | 150 | 1,30 | 0,70 | 1,60 | 1,0 | 1,50 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| DNC-102 | 5311368 | 10/400/150/300/LABT | 10,0 | 400 | 300 | 150 | 1,30 | 0,70 | 1,60 | 1,0 | 1,50 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>NORMALIZACIÓN BÁSICA DE POSTES DE B.T.</p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|  | | <p>NORMA DE DISTRIBUCION</p> | | | | <p>LE-1-010</p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>4 DE 4</p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

ANEXO 3: CABLE CAAI-S

CONDUCTORES Y CABLES DEL PERÚ



CAAI-S

CABLES AUTOPORTANTES MULTI-CONDUCTORES DE ALUMINIO.



Descripción cable:

1. Portante
2. Conductor
3. Aislamiento

Cables Autoportantes

1. DESCRIPCIÓN:

Cable eléctrico formado por un conjunto de varios conductores de aluminio grado eléctrico, cableados compactos, cada uno con aislamiento de un compuesto especial de polietileno reticulado (XLPE) resistente a la intemperie, trenzados alrededor de un elemento portante formado por una cuerda de acero galvanizado EHS y forrado con XLPE.

El conjunto puede incorporar también conductores aislados adicionales para alumbrado público.

2. IDENTIFICACIÓN DE CONDUCTORES:

Cada conductor de fase se identifica con marcas extruidas sobre el aislante (1 marca para fase 1, 2 marcas para fase 2 y 3 marcas para fase 3).

Cuando se solicite 2 conductores adicionales de igual sección uno de ellos se identifica con 4 marcas.

3. APLICACIÓN:

Los cables Autoportantes Multi-Conductores de Aluminio, CAAI-S, se emplean para redes aéreas de distribución de energía eléctrica de bajo costo, en zonas urbanas y rurales.

Se instalan tanto en postes como adosados a muros, en ambos casos, con los debidos accesorios. No requieren el uso de aisladores.

4. TENSION DE DISEÑO:

$U_0 / U = 0,6/1$ KV

5. TEMPERATURA DE OPERACION:

90° C en el conductor, para operación continua.

130° C en condiciones de emergencia.

250° C en condiciones de corto circuito.

6. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS:

- NTP 370.254
- NTP 370.250



7. PRECAUCIONES ESPECIALES:

Se recomienda no emplear estos cables en zonas de ambiente salino o contaminado, dada la escasa resistencia a la corrosión del aluminio.

Las derivaciones y conexiones con cables de cobre deben hacerse mediante el empleo de técnicas adecuadas.

Durante las labores de instalación debe cuidarse de no dañar la superficie del cable.

8. DATOS PARA EL PEDIDO:

Solicitar cable tipo CAAI-S; número de conductores de fase y sección de los mismos; número de conductores para alumbrado y su sección; diámetro del elemento portante. Se recomienda utilizar configuraciones estándar.

| CARACTERÍSTICAS DIMENSIONALES Y ELECTRICAS | | | | | | | | | | |
|--|--------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------|------------------------------------|---------|--------------------------------------|---------|--|---------|
| Formación * | Espes. Aislam. Fase (mm) | Diámetro nominal Portante (mm) | Diámetro Nominal Exterior (mm) | Peso (Kg/Km) | Resistencia Ohmica (Ohm/Km a 20°C) | | Reactancia Inductiva (Ohm/Km a 60Hz) | | Factor de Caída de Tensión ** (V/A.Km) | |
| | | | | | Fase | Alumbdo | Fase | Alumbdo | Fase | Alumbdo |
| 2 x 16 mm2 | 1,14 | 3,2 | 19,0 | 195 | 1,910 | --- | 0,102 | --- | 3,495 | --- |
| 2 x 25 mm2 | 1,14 | 3,2 | 21,0 | 240 | 1,200 | --- | 0,0965 | --- | 2,229 | --- |
| 2 x 35 mm2 | 1,14 | 3,2 | 23,0 | 300 | 0,868 | --- | 0,0934 | --- | 1,637 | --- |
| 2 x 50 mm2 | 1,52 | 3,2 | 27,0 | 395 | 0,641 | --- | 0,0964 | --- | 1,238 | --- |
| 2x25+16 mm2 | 1,14 | 3,2 | 21,0 | 300 | 1,200 | 1,910 | 0,104 | 0,122 | 2,237 | 3,516 |
| 2x35+16 mm2 | 1,14 | 3,2 | 23,0 | 355 | 0,868 | 1,910 | 0,0984 | 0,127 | 1,643 | 3,521 |
| 2x50+25 mm2 | 1,52 | 3,2 | 27,0 | 485 | 0,641 | 1,200 | 0,0995 | 0,122 | 1,241 | 2,257 |
| 3x16 mm2 | 1,14 | 3,2 | 19,0 | 245 | 1,910 | --- | 0,114 | --- | 3,508 | --- |
| 3x25 mm2 | 1,14 | 3,2 | 21,0 | 328 | 1,200 | --- | 0,108 | --- | 2,242 | --- |
| 3x35 mm2 | 1,14 | 3,2 | 23,0 | 417 | 0,868 | --- | 0,104 | --- | 1,648 | --- |
| 3x50 mm2 | 1,52 | 3,2 | 27,0 | 565 | 0,641 | --- | 0,105 | --- | 1,247 | --- |
| 3x70 mm2 | 1,52 | 3,6 | 31,0 | 775 | 0,443 | --- | 0,101 | --- | 0,891 | --- |
| 3x95 mm2 | 1,52 | 6,4 | 37,0 | 1135 | 0,320 | --- | 0,101 | --- | 0,673 | --- |
| 3x120 mm2 | 2,03 | 6,4 | 42,0 | 1420 | 0,253 | --- | 0,103 | --- | 0,556 | --- |
| 3x16+16 mm2 | 1,14 | 3,2 | 19,0 | 306 | 1,910 | 1,910 | 0,120 | 0,120 | 3,514 | 3,514 |
| 3x25+16 mm2 | 1,14 | 3,2 | 21,0 | 390 | 1,200 | 1,910 | 0,110 | 0,127 | 2,244 | 3,521 |
| 3x35+16 mm2 | 1,14 | 3,2 | 23,0 | 478 | 0,868 | 1,910 | 0,104 | 0,133 | 1,648 | 3,527 |
| 3x50+25 mm2 | 1,52 | 3,2 | 27,0 | 655 | 0,641 | 1,200 | 0,103 | 0,125 | 1,245 | 2,260 |
| 3x16+2x16 mm2 | 1,14 | 3,2 | 19,0 | 370 | 1,910 | 1,910 | 0,120 | 0,120 | 3,514 | 3,514 |
| 3x25+2x16 mm2 | 1,14 | 3,2 | 21,0 | 455 | 1,200 | 1,910 | 0,106 | 0,124 | 2,240 | 3,518 |
| 3x35+2x16 mm2 | 1,14 | 3,2 | 23,0 | 542 | 0,868 | 1,910 | 0,0974 | 0,126 | 1,641 | 3,520 |
| 3x50+2x25 mm2 | 1,52 | 3,2 | 27,0 | 746 | 0,641 | 1,200 | 0,0908 | 0,114 | 1,232 | 2,248 |

Datos nominales sujetos a tolerancias normales de manufactura.

(**) Factores de caída de tensión, para corriente trifásica, factor de potencia=0.8 y factor de carga 100%.

| CAPACIDAD DE CORRIENTE (AMPERIOS) | | | | |
|-----------------------------------|----------------------|------|------|------|
| Sección (mm2) | TEMPERATURA AMBIENTE | | | |
| | 20°C | 30°C | 40°C | 50°C |
| 16 | 97 | 89 | 81 | 72 |
| 25 | 127 | 117 | 107 | 95 |
| 35 | 153 | 141 | 129 | 114 |
| 50 | 186 | 171 | 156 | 139 |
| 70 | 233 | 215 | 196 | 174 |
| 95 | 283 | 262 | 238 | 211 |
| 120 | 328 | 303 | 275 | 244 |

- Temperatura en el conductor : 90°C.
- Velocidad transversal del viento : 1m/seg.

| CARACTERÍSTICAS DE LOS PORTANTES DE ACERO GALVANIZADO EHS | | | | | |
|--|-----------------|-----------------------|------------|--|---|
| Diámetro nominal del portante (mm) | Número de Hilos | Carga de Rotura (Kgf) | Peso Kg/Km | Módulo de Elasticidad (Kgf/mm ²) | Coefficiente de Dilatación Lineal (°C ⁻¹) |
| 3,2 | 7 | 830 | 47 | 20,000 | 1,15 x 10 ⁻⁵ |
| 3,6 | 7 | 1270 | 64 | 20,000 | 1,15 x 10 ⁻⁵ |
| 6,4 | 7 | 3015 | 180 | 20,000 | 1,15 x 10 ⁻⁵ |

RECOMENDACIONES PARA EL EMPLEO DE CABLES AUTOPORTANTES MULTI-CONDUCTORES DE ALUMINIO

En razón del creciente empleo de cables autoportantes de aluminio en redes de distribución secundaria, y debido a los potenciales inconvenientes que se derivan de las propias características del metal aluminio, CEPER considera necesario dar a conocer a sus clientes las siguientes recomendaciones técnicas para el correcto empleo de cables autoportantes de aluminio aislados:

- Por problemas de corrosión galvánica, se debe evitar contacto directo (conexiones) de los conductores de aluminio con conductores y conectores de cobre y otros metales. De no poderse evitar, las áreas de contacto deben quedar perfectamente aisladas del medio ambiente.
- Debido a la alta sensibilidad del aluminio a la atmósfera salina presente por lo general en la costa peruana, se debe evitar que existan partes de los conductores de aluminio o del portante de aleación de aluminio expuestas al ambiente.
- Por la misma razón, se recomienda no usar cables con portante de aleación de aluminio desnudo, especialmente en la costa peruana.
- Durante la instalación se debe evitar que el aluminio entre en contacto con sustancias tales como: cemento, cal, fertilizantes, tierra, etc., que contienen elementos que reaccionan químicamente con este metal.
- Debido a la escasa dureza superficial y poca resistencia mecánica del aluminio, se debe evitar que los conductores sufran daños mecánicos durante las labores de instalación.
- En razón de las superiores características mecánicas y resistencia térmica del polietileno reticulado (XLPE), se recomienda emplear sólo cables con aislamiento de este material, a fin de evitar que eventuales daños durante su instalación y servicio puedan dejar partes de aluminio expuestas al ambiente, y generarse procesos de corrosión localizados.
- A fin de no deformar los conductores ni afectar sus características eléctricas, se recomienda que todo el esfuerzo de tiro durante las labores de instalación recaiga únicamente sobre el portante.

CEPER invoca a Proyectistas, Contratistas, Empresas de Distribución Eléctrica y Usuarios, a tomar en cuenta las recomendaciones expuestas respecto al empleo de cables autoportantes con conductores de aluminio y soporte de aleación de aluminio, con el propósito de dar un correcto y eficiente uso a estos conductores, y así conseguir una real y efectiva optimización de los costos de instalación de redes de distribución secundaria.

ANEXO 4: PLANO ELÉCTRICO

