

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA



**INSTALACIÓN Y PRUEBAS DEL SISTEMA DE CATENARIAS
EN EL TREN ELÉCTRICO DE LIMA**

INFORME DE SUFICIENCIA

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO MECÁNICO-ELECTRICISTA**

PRESENTADO POR

JUAN CARLOS BAZÁN MESÍAS

PROMOCIÓN 2009-II

LIMA-PERÚ

2 013

DEDICATORIA

A:

 Mi madre Gladys Mesías, por darme la vida y
por su apoyo durante todo mi período de estudio.

 Mi enamorada Ana Almonacid,
por ser parte de mi vida y por su apoyo durante toda mi carrera.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía en todo momento y al Ingeniero Haroldo Malavolta, por el apoyo técnico que me brindó en la elaboración de este informe.

ÍNDICE

PRÓLOGO

CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

1.1	ANTECEDENTES	3
1.2	OBJETIVO GENERAL	3
1.3	JUSTIFICACIÓN	4
1.4	ALCANCES	4
1.5	LIMITACIONES	5

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

2.1	MATERIALES DEL SISTEMA DE CATENARIAS	6
2.1.1	Cables y conductores	6
2.1.1.1	Hilo de contacto	6
2.1.1.2	Cable sustentador	7
2.1.1.3	Cable de bronce para péndolas	8
2.1.1.4	Cable de acero cubierto con bitumen	9
2.1.1.5	Cable de acero	10
2.1.2	Componentes de catenaria y conexiones	11
2.1.2.1	Tubos	11
2.1.2.2	Aisladores	11
2.1.2.3	Bornes de hilo de contacto	14

2.1.2.4 Bornes de cable sustentador	15
2.1.2.5 Terminales	16
2.1.2.6 Uniones de hilo de contacto	17
2.1.2.7 Uniones de cable sustentador	17
2.1.2.8 Pantógrafo	18
2.1.2.9 Aisladores de sección	19
2.1.2.10 Equipos de regulación automática de tensión mecánica	20
2.1.2.11 Seccionador de vía	24
2.1.2.12 Pararrayo	26
2.1.3 Postes y ferretería	27
2.1.3.1 Postes	27
2.1.3.2 Ferretería diversa	31

CAPÍTULO III IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA Y PLANTEAMIENTO DE LA HIPÓTESIS

3.1 PRESENTACIÓN DE LA PLANTA	32
3.1.1 Esquema principal de la planta	32
3.1.2 Explicación de la función de cada sistema de la planta	33
3.1.3 Datos generales del sistema de catenarias	33
3.1.4 Descripción del producto	34
3.2 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	35
3.2.1 Estado situacional encontrado	35
3.2.2 Estado futuro deseado	36
3.2.3 Dificultades encontradas en la implementación del sistema de catenarias	36

3.3	PLANTEAMIENTO DE LA HIPÓTESIS	37
3.3.1	Diagrama medios - fines	37
3.3.2	Planteamiento de la hipótesis	38
CAPÍTULO IV INSTALACIÓN Y PRUEBAS		
4.1	INSTALACIÓN DEL SISTEMA DE CATENARIAS	39
4.1.1	Instalación de soportes y postes	39
4.1.2	Instalación de ménsulas	47
4.1.3	Instalación de conductores aéreos	50
4.1.4	Instalación del sistema de catenarias	62
4.2	PRUEBAS DEL SISTEMA DE CATENARIAS	62
4.2.1	Pruebas mecánicas	62
4.2.2	Pruebas eléctricas	76
4.2.3	Pruebas del sistema de catenarias	79
4.3	INSTALACIÓN Y PRUEBAS DEL SISTEMA DE CATENARIAS	80
4.3.1	Consideraciones finales	80
4.3.2	Prueba final	80
4.3.3	Logro final	80

CONCLUSIONES	81
RECOMENDACIONES	82
BIBLIOGRAFÍA	83
ANEXOS	84

PRÓLOGO

En el presente informe, se presentará la Instalación y Pruebas del Sistema de Catenarias en el Tren Eléctrico de Lima, comprendiendo los capítulos siguientes:

Capítulo I, Introducción, se exponen los antecedentes de este trabajo, los objetivos que se desean alcanzar, la justificación del planteamiento de esta solución, el alcance de este proyecto y finalmente las limitaciones que se tuvieron en este trabajo.

Capítulo II, Marco Teórico, se detalla el marco teórico relacionado a los materiales del sistema de catenarias.

Capítulo III, Identificación del Problema y Planteamiento de la Hipótesis, se presenta el esquema principal de la planta, donde se explica las funciones de cada sistema de la planta, se indican los datos generales del sistema de catenarias, se identifica el problema y se plantea la hipótesis como posible solución, de acuerdo a la validación de los logros obtenidos.

Capítulo IV, Instalación y Pruebas, se demuestra la factibilidad de realizar la instalación y pruebas del sistema de catenarias en el Tren Eléctrico de Lima.

Finalmente se indican las conclusiones, recomendaciones y anexos al presente informe.

CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

1.1. ANTECEDENTES

Debido al aumento de la población de Lima y ante la necesidad de mejorar las condiciones del transporte público en la ciudad de Lima, se tuvo que buscar alternativas de solución, con la finalidad de tener un sistema de transporte urbano más eficiente y rápido que preferentemente utilice la energía eléctrica, como el Tren Eléctrico de Lima, por lo que se realizó la Ejecución de las Obras Civiles y Electromecánicas del Sistema Eléctrico de Transporte Masivo de Lima, con la finalidad de cubrir las demandas actuales y futuras de la población de Lima.

1.2. OBJETIVO GENERAL

Realizar la Implementación del Sistema de Catenarias en el Tren Eléctrico de Lima, la cual consiste en Ejecutar la Instalación Electromecánica y Desarrollar las Pruebas Mecánicas y Eléctricas, de tal manera que se logre garantizar el correcto funcionamiento del sistema de catenarias durante la integración con los sistemas complementarios.

1.3. JUSTIFICACIÓN

El presente trabajo se justifica debido a la necesidad de realizar la instalación y pruebas del sistema de catenarias en el Tren Eléctrico de Lima, ya que la integración del sistema de catenarias con los sistemas complementarios, contribuirá al funcionamiento y operación del Tren Eléctrico, siendo éste un medio de transporte urbano más eficiente y rápido, en beneficio de la población y del país, teniéndose ahora una nueva alternativa para poder movilizarse de una manera más segura.

1.4. ALCANCES

El presente informe comprende la Ejecución de la Instalación Electromecánica del Sistema de Catenarias, de acuerdo a los planos electromecánicos, procedimientos y protocolos de trabajo; también abarca el Desarrollo de las Pruebas Mecánicas y Eléctricas del Sistema de Catenarias, siguiendo los procedimientos y protocolos establecidos al inicio del proyecto y respetando las normas de seguridad.

Está fuera del alcance de este informe, explicar los criterios de diseño, cronograma de trabajo y la evaluación económica del proyecto de construcción.

1.5. LIMITACIONES

Las limitaciones se presentaron en la Ejecución de la Instalación Electromecánica del Sistema de Catenarias, debido a que muchas veces la ejecución de algunos de los sistemas complementarios se realizaba en la misma vía o área de trabajo, utilizada en la ejecución del sistema de catenarias. Otra limitación ocurrió en el Desarrollo de las Pruebas Mecánicas y Eléctricas del Sistema de Catenarias, ya que las pruebas visuales y mediciones sólo se podían realizar hasta que la luz natural lo permitiese y las condiciones ambientales fueran favorables.

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

2.1. MATERIALES DEL SISTEMA DE CATENARIAS

2.1.1. Cables y conductores

2.1.1.1 Hilo de contacto

Se usará hilo de contacto ranurado de cobre con una sección transversal de 100 mm² según norma DIN 43141 y una capacidad de corriente de 455 A.

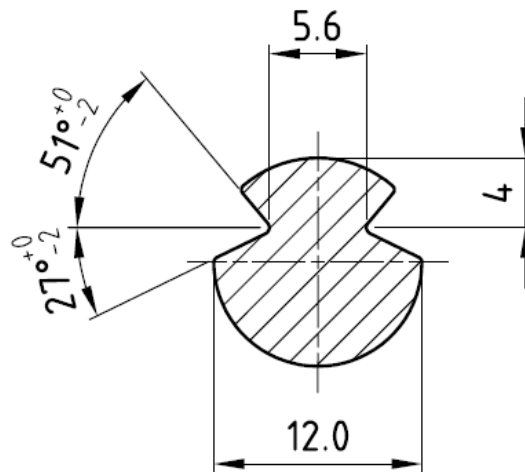


FIGURA 2.1

TABLA 2.1
DATOS TÉCNICOS DEL HILO DE CONTACTO

Material	Cu
Peso	0.89 kg/m
Sección Nominal	100 mm ²
Tensión mínima	355 N/mm ²
Carga de rotura	34.5 kN
Corriente permanente	455 Ampere
Resistencia a 20 Grados	0.18 Ohmios/km

2.1.1.2 Cable sustentador

Se usará cable de cobre desnudo con una sección transversal de 120 mm² y una capacidad de corriente de 440 A.

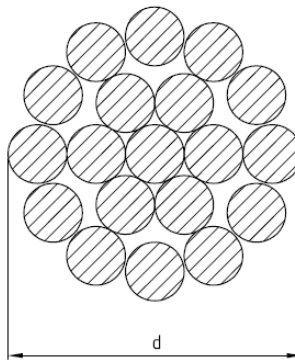


FIGURA 2.2

TABLA 2.2
DATOS TÉCNICOS DEL CABLE SUSTENTADOR

Material	Cu
Peso	1.06 kg/m
Sección Nominal	120 mm ²
Cantidad de Hilos	19
Carga de rotura	46.9 kN
Corriente permanente	440 Ampere
d	14.00 mm

2.1.1.3 Cable de bronce para péndolas

Los hilos de contacto se suspenderán de los cables sustentadores por medio de péndolas. Las péndolas se fabricarán de cable flexible de bronce con una sección transversal de 25 mm². Aparte de la función mecánica de sostener el hilo de contacto, las péndolas también contribuirán a la transmisión de la corriente de tracción hacia los cables sustentadores. Por tal motivo, el cable de bronce será conectado eléctricamente con los hilos de contacto y los cables sustentadores, de modo que se obtiene una conexión eléctrica continua entre ellos.

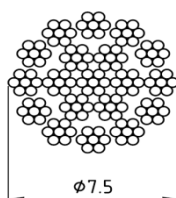


FIGURA 2.3

TABLA 2.3
DATOS TÉCNICOS DEL CABLE DE BRONCE

Material	Bronce
Peso	0.25 kg/m
Sección Nominal	25 mm ²
Cantidad de Hilos	133
Corriente permanente	145 Ampere

2.1.1.4 Cable de acero cubierto con bitumen

Se usará cable de acero cubierto con bitumen en los equipos de ruedas tensoras con una sección transversal de 50 mm². Este tipo de cable se usa comúnmente cuando se requiere flexibilidad, reducir desgaste por roce y mantener adecuada protección a la corrosión.

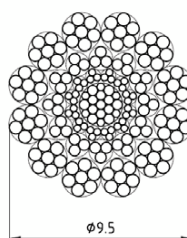


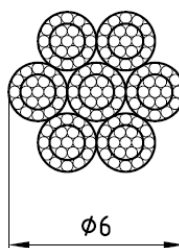
FIGURA 2.4

TABLA 2.4**DATOS TÉCNICOS DEL CABLE DE ACERO EN RUEDAS TENSORAS**

Material	Acero galvanizado en caliente, cubierto con bitumen, libre de torsión
Peso	0.47 kg/m
Sección Nominal	50 mm ²
Cantidad de Hilos	175
Carga de rotura	74 kN

2.1.1.5 Cable de acero

Se usará cable de acero en retenidas y aplicaciones similares con una sección transversal de 50 mm².

**FIGURA 2.5****TABLA 2.5****DATOS TÉCNICOS DEL CABLE DE ACERO EN RETENIDAS**

Material	Acero
Peso	0.138 kg/m
Sección Nominal	50 mm ²
Cantidad de Hilos	133
Carga de rotura	18.8 kN

2.1.2. Componentes de catenaria y conexiones

2.1.2.1 Tubos

Se usarán tubos de acero según norma DIN 2448. A continuación se presenta una tabla con las dimensiones y masas por unidad de longitud de la tubería fabricada según esta norma.

TABLA 2.6
TIPOS DE TUBOS DE ACERO

Diámetro exterior (mm)	Espesor de Pared (mm)	Valores Máx. y Mín. en el diámetro exterior (mm)		Masa por unidad de longitud de tubo negro (kg/m)
		Máx.	Mín.	
33,7	2,60	34,0	33,4	1,99
42,4	2,60	42,8	42,0	2,55
48,3	2,60	48,8	47,8	2,93
60,3	2,60	60,9	59,7	4,11

2.1.2.2 Aisladores

Se usarán aisladores de material tipo “composite” constituidos por fibra de vidrio, reforzados con resina epóxica de alta dureza y recubierto con goma de silicona. Sustituye a la porcelana y vidrio.

Propiedades Técnicas:

Los aisladores a utilizar serán de dos tipos, descritos a continuación:

➤ **Aislador Ojo / Ojo:**

Los aisladores ojo/ojo se utilizan para brindar aislamiento entre cables:

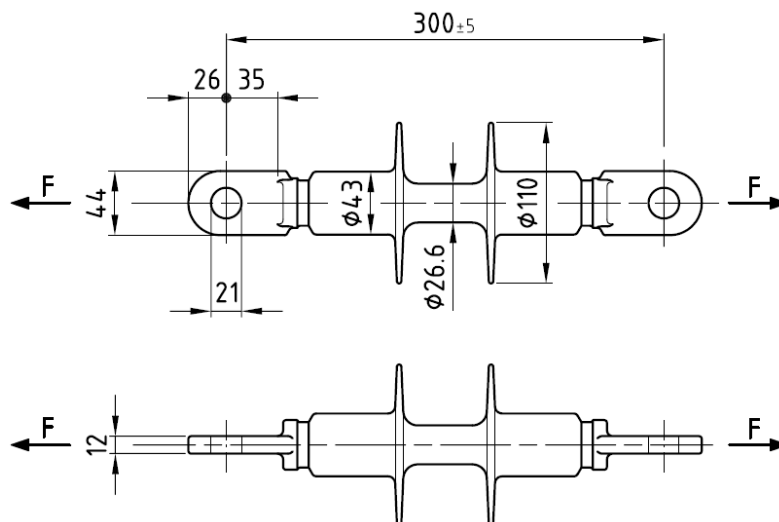


FIGURA 2.6 DIMENSIONES EN MM

a) Características Eléctricas:

- Tensión nominal: 3 kV DC
- Distancia de fuga mínima: 320 mm

Se define como el recorrido más corto a lo largo del contorno de la superficie externa de un aislador entre los dos extremos metálicos.

- Ensayo tensión de impulso: 100 kV
- Ensayo tensión a frecuencia industrial, bajo lluvia: 42 kV

b) Características Mecánicas:

- Cuerpo: Plástico Reforzado con Fibra de Vidrio (PRFV), Silicona
- Peso: 1.5 kg
- Carga mínima de rotura: 90 kN
- Carga permanente de operación: 30 kN

Ensayos tipo:

Los aisladores fueron sometidos a los siguientes ensayos tipo: IEC 61952:2002 (ensayos eléctricos) como IEC 61109:1992 / A1:1995, IEC 61952:2002 (ensayos mecánicos).

➤ Aislador Ojo / Copa:

Los aisladores ojo/copa se utilizan en la ménsula, donde en el lado de la copa vendrá fijado el tubo que la constituye.

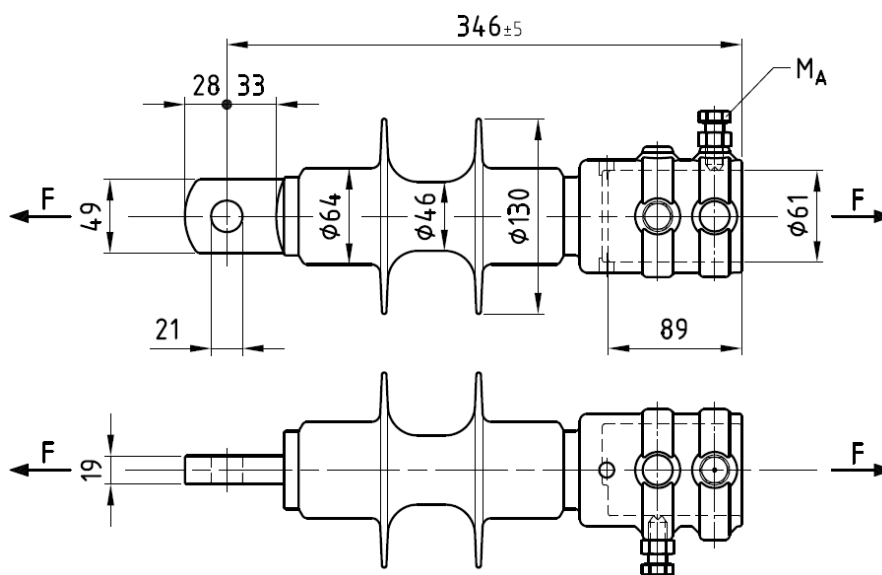


FIGURA 2.7 DIMENSIONES EN MM

a) Características Eléctricas:

- Tensión nominal: 3 kV DC
- Distancia de fuga mínima: 300 mm

Se define como el recorrido más corto a lo largo del contorno de la superficie externa de un aislador entre los dos extremos metálicos.

- Ensayo tensión de impulso: 100 kV
- Ensayo tensión a frecuencia industrial, bajo lluvia: 42 kV

b) Características Mecánicas:

- Cuerpo: Plástico Reforzado con Fibra de Vidrio (PRFV), Silicona
- Peso: 2 kg
- Torque (M_A): 40 Nm
- Carga mínima de rotura / flexión: 6 kN
- Carga permanente de operación / flexión: 1.9 kN
- Carga mínima de rotura / tracción: 60 kN
- Carga permanente de operación / tracción: 10 kN

Ensayos tipo:

Los aisladores fueron sometidos a los siguientes ensayos tipo: IEC 61952:2002 (ensayos eléctricos) como IEC 61109:1992 / A1:1995, IEC 61952:2002 (ensayos mecánicos).

2.1.2.3 Bornes de hilo de contacto

Estos bornes se usan para la sujeción de las péndolas de los hilos de contacto.

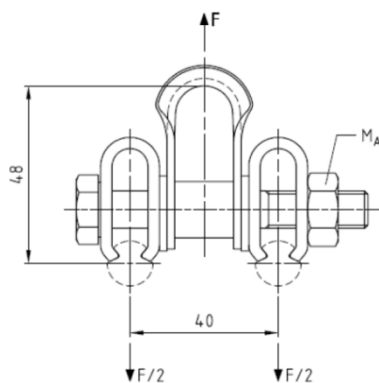


FIGURA 2.8 DIMENSIONES EN MM

TABLA 2.7

DATOS TÉCNICOS DE BORNES DE HILO DE CONTACTO

Material de Borne y Soporte	Aleación de Cobre, Cobre
Material de los Pernos	Acero Inoxidable
Peso	0.2 kg
Carga de Operación	1.1 kN
Carga de Rotura	2.75 kN
Torque (M_A)	10 Nm

2.1.2.4 Bornes de cable sustentador

Estos bornes se usan para la sujeción de las péndolas de los cables sustentadores.

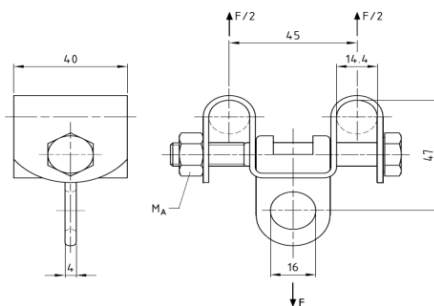


FIGURA 2.9 DIMENSIONES EN MM

TABLA 2.8

DATOS TÉCNICOS DE BORNES DE CABLE SUSTENTADOR

Material de Borne y Soporte	Aleación de Cobre, Cobre
Material de los Pernos	Acero Inoxidable
Peso	0.22 kg
Carga de Operación	1.1 kN
Carga de Rotura	2.75 kN
Torque (M _A)	24 Nm

2.1.2.5 Terminales

Estos terminales se usarán para retenciones de cables. Ofrecen una fuerza de retención correspondiente al menos al 85% de la carga de rotura del cable.

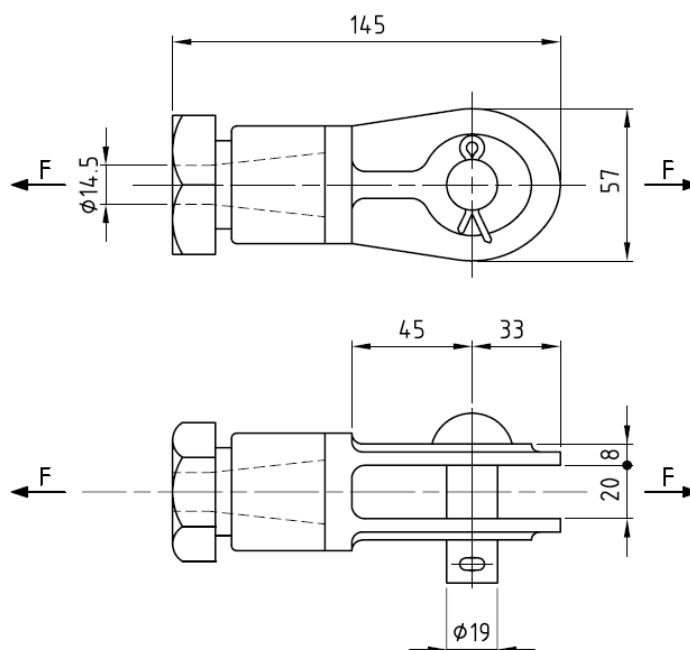


FIGURA 2.10 DIMENSIONES EN MM

TABLA 2.9
DATOS TÉCNICOS DE TERMINALES

Material de Borne y Soporte	Aleación de Cobre, Cobre
Material de los Pernos	Acero inoxidable
Peso	1.09 kg

2.1.2.6 Uniones de hilo de contacto

Para unir o empalmar los hilos de contacto se utilizará la siguiente prensa.

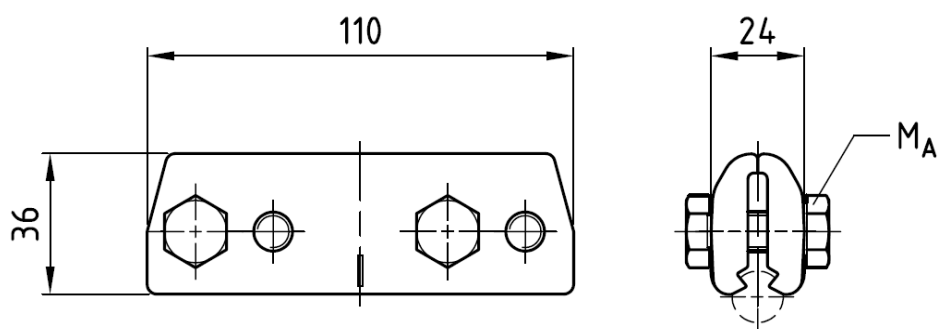


FIGURA 2.11 DIMENSIONES EN MM

TABLA 2.10
DATOS TÉCNICOS DE UNIONES DE HILO DE CONTACTO

Material de Borne	Aleación de Cobre
Material de los Pernos	Acero Inoxidable
Peso	0.64 kg
Torque (M_A)	50 Nm

2.1.2.7 Uniones de cable sustentador

Para unir o empalmar los cables sustentadores, se utilizarán manguitos de

compresión, según el diámetro del cable a unir.

TABLA 2.11
DATOS TÉCNICOS DE UNIONES DE CABLE SUSTENTADOR

Material	Cobre
Peso	0.36 kg

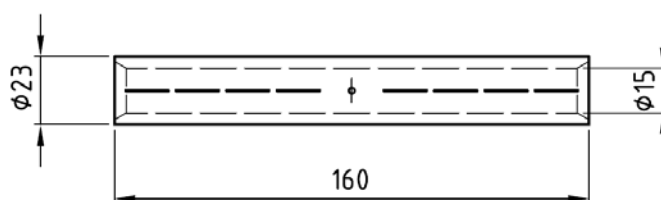


FIGURA 2.12 DIMENSIONES EN MM

2.1.2.8 Pantógrafo

El pantógrafo del Tren Eléctrico de Lima consta de un bastidor basculante porta contactos, el cual está dotado de placas de contacto. El hilo de contacto, cuando se ha tendido correctamente, se encuentra sobre las placas de contacto y no alcanza las zonas de emergencia. Esto tiene que ser así aún en alta velocidad y en los movimientos de oscilación producidos en el vehículo cuando circula a dicha velocidad. El estado de las placas de contacto (zona de frotación) es una buena referencia para el tendido correcto del hilo de contacto. La zona de emergencia debe permanecer intacta. Las placas de contacto deben estar desgastadas uniformemente a todo lo ancho. Esto significa que el zigzag se emplea correctamente.

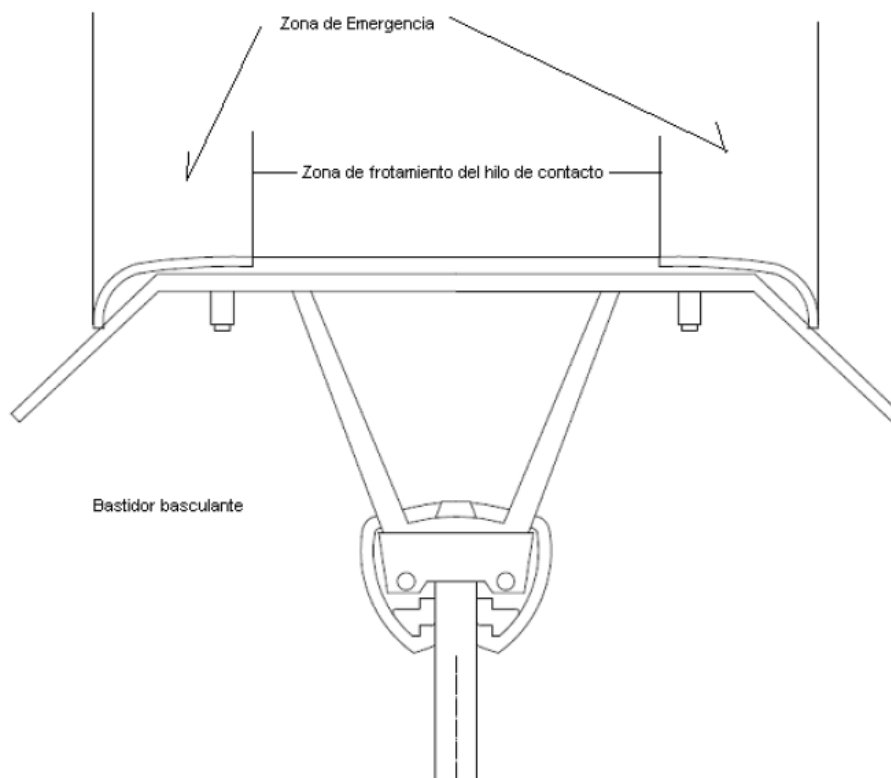


FIGURA 2.13

2.1.2.9 Aisladores de sección

La separación en secciones eléctricas se realizará a través de aisladores de sección. Estos equipos deberán permitir el paso de los pantógrafos en ambas direcciones a la velocidad máxima comercial del equipo rodante (80 km/h), captando la corriente sin interrupción.

En circunstancias especiales podrá generarse un arco eléctrico al pasar el pantógrafo, cuando una sección esté desconectada o puesta a tierra. Los patines de los aisladores de sección serán de cobre y tendrán cuernos de arqueado para que el arco eléctrico se genere lejos del aislador de sección y patín hasta que se apague.

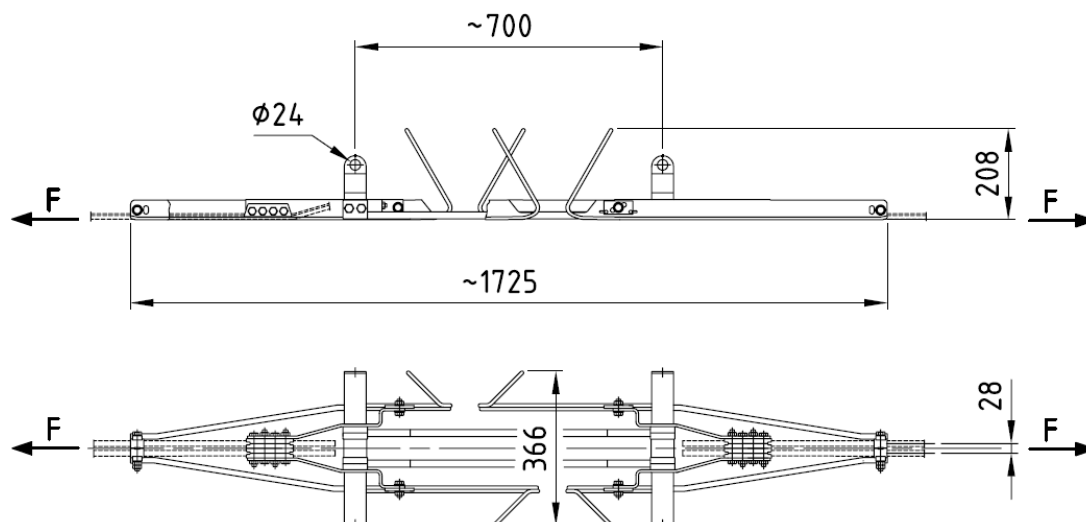


FIGURA 2.14 DIMENSIONES EN MM

2.1.2.10 Equipos de regulación automática de tensión mecánica

Los hilos de contacto y los cables sustentadores tendrán equipos de regulación automática de tensión mecánica. La función del equipo de regulación automática de tensión mecánica es mantener una tensión mecánica constante en los hilos de contacto y en los cables sustentadores, independiente de la temperatura ambiental.

Un equipo de regulación automática de tensión mecánica constará de 2 ruedas tensoras dentadas de aluminio con una relación de transmisión de 1:3 (velocidad de salida/velocidad de entrada) y de los contrapesos respectivos.

Las ruedas dispondrán de un dispositivo de bloqueo que evitará, en caso de rotura de los hilos de contacto o de los cables sustentadores, la destrucción del sector de catenaria y del equipo de regulación automática de tensión mecánica.

Las ruedas tensoras estarán diseñadas para una fuerza nominal de 96 kN, lo que corresponde a un factor de seguridad de 3.

Para los dos hilos de contacto, la tensión mecánica será de 15 kN, y de 20 kN para los dos cables sustentadores.

El cable de puesta a tierra tendrá arriostamiento fijo.

La distancia máxima entre dos equipos de regulación, es decir la longitud de un tramo de regulación automática de tensión mecánica será de 1500 m. Entre dos secciones de regulación automática de tensión mecánica se instalará un tramo de solape para asegurar el deslizamiento suave de los pantógrafos de una sección a la próxima.

En el centro de cada sección de regulación automática de tensión mecánica se instalará un punto fijo. El punto fijo asegurará, que el movimiento longitudinal de la catenaria provocado por cambios de temperatura, se realiza en forma equilibrada en las dos direcciones.

Adicionalmente el punto fijo evita la destrucción del sector de catenaria, en caso de rotura de los hilos de contacto o de los cables sustentadores.

Finalmente, los Equipos de regulación automática de tensión mecánica, en el Tramo Existente se instalaron exteriormente al viaducto y en el Tramo Nuevo se instalarán interiormente al viaducto.

TRAMO EXISTENTE

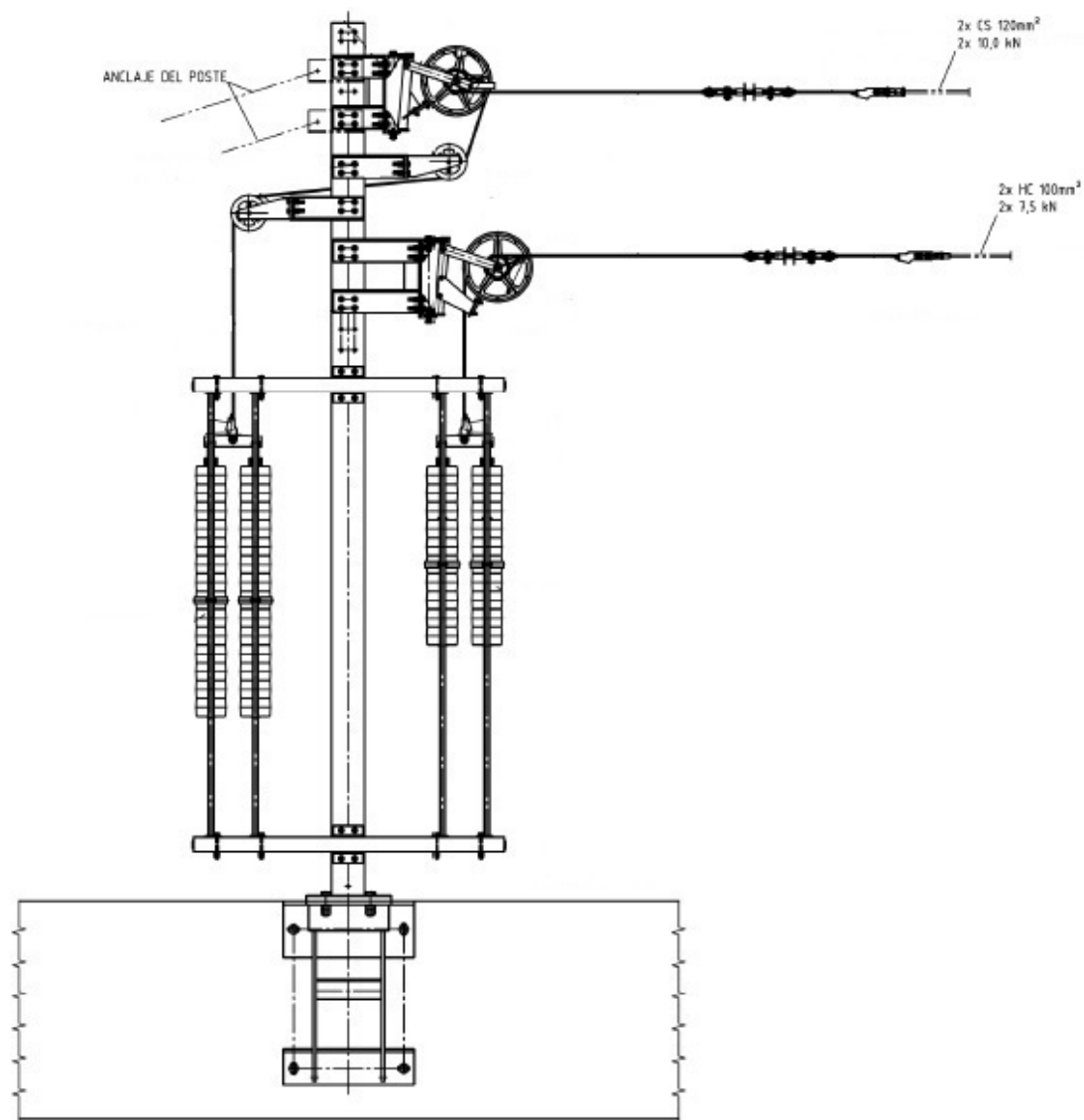


FIGURA 2.15

TRAMO NUEVO

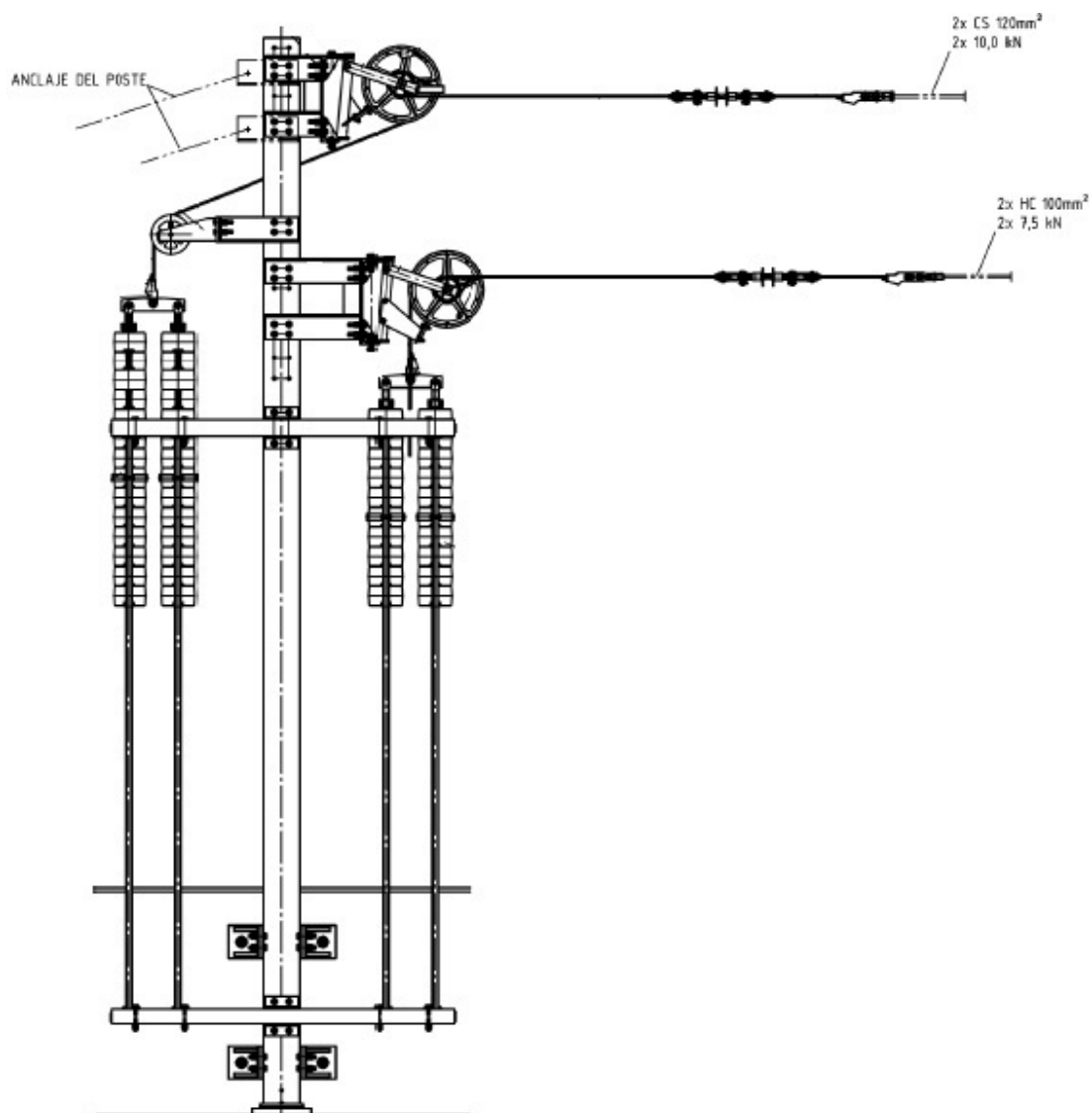


FIGURA 2.16

2.1.2.11 Seccionador de vía

Se utilizaron 2 tipos de seccionadores instalados sobre los postes del viaducto:

Seccionador de alimentación:

Es un dispositivo de apertura y/o cierre que alimenta en corriente continua una sección de catenaria, a través de un seccionador normalmente cerrado.

Seccionador de acoplamiento:

Es un dispositivo de apertura y/o cierre que acopla 2 secciones contiguas de catenaria, cuando una subestación rectificadora sale de servicio.

En las terceras vías se usarán seccionadores de vía con las siguientes características.

TABLA 2.12

DATOS TÉCNICOS DE SECCIONADOR DE VÍA

Seccionador montado sobre poste, con aisladores de composite con posición de conexión a tierra	
Tensión Nominal:	3 kV dc
Tensión de Ensayo Nominal:	18.5 kV dc
Tensión de Ensayo Tipo Impulso:	40 kV dc
Corriente Nominal:	3000 A
Distancia de Fuga:	300 mm

Accionamiento para seccionador electro-hidráulico	
Fuerza de Accionamiento:	4.5 / 3.0 kN
Tensión Auxiliar:	3 x 230 ac, 60 Hz
Carcasa:	fibra de vidrio

Vara de Accionamiento	
Material de la Vara:	fibra de vidrio

SECCIONADOR DE ALIMENTACIÓN

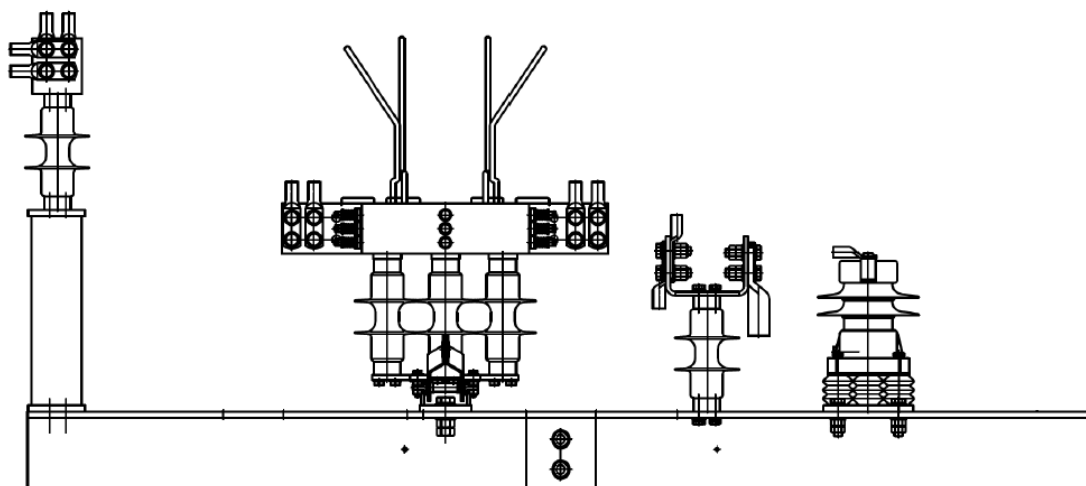


FIGURA 2.17

SECCIONADOR DE ACOPLAMIENTO

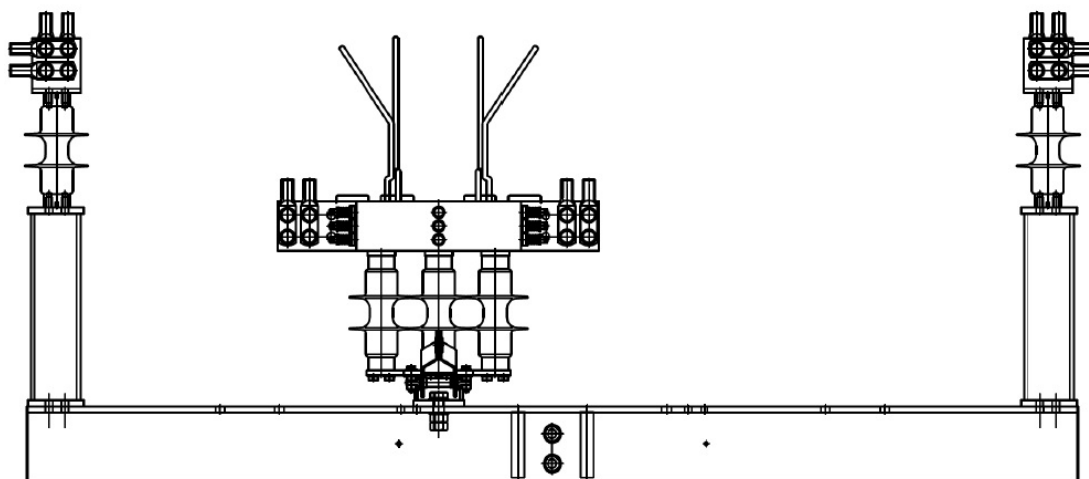


FIGURA 2.18

2.1.2.12 Pararrayo

Para la protección de los cables de la catenaria contra sobretensión provocada por maniobras o descargas atmosféricas se utilizarán pararrayos.

El pararrayo o descargador de sobretensión a utilizarse será del tipo óxido metálico y viene envuelto en una carcasa de fibra de vidrio y de goma de silicona. Su objetivo es atraer un rayo y canalizar la descarga eléctrica hacia el sistema de puesta a tierra, de modo tal que no cause daños a construcciones o personas. Se instalará en el seccionador de alimentación y tendrá las siguientes características eléctricas:

- Tensión máxima de operación: 2 kV
- Tensión nominal: 1.5 kV

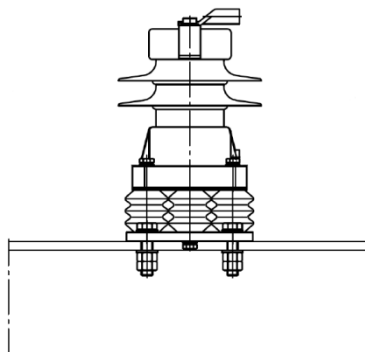


FIGURA 2.19

2.1.3. Postes y ferretería

2.1.3.1 Postes

Se prevé el uso de postes metálicos de diseño italiano.

Según su fijación a la estructura del viaducto, para cada tipo de poste se distinguen además entre dos subtipos: los postes que vendrán ubicados sobre el viaducto del tramo existente, y los que se colocarán sobre el viaducto del tramo nuevo.

Los postes a ser ubicados sobre el tramo existente se fijarán al parapeto por su parte exterior. Estos postes requerirán por tanto una base de acero.

Los postes a ser ubicados sobre el tramo nuevo se fijarán al parapeto por su parte interior. Por tanto se apoyarán sobre la loza del viaducto y sólo requerirán los soportes para su sujeción al parapeto.

Se usarán postes regulares de un ancho de 142 mm en los casos de cargas normales (vía recta y curvas de mayor radio) y en los casos de cargas mayores (retenciones y curvas de menor radio) se usarán postes especiales

con un ancho de 220 mm, sobre el tramo existente y nuevo.

Los postes serán galvanizados en caliente con un mínimo de 120 μ en promedio y 100 μ por medición puntual, según DIN en ISO 1461.

En el tramo de la tercera vía que será construida en el viaducto, se utilizarán pórticos metálicos con vigas, galvanizados en caliente.

Los postes constan de dos perfiles “U” unidos por barras de acero redondas, soldadas en forma diagonal a ambos perfiles.

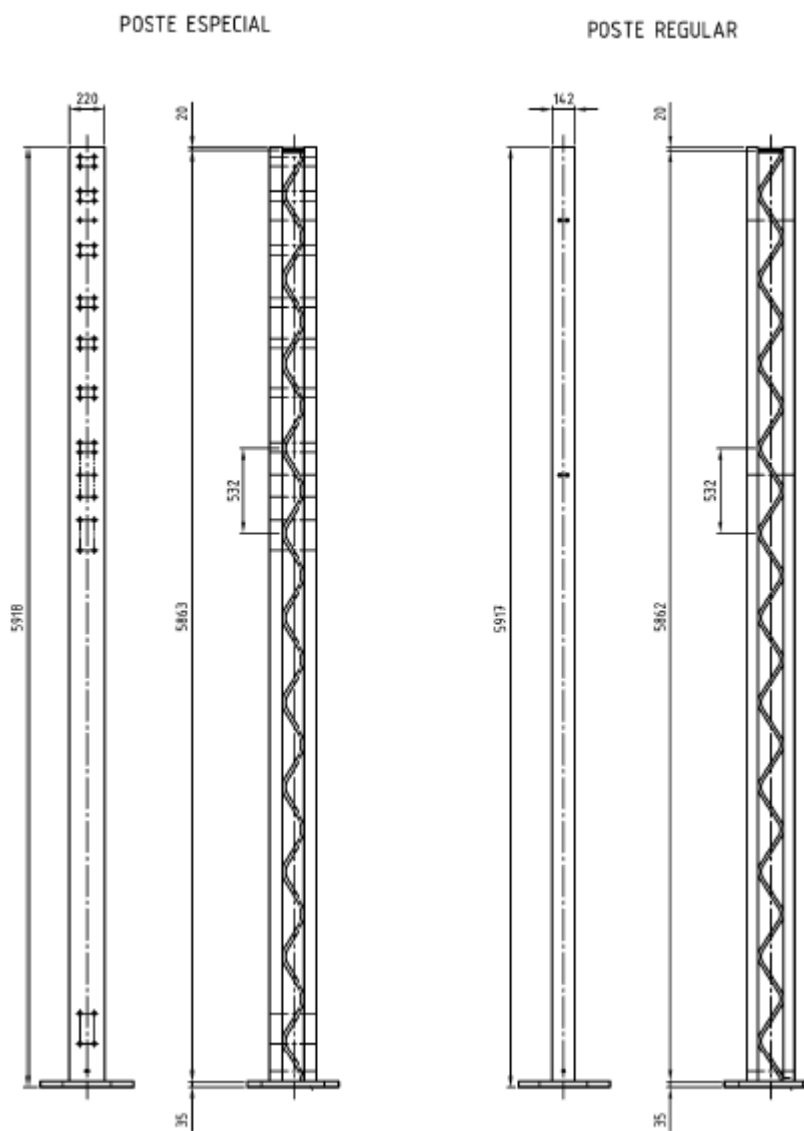
TRAMO EXISTENTE**FIGURA 2.20 DIMENSIONES EN MM**

TABLA 2.13

DATOS TÉCNICOS DE POSTES EN TRAMO EXISTENTE

Material	Acero S355J0 Semiacabado según DIN en ISO 10025-2
Capa de Zinc según DIN en ISO 1461	Zn en caliente (min.120 μ promedio,100 μ puntual)
Costura de Soldadura	DIN en ISO 5817 grupo c

TRAMO NUEVO

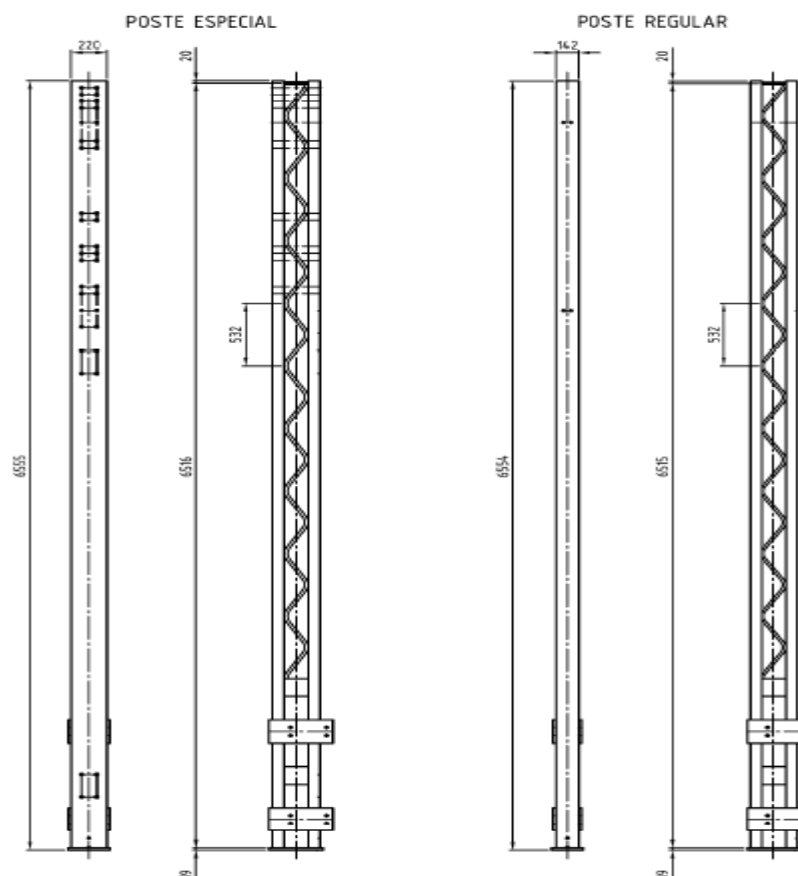


FIGURA 2.21 DIMENSIONES EN MM

TABLA 2.14
DATOS TÉCNICOS DE POSTES EN TRAMO NUEVO

Material	Acero S355J0 Semiacabado según DIN en ISO 10025-2
Capa de Zinc según DIN en ISO 1461	Zn en caliente (min.120μ promedio,100μ puntual)
Costura de Soldadura	DIN en ISO 5817 grupo c

2.1.3.2 Ferretería diversa

Las piezas de ferretería que se usarán como abrazaderas, retenciones, etc., se fabricarán de acero según las siguientes especificaciones.

TABLA 2.15
DATOS TÉCNICOS DE FERRETERÍA

Material	Acero S355J0 o S235JR Semiacabado según DIN en ISO10025-2
Capa de Zinc según DIN en ISO 1461	Zn en caliente (min.120μ promedio,100μ puntual)
Costura de Soldadura	DIN en ISO 5817 grupo c

CAPÍTULO III

IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA Y PLANTEAMIENTO DE LA HIPÓTESIS

3.1. PRESENTACIÓN DE LA PLANTA

3.1.1. Esquema principal de la planta

La Figura 3.1 muestra el Esquema Principal de la Planta:

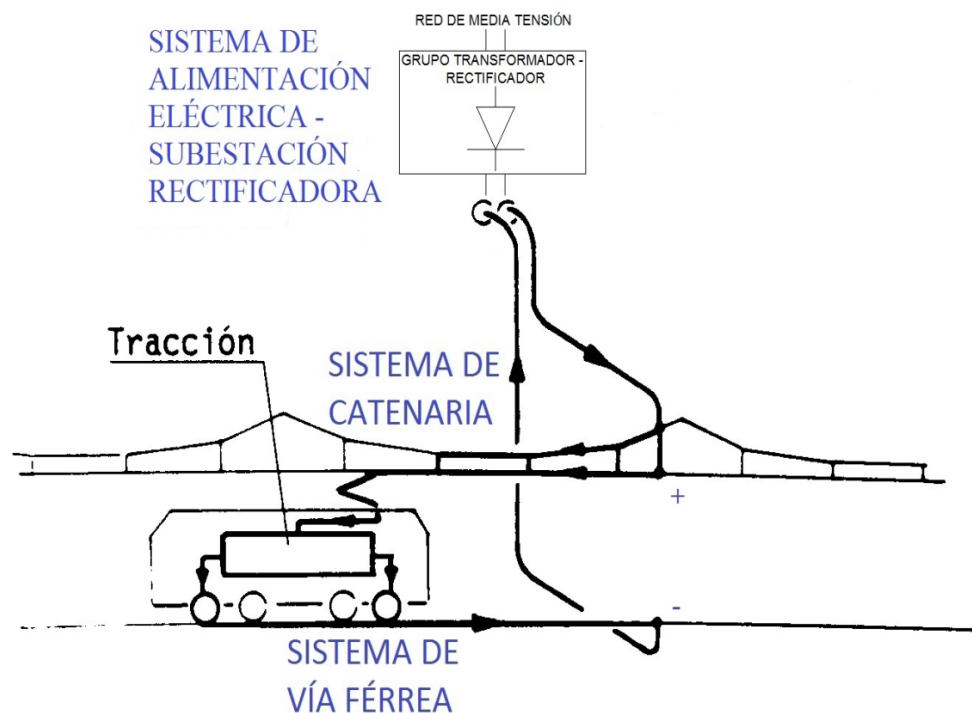


FIGURA 3.1 ESQUEMA PRINCIPAL DE LA PLANTA

Tensión 21.6 kV ac: Tensión de alimentación a la Subestación Rectificadora (SER)

Tensión 1500 V dc: Tensión de alimentación al tren eléctrico.

3.1.2. Explicación de la función de cada sistema de la planta

A continuación se describirán los 3 principales sistemas de la planta:

Sistema de Catenaria: Suministra la energía de tracción al Tren Eléctrico, siendo la catenaria el polo positivo en un circuito de corriente continua. La Figura 3.2 muestra la Disposición General del Sistema de Catenaria:

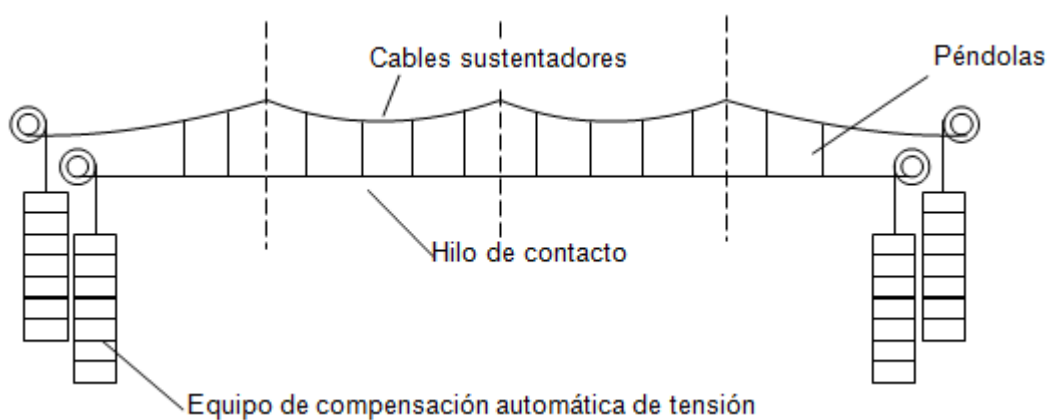


FIGURA 3.2 DISPOSICIÓN GENERAL DEL SISTEMA DE CATENARIA

Sistema de Alimentación Eléctrica: La energía eléctrica llega a la Subestación Rectificadora (SER) a nivel de 21.6 kV en corriente alterna y es rectificadora a 1500 V en corriente continua.

Sistema de Vía Férrea: Está formado por rieles apoyados en durmientes de concreto que se disponen sobre el balasto, siendo el riel el polo negativo en un circuito de corriente continua.

3.1.3. Datos generales del sistema de catenarias

El Sistema de Catenarias tiene las siguientes condiciones de operación:

TABLA 3.1
CONDICIONES DE OPERACIÓN

Velocidad del Viento	120 km/h
Tensión Nominal	1500 Vdc
Nivel de Aislamiento	3000 Vdc
Velocidad Máxima Comercial del Equipo Rodante	80 km/h
Altura del Sistema	1600 mm
Descentramiento (Zig-zag)	+/- 250 mm
Distancia Máxima entre Dos Puntos de Soporte (Vano)	60 m
Hilo de Contacto Ranurado de Cobre	2x100 mm ²
Cable Sustentador de Cobre	2x120 mm ²
Cable de Puesta a Tierra de Cobre	120 mm ²

La altura del hilo de contacto sobre la cota superior de rieles es:

TABLA 3.2
ALTURA DEL HILO DE CONTACTO

En tramos nuevos de viaducto	Mínimo: 4300 mm
	Normal: 4500 mm
	Máximo: 4700 mm

3.1.4. Descripción del producto

El Producto es la integración del sistema de catenarias con los sistemas complementarios, teniendo como función global el Funcionamiento y Operación del Tren Eléctrico de Lima, el cual es un sistema de transporte urbano de 6 vagones que recorre en este primer tramo de la línea 1, desde la Estación Villa El Salvador hasta la Estación Miguel Grau, operando bajo el

sistema de viaducto elevado, haciendo un total de 21.48 kilómetros con 16 estaciones de pasajeros.

3.2. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

El Sistema de Catenarias se encuentra en la fase de planificación y se requiere implementar dicho sistema del Tramo 1 del Tren Eléctrico de Lima.

3.2.1. Estado situacional encontrado

El transporte público de pasajeros en Lima se ha convertido en uno de los principales problemas a resolver. Los medios de transporte urbano más relevantes son los autobuses y las camionetas rurales conocidas como “combis”.

Este servicio se caracteriza por la falta de renovación de unidades y el incremento diario de la demanda de pasajeros, debido al crecimiento de la población, lo que lleva a que este servicio sea ineficiente, contaminante, inseguro y poco confortable.

Como alternativa de solución a la problemática del transporte, se implementó el “Sistema Metropolitano de Transporte”, que cuenta con buses articulados de gran capacidad que circulan por un corredor vial exclusivo, lo que mejora considerablemente los tiempos de traslado de un punto a otro. Su ruta cruza dieciséis distritos desde Chorrillos (Sur) hasta Comas (Norte).

Por otro lado, otra alternativa de solución basada en una tecnología limpia es el Tren Eléctrico de Lima, también conocido como Metro de Lima.

En resumen, la demanda de pasajeros a través de la historia peruana ha sido superior a la oferta del transporte urbano de pasajeros desde hace muchos años, lo que generó que se proyectara y ejecutara las Obras Civiles y Electromecánicas del Tramo 1 del Tren Eléctrico de Lima, que es el producto de la integración del sistema de catenarias con los sistemas complementarios, siendo la implementación del sistema de catenarias, el motivo del presente informe.

3.2.2. Estado futuro deseado

El proyecto se culmine exitosamente, con el Sistema de Catenarias implementado e integrado con los sistemas complementarios, generando el correcto Funcionamiento y Operación del Tren Eléctrico de Lima.

3.2.3. Dificultades encontradas en la implementación del sistema de catenarias

La dificultad que se encontró en la Implementación del Sistema de Catenarias, fue que muchas veces la implementación de algunos de los sistemas complementarios se realizó en la misma vía o área de trabajo, utilizada en la implementación del sistema de catenarias.

3.3. PLANTEAMIENTO DE LA HIPÓTESIS

3.3.1. Diagrama medios - fines

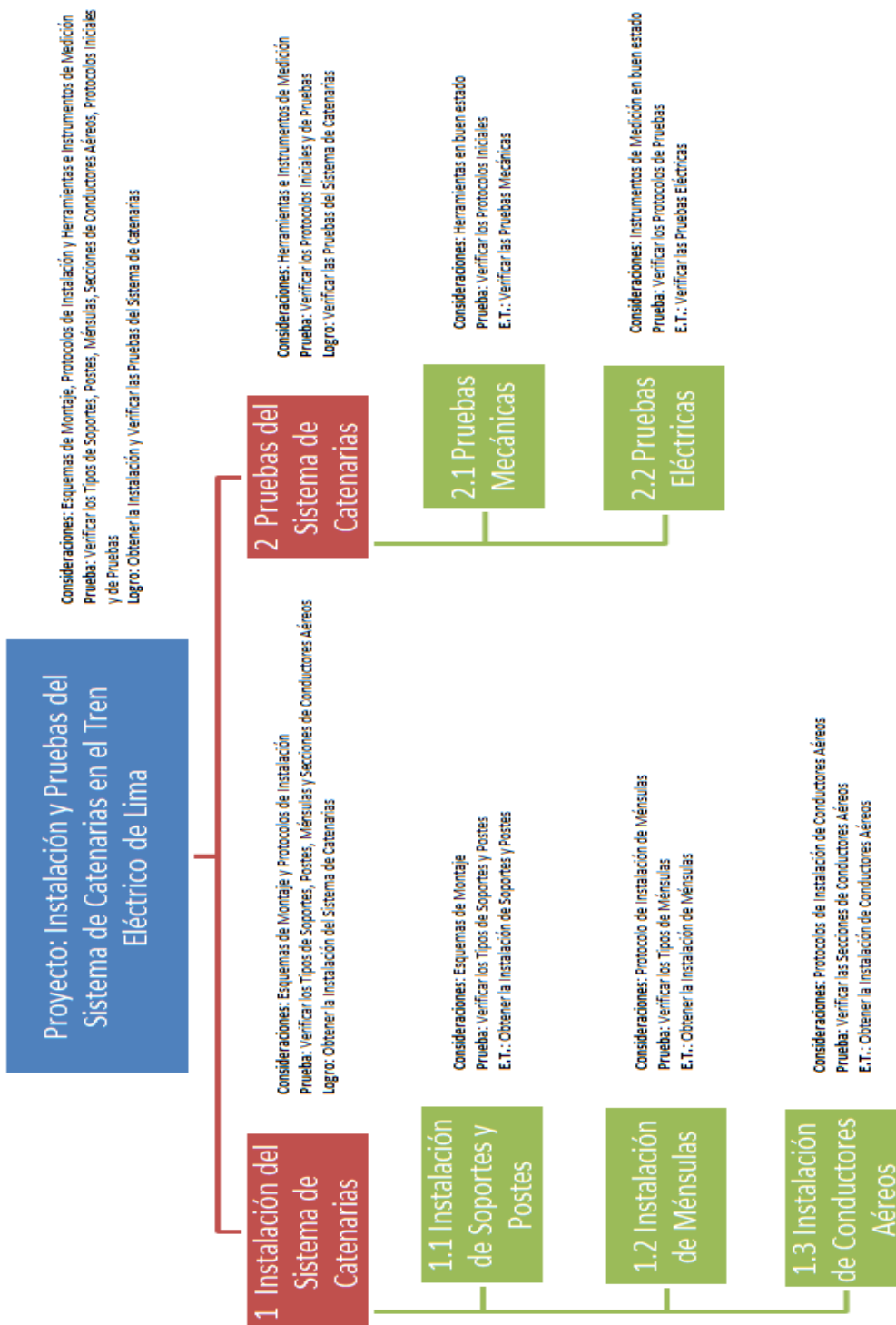


FIGURA 3.3

3.3.2. Planteamiento de la hipótesis

En virtud de que se puede validar el logro de la Instalación del Sistema de Catenarias, así como el logro de las Pruebas del Sistema de Catenarias y siendo posible establecer y completar las consideraciones complementarias necesarias para realizar la prueba final y obtener el resultado correspondiente, se podrá consolidar el logro del propósito y plantear la siguiente hipótesis:

Siguiendo los procedimientos y protocolos establecidos, se tendrá la Instalación y Pruebas del Sistema de Catenarias en el Tren Eléctrico de Lima.



FIGURA 3.4

CAPÍTULO IV INSTALACIÓN Y PRUEBAS

4.1. INSTALACIÓN DEL SISTEMA DE CATENARIAS

4.1.1. Instalación de soportes y postes

a) CONSIDERACIONES

Línea de Vida: Es un dispositivo de anclaje, teniendo por finalidad permitir a un trabajador, equipado de un arnés anti caídas y un equipo de protección, el desplazamiento a lo largo del dispositivo de anclaje, estando siempre conectado y facilitando la prevención de caídas de altura.

Esquemas de Montaje:

ESQUEMA DE COLOCACIÓN DE LÍNEA DE VIDA

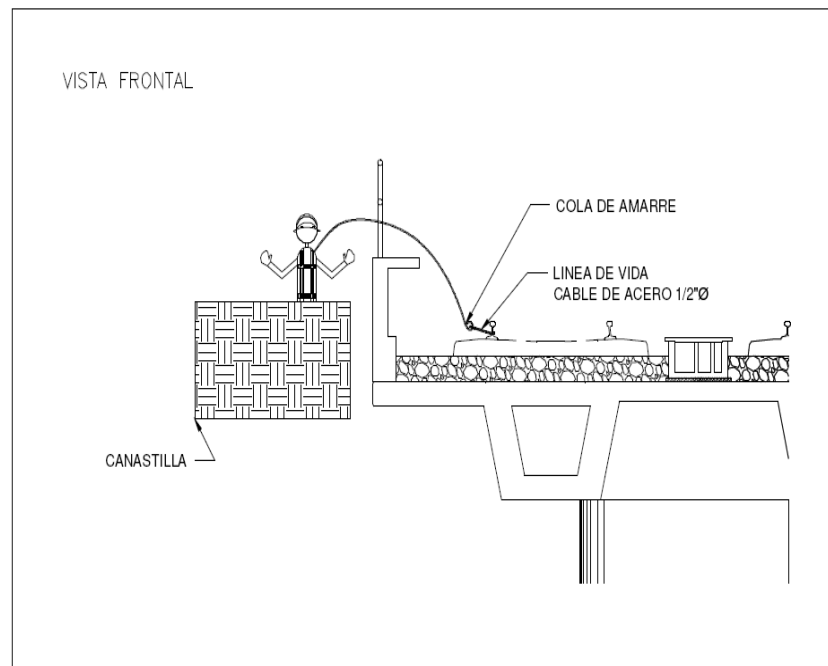


FIGURA 4.1

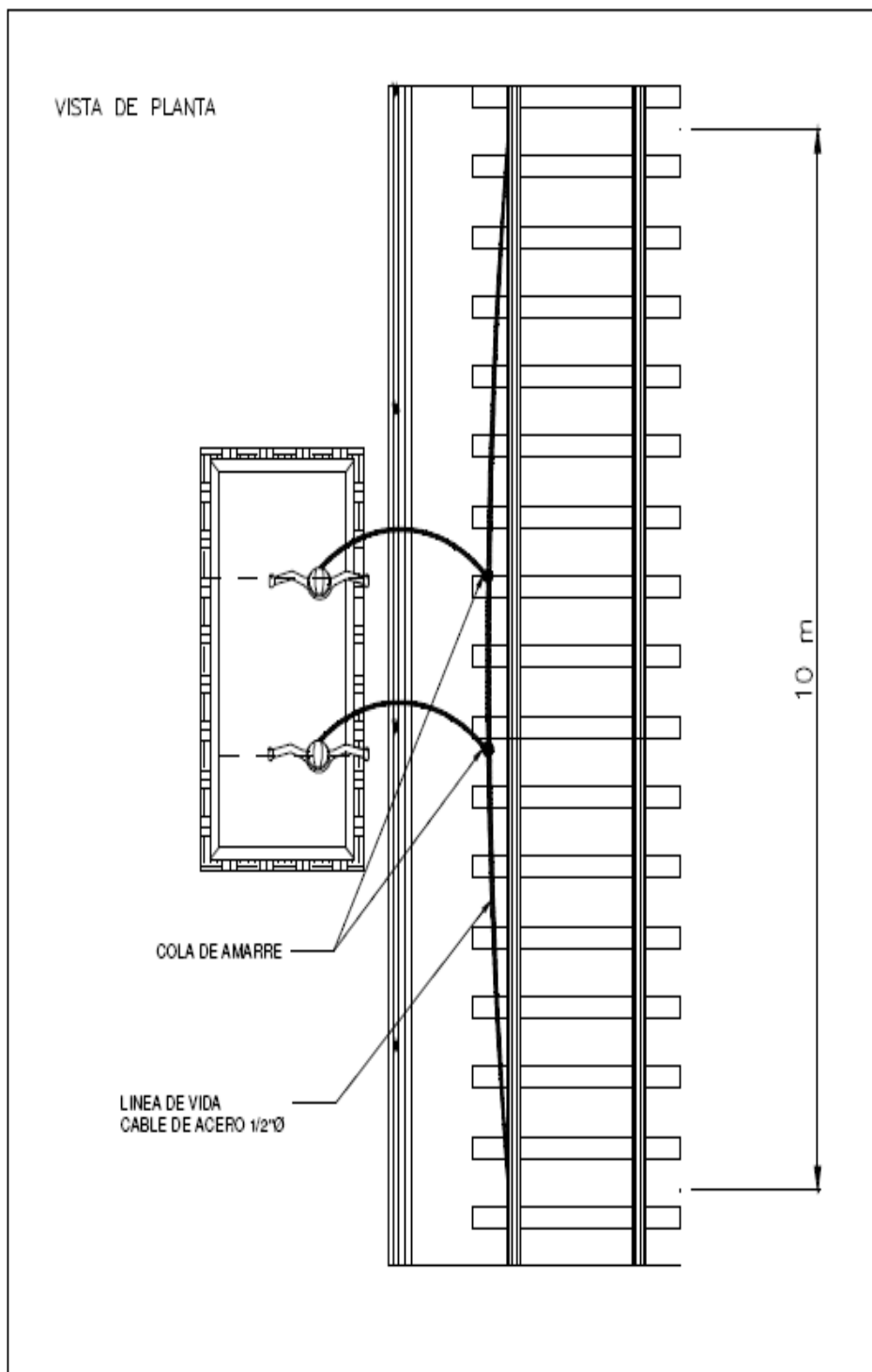


FIGURA 4.2

ESQUEMA DE IZAJE DEL POSTE - RESTRICCIÓN AL TRÁNSITO VEHICULAR

A continuación se visualiza el Esquema de izaje de un poste del tramo existente:

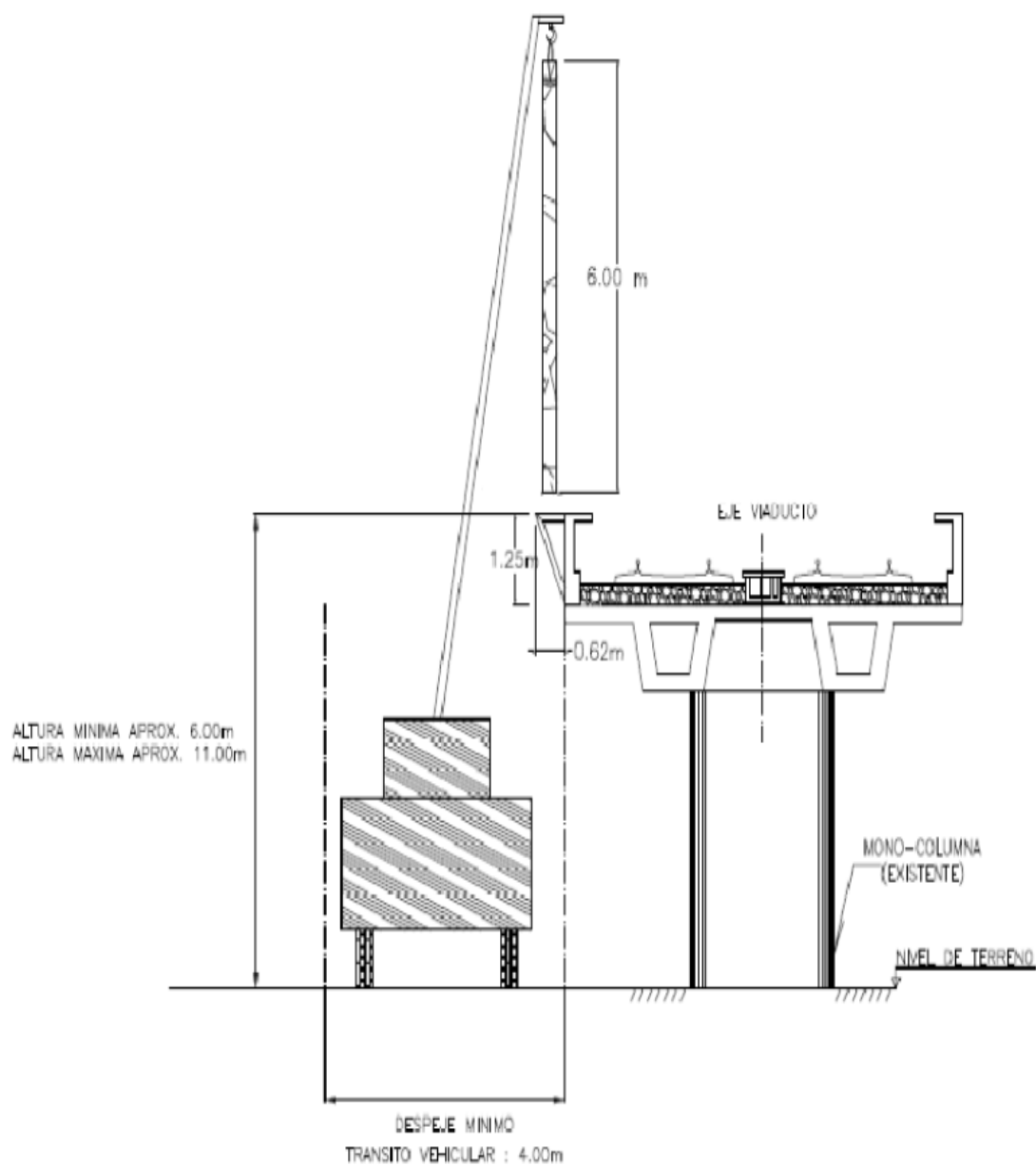


FIGURA 4.3

b) PRUEBA

Verificar los Tipos de Soportes y Postes.

TABLA 4.1

TIPOS DE SOPORTES Y POSTES DE TRAMO EXISTENTE

	Dimensiones máximas en mm (alto x ancho x profundidad)
Poste regular	5917x142x400
Poste especial	5918x220x400
Soporte inferior para poste regular y especial	1250x890x620

TABLA 4.2

TIPOS DE SOPORTES Y POSTES DE TRAMO NUEVO

	Dimensiones máximas en mm (alto x ancho x profundidad)
Poste regular	6554x142x300
Poste especial	6555x220x300
Soporte lateral para poste regular	200x230x405
Soporte lateral para poste especial	200x200x405

c) ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA INSTALACIÓN DE SOPORTES Y POSTES

La Instalación de Soportes y Postes se detalla a continuación:

➤ **INSTALACIÓN DE SOPORTES EN TRAMO EXISTENTE**

El operario (rigger) ubicado en el camión con carreta eslingará por el extremo superior, el soporte de poste a montar de manera que cuelgue en posición vertical. El operador del camión grúa izará el soporte hasta su ubicación. Los operarios ubicados en la canastilla pasarán los pernos de anclaje por los agujeros del soporte y el parapeto, interponiendo las arandelas necesarias para que el soporte quede con su superficie superior perfectamente nivelada. Los operarios ubicados sobre el viaducto colocarán las placas de apoyo, arandelas y tuercas interiores. Se efectuará un preajuste de las tuercas de anclaje a 100 Nm y se efectuará el control de nivelación con el nivel de agua. De ser necesario, se interpondrán arandelas entre los apoyos inferiores del soporte de poste y la cara externa del parapeto. Finalizada la nivelación, se retirarán de a uno los pernos de sujeción y se colocará en el interior de cada agujero cantidad suficiente de resina epóxica. Se reinstalará cada perno con sus tuercas, arandelas y placas de apoyo y se ajustará a 100 Nm. Luego de reinstalados los 4 pernos, se repasará el torque alternadamente a 200 Nm. Finalizado el torque se efectuará una línea en coincidencia entre perno y tuerca con marcador indeleble. Se colocarán las contratuercas y se ajustarán a 150 Nm (Ver Anexo 01).

➤ **INSTALACIÓN DE SOPORTES Y POSTES EN TRAMO NUEVO**

Una vez determinada la ubicación en donde se montará el poste, y posicionado todo el equipo, un operario ascenderá en la canastilla del camión grúa con los 4 pernos y sus respectivas arandelas, tuerca y contratuerca y luego de pasar su cola de amarre a los operarios, ubicados sobre el viaducto para que las tomen a la línea de vida, introducirá cada uno de los pernos en el agujero del parapeto correspondiente.

El operario (rigger) ubicado en el camión con carreta eslingará el poste a montar, de manera que cuelgue en posición vertical. El operador del camión grúa izará el poste hasta su ubicación.

Los operarios ubicados en la canastilla maniobrarán los pernos de anclaje para cuadrar los agujeros del parapeto con los de los soportes laterales unidos al poste.

En caso que los agujeros estén a mayor distancia horizontal que la que permita instalar el poste sin forzar los soportes, se interpondrán placas de acero galvanizado como suplemento entre el poste y los soportes y así asegurar el torque correspondiente.

Una vez montado el conjunto, y una vez nivelado se aplicará un torque de 100 Nm. De ser necesario, para obtener la nivelación y paralelismo con respecto del eje de vía, se interpondrán placas de acero galvanizado entre los soportes de poste y el parapeto.

Luego se retirará la tuerca en uno de los pernos por la zona del interior del parapeto, con el perno en su agujero y sujetado por el operario que se encuentra en la canastilla, se aplicará la resina epóxica entre el perno y el agujero. Se volverá a colocar la tuerca y apretar a 100 Nm.

Este proceso se repetirá en los otros 3 pernos; una vez estén todos apretados a 100 Nm, y comprobando que no se haya modificado la nivelación, se le dará el torque final de 200 Nm a las tuercas.

Finalizado el torque se efectuará una línea en coincidencia entre perno y tuerca con marcador indeleble. Se colocarán las contratuercas exteriores e interiores y se ajustarán a 150 Nm.

Después se procederá a torquear los tornillos de sujeción entre el poste y los soportes laterales, en primera instancia a 25 Nm y finalmente a 50 Nm. Finalizado el torque se efectuará una línea en coincidencia entre tornillo y tuerca con marcador indeleble. Se colocarán las contratuercas y se ajustarán a 40 Nm.

Finalizada la colocación del poste, los operarios ubicados en la canastilla recibirán sus colas de amarre (que serán liberadas por los operarios situados sobre el viaducto) y descenderán. Se trasladarán los equipos y personal a la próxima progresiva, en donde se efectuará el trabajo de la misma manera (Ver Anexo 02-03).

4.1.2. Instalación de ménsulas

a) CONSIDERACIONES

Ménsulas: Las ménsulas se fabricarán de tubos de acero galvanizado en caliente. Las ménsulas se fijarán en los postes por medio de articulaciones giratorias, que permiten a la ménsula seguir los movimientos longitudinales de los hilos de contacto y de los cables sustentadores, provocados por cambios de temperatura.

La fijación de las ménsulas en los postes ofrece la posibilidad del ajuste de posición en dirección vertical.

Los hilos de contacto se desplazarán desde el eje de la vía hasta el zig-zag deseado por medio de brazos de atirantado. La posición horizontal de los cables sustentadores se podrá ajustar variando la posición de la borna torneada en el tubo superior.

Las ménsulas son el soporte que se colocarán en los postes y pórticos, cuya función es sostener los hilos de contacto y cables sustentadores. A continuación se muestran las componentes de la ménsula:

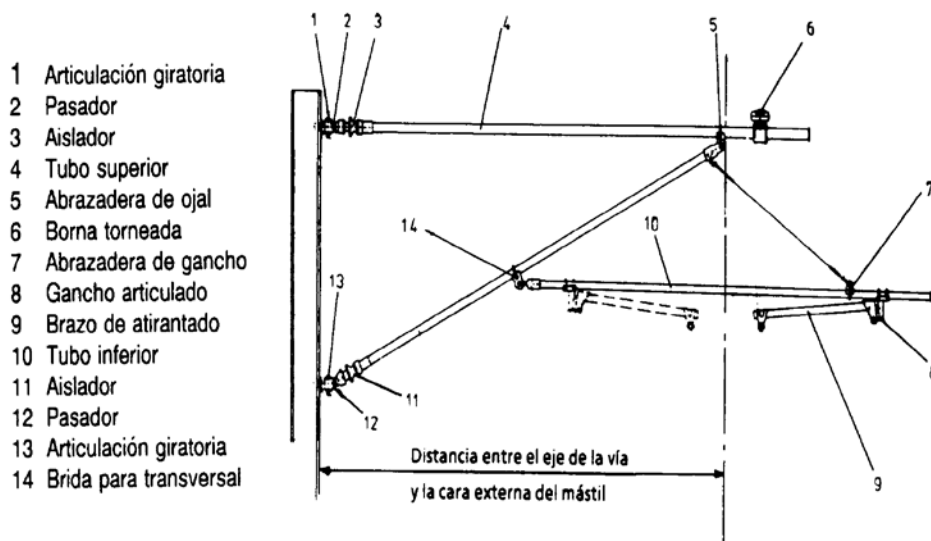


FIGURA 4.4

Protocolo de Instalación de Ménsulas.

PROTOCOLO DE INSTALACIÓN DE MÉNSULAS

Nº POSTE	CONJUNTO DE MÉNSULA	OBSERVACIONES
10-27	Atirantado Indirecto	
10-28	Atirantado Directo	
11-27	Atirantado Directo	
11-28	Atirantado Indirecto	
12-39	Atirantado Directo	
12-40	Atirantado Indirecto	
14-29	Atirantado Indirecto	
14-30	Atirantado Directo	
15-31	Atirantado Indirecto	
15-32	Atirantado Directo	
17-13	Atirantado Indirecto	
17-14	Atirantado Directo	

b) PRUEBA

Verificar los Tipos de Ménsulas.

TIPOS DE MÉNSULAS

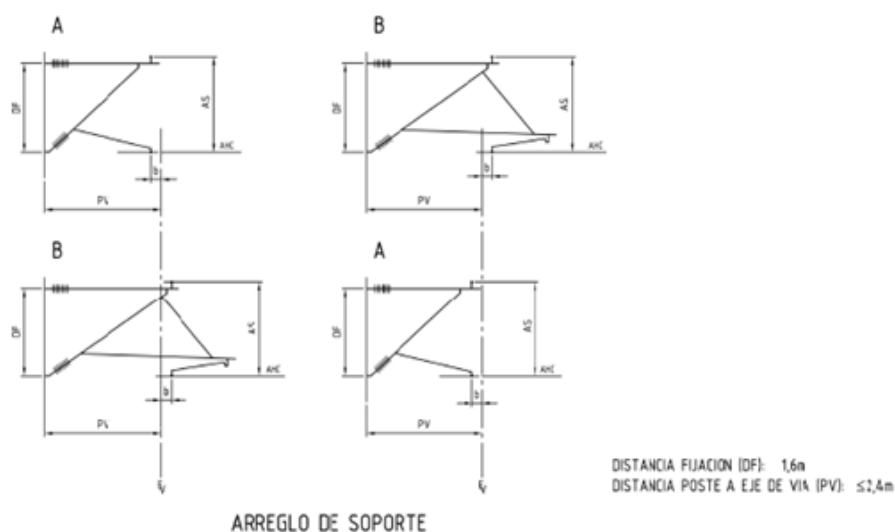


FIGURA 4.5

c) ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA INSTALACIÓN DE MÉNSULAS

La Instalación de Ménsulas se detalla a continuación:

➤ INSTALACIÓN DE MÉNSULAS

Considerando que cada tubo superior y cada tubo intermedio tendrán montados los aisladores perfectamente fijados, además dos operarios subidos a la plataforma del vehículo ferroviario, recibirán de un auxiliar a nivel del piso ambos tubos y presentarán y fijarán estos a las articulaciones giratorias ya montadas en el poste, simplemente colocando pasador. Luego

colocarán el pasador que vincula ambos tubos y verificarán con el nivel de agua la correcta nivelación de la ménsula, comprobando que el tubo intermedio está alineado con la parte recta de la ménsula, y que ésta puede girar en ambos sentidos sin dificultad. Si fuese necesario corregir la nivelación se desplazará convenientemente la abrazadera de ojal.

Finalmente los operarios recibirán el brazo de atirantado o el tubo inferior y el brazo de atirantado, dependiendo del tipo de ménsula, y procederán a su colocación, dejándolo provisoriamente sujeto al tubo superior con alambre.

Según la configuración de la ménsula, el conjunto de suspensión y el conjunto de atirantado podrán venir premontados con la ménsula, y en otros casos será necesario proceder al montaje del conjunto de suspensión y del conjunto de atirantado, comprobando que la posición del cable sustentador y del hilo de contacto se encuentran en la misma.

4.1.3. Instalación de conductores aéreos

a) CONSIDERACIONES

Protocolos de Instalación de Conductores Aéreos.

PROTOCOLO 1: REGISTRO DE CONTROL DE TENDIDO
1. POSICIONADO DE LAS COLUMNAS DE CONTRAPESOS

SECCIÓN	Nº POSTE DEL CONJUNTO DE CONTRAPESOS	LONGITUD DEL SEMICANTÓN	TEMPERATURA	ALTURA TOPE INFERIOR COLUMNA	ALTURA TOPE INFERIOR COLUMNA
Nº				HC	CS
	Nº	L (m)	T (°C)	H (m)	H (m)
09-10	10-13	659.7	20	De acuerdo a Tabla 4.4	De acuerdo a Tabla 4.5
10-11	11-13	537.9	20	De acuerdo a Tabla 4.4	De acuerdo a Tabla 4.5
11-12	12-11	518.5	20	De acuerdo a Tabla 4.4	De acuerdo a Tabla 4.5
12-14	14-03	639.9	20	De acuerdo a Tabla 4.4	De acuerdo a Tabla 4.5
13-14	14-43	540.0	20	De acuerdo a Tabla 4.4	De acuerdo a Tabla 4.5
14-16	16-07	665.9	20	De acuerdo a Tabla 4.4	De acuerdo a Tabla 4.5
16-16	16-39	446.5	20	De acuerdo a Tabla 4.4	De acuerdo a Tabla 4.5
16-18	18-07	679.1	20	De acuerdo a Tabla 4.4	De acuerdo a Tabla 4.5
18-19	19-07	640.0	20	De acuerdo a Tabla 4.4	De acuerdo a Tabla 4.5
19-20	20-07	604.2	20	De acuerdo a Tabla 4.4	De acuerdo a Tabla 4.5
20-21	21-29	547.3	20	De acuerdo a Tabla 4.4	De acuerdo a Tabla 4.5

PROTOCOLO 2: REGISTRO DE CONTROL DE TENDIDO
2. TENSIONES MECÁNICAS DE LOS CABLES

SECCIÓN	POSTE	TIPO DE CABLE	TENSION NOMINAL DE TRABAJO (kN)	PESAS
Nº	Nº	(CS/HC)		Nº
09-10/10-11	10-13	HC	15	10x2
09-10/10-11	10-13	CS	20	14x2
10-11/11-12	11-13	HC	15	10x2
10-11/11-12	11-13	CS	20	14x2
10-11/11-12	11-07	HC	15	10x2
10-11/11-12	11-07	CS	20	14x2
11-12/12-12	12-11	HC	15	10x2
11-12/12-12	12-11	CS	20	14x2
12-12/12-14	12-41	HC	15	10x2
12-12/12-14	12-41	CS	20	14x2
12-14/13-14	14-03	HC	15	10x2
12-14/13-14	14-03	CS	20	14x2

PROTOCOLO 3: REGISTRO DE CONTROL DE TENDIDO

3. PARÁMETROS DE CONTROL

SECCIÓN	POSTE	TIPO DE CABLE	PARÁMETROS GEOMÉTRICOS	
Nº	Nº	(CS/HC)	Altura de los HC (m)	Descentramiento (m)
10-11	10-27	HC	4.5	-0.2
10-11	10-28	HC	4.5	-0.2
11-12	11-27	HC	4.5	0.15
11-12	11-28	HC	4.5	0.15
12-12	12-39	HC	4.5	0.05
12-12	12-40	HC	4.5	0.2
13-14	14-29	HC	4.5	-0.2
13-14	14-30	HC	4.5	-0.2
14-16	15-31	HC	4.5	-0.2
14-16	15-32	HC	4.5	-0.2
16-18	17-13	HC	4.5	-0.25
16-18	17-14	HC	4.5	-0.2

**PROCOLO 4: REGISTRO DE CONTROL DE TENDIDO DE CABLE DE
PUESTA A TIERRA**

Sección:	10-11
Vía:	Impar
Progresiva inicio:	10.3221 km (Poste 10-13)
Progresiva finalización:	11.3396 km (Poste 11-13)
Tensión mecánica de tendido (kN):	5

**PROTOCOLO 5: LISTA DE CONTROL DE DISPOSICIONES DE
SEGURIDAD**

Requisitos a controlar	Cumplido	No cumplido
Si en la zona existen líneas eléctricas aéreas, verificación de que no estén energizadas, que hayan sido puestas a tierra y que se haya dado aviso de "No Energizar"		
Permiso general de trabajo vigente		
Permiso de Izaje emitido y vigente		
Permiso de trabajo en altura emitido		
Inspección diaria preparación al de vago neta plataforma Mermec y/o camión bivial Iveco (según corresponda)		
Inspección diaria preoperación al de camión grúa		
Operador es instruidos en Instructivos de trabajo con camión grúa, Vago neta plataforma Mermec y/o camión bivial Iveco (según corresponda)		
Análisis de tarea segura efectuado		
Autorización de uso de vía solicitada y formulario completo		
Personal cuenta con los EPP indicados		
Permiso para Trabajo de turno extendido (si aplica)		

Firma y aclaración del líder de grupo (capataz, supervisor, encargado):

Firma y aclaración del prevencionista que acompaña la tarea:

b) PRUEBA

Verificar las Secciones de Conductores Aéreos.

TABLA 4.3
SECCIONES DE CONDUCTORES AÉREOS

	Descripción	Sección (mm ²)
1	hilo de contacto ranurado de cobre	2 x 100
2	cable sustentador de cobre	2 x 120
3	cable de puesta a tierra de cobre	120

c) ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA INSTALACIÓN DE CONDUCTORES AÉREOS

La Instalación de Conductores Aéreos se detalla a continuación:

➤ INSTALACIÓN DE CABLE DE PUESTA A TIERRA

Preparada la terminación del cable de tierra, se montará el equipo completo de anclaje, disponiéndose el tren de tendido (Plataforma con 1 portabobina con freno + Vehículo ferroviario con plataforma elevadora) en la vía por la que se va a proceder al tendido.

Se posicionará la plataforma con 1 portabobina a aproximadamente 30 metros antes (en el sentido del tendido) del poste de anclaje y se dejará estacionada allí, con el freno aplicado y con un operario controlando la tensión mecánica de salida del cable de tierra y el frenado correcto de la bobina.

Se posicionará el vehículo con plataforma elevadora y grúa, de tal forma que la plataforma elevadora quede entre la grúa y la bobina de cable de tierra.

Se desplazará el tren de tendido para efectuar el tendido del cable de tierra. Con la pluma de la grúa se pasará el cable de tierra por encima de cada poste y los operarios ubicados en la plataforma elevadora, introducirán el cable de tierra en el interior de la respectiva polea. Se procederá de igual manera hasta llegar al poste de anclaje opuesto, en donde se anclará el cable de tierra al poste.

Se retrocederá hasta el poste de anclaje en donde se inició el tendido, y en ese punto se le aplicará al cable de tierra la tensión mecánica correspondiente para el tensado definitivo, equivalente a 5 kN respecto de la temperatura media, tomándolo con una mordaza e interponiendo el aparejo manual y el dinamómetro.

Una vez dada la tensión definitiva, se procederá a avanzar nuevamente por cada poste, fijando el cable de tierra con las grapas respectivas en su posición definitiva y a retirar las poleas empleadas para el tendido.

➤ **INSTALACIÓN DE CABLE SUSTENTADOR**

Preparada la terminación del cable sustentador, se montará el equipo completo de anclaje, disponiéndose el tren de tendido (Plataforma con 2 portabobinas con freno + Vehículo ferroviario con plataforma elevadora) en

la vía por la que se va a proceder al tendido.

Se elevará la terminación del cable sustentador y mediante ella se amarrará, el extremo libre de cada cable al equipo de regulación automática.

Se iniciará el tendido desenrollando una longitud tal de los dos cables sustentadores, que por ninguna causa ni circunstancia lleguen a arrastrar por el suelo, procediendo a colocarlos en las poleas del primer par de ménsulas del poste, según la dirección de la marcha. El ángulo de despegue de los cables sustentadores con la horizontal durante el tendido del mismo no deberá exceder de 45 grados.

Realizadas las anteriores tareas, se acometerá el tendido propiamente dicho mediante el desplazamiento del tren de tendido, en dirección y sentido hacia el punto fijo, hasta alcanzar la posición del siguiente poste.

Simultáneamente al desplazamiento del tren de tendido, se irán desenrollando los cables sustentadores a ritmo uniforme y suave, tal que le proporcione una tensión que evite su rozamiento con algún obstáculo.

En el siguiente poste se detendrá la marcha del tren de tendido y se procederá, al igual que en el primer poste, a colocar los cables sustentadores en las poleas situadas en la ménsula y así sucesivamente hasta llegar a la ménsula del vano de elevación del seccionamiento más próximo al anclaje del extremo final del cantón de compensación, según el sentido de la marcha del tendido, donde se unirá a la terminación del cable sustentador,

intercalando entre ambos un aparejo manual para realizar el tensado de los cables, y un dinamómetro debidamente calibrado para controlar el tensado de los cables, tal que permitan tensar cada cable sustentador hasta que se alcance la tensión mecánica de 10 kN por cable sustentador.

Alcanzada la tensión mecánica máxima, se operará del siguiente modo:

1. Se fijarán los cables sustentadores en su punto fijo, ubicado en el poste más central del tramo.
2. Se desbloqueará el equipo de regulación automática de la tensión mecánica de los cables sustentadores.
3. Se dotará al equipo de regulación automática de un número de pesas de contrapeso, tal que equilibre dicha tensión mecánica máxima.
4. Se procederá al desmontaje del aparejo manual y del dinamómetro.
5. Se ajustará el desplazamiento de la ménsula, según los valores de diseño establecidos individualmente para cada ménsula.
6. Se fijarán los cables sustentadores a las piezas de sujeción.
7. Por último, se cortarán los excesos de cables sustentadores, dando por finalizada la operación de tendido de los cables sustentadores.

➤ **INSTALACIÓN DE HILO DE CONTACTO**

Preparada la terminación del hilo de contacto, se montará el equipo

completo de anclaje, disponiéndose el tren de tendido (Plataforma con 2 portabobinas con freno + Vehículo ferroviario con plataforma elevadora) en la vía por la que se va a proceder al tendido.

Se elevará la terminación del hilo de contacto y mediante ella se amarrará, el extremo libre de cada hilo al equipo de regulación automática.

Cada bobina estará situada en su correspondiente portabobinas sobre la plataforma del tren de tendido. Los hilos de contacto se desenrollarán pasándose por las poleas y manteniendo la tensión mecánica adecuada, de tal modo que se evite cualquier tipo de dobladura o deformación en ellos. El ángulo de despegue de los hilos de contacto con la horizontal durante el tendido del mismo no deberá exceder de 45 grados.

Simultáneamente al desplazamiento del tren de tendido, se irán desenrollando los hilos de contacto a ritmo uniforme y suave, tal que le proporcione una tensión que evite su rozamiento con algún obstáculo.

Para mantener elevados los hilos de contacto, se los suspenderá de los cables sustentadores, mediante al menos tres soportes adecuados por vano.

Cada hilo de contacto deberá quedar suspendido del mismo lado en toda la alineación, de tal modo que entre ellos no se produzcan cruces ni vueltas.

En caso de que durante el tendido se produjeran deformaciones u ondulaciones en los hilos de contacto, se eliminarán utilizando las herramientas adecuadas con el fin de que no se originen deterioros en ellos.

Al alcanzar la posición de la ménsula del vano de elevación del seccionamiento más próximo al anclaje del extremo final del cantón de compensación, según el sentido de la marcha del tendido, donde se unirá a la terminación del hilo de contacto intercalando entre ambos un aparejo manual para realizar el tensado de los hilos, y un dinamómetro debidamente calibrado para controlar el tensado de los hilos, tal que permitan tensar cada hilo de contacto hasta que se alcance la tensión mecánica de 7.5 kN por hilo de contacto.

Alcanzada la tensión mecánica máxima, se operará del siguiente modo:

8. Se fijarán los hilos de contacto en su punto fijo, ubicado en el poste más central del tramo.
9. Se desbloqueará el equipo de regulación automática de la tensión mecánica de los hilos de contacto.
10. Se dotará al equipo de regulación automática de un número de pesas de contrapeso, tal que equilibre dicha tensión mecánica máxima.
11. Se procederá al desmontaje del aparejo manual y del dinamómetro.
12. Se ajustará el desplazamiento de la ménsula, según los valores de diseño establecidos individualmente para cada ménsula.
13. Se fijarán los hilos de contacto a las piezas de sujeción.
14. Por último, se sustituirán los soportes colocados en los vanos, por

retenciones provisionales a modo de péndolas hasta que se proceda a realizar el pendolado definitivo, en función de cada caso particular.

4.1.4. Instalación del sistema de catenarias

a) CONSIDERACIONES

Se consideró los Esquemas de Montaje y Protocolos de Instalación.

b) PRUEBA

Se verificó los Tipos de Soportes, Postes, Ménsulas y Secciones de Conductores Aéreos.

c) LOGRO

Se obtuvo la Instalación del Sistema de Catenarias.

4.2. PRUEBAS DEL SISTEMA DE CATENARIAS

4.2.1. Pruebas mecánicas

a) CONSIDERACIONES

Herramientas en buen estado:

15. Nivel de agua

16. Medidor de espesor de recubrimientos portátil con sus láminas de calibración

17. Medidor de distancia láser

b) PRUEBAS

Verificar los protocolos iniciales.

PROTOCOLOS INICIALES

1 . UBICACIÓN

Sección:	
De acuerdo con:	(Plano(s) de Ubicación de Postes)
Longitud de Sección:	(De Poste ___ a Poste ___)

2 . MEDIO AMBIENTE

Temperatura:	
Observaciones:	

c) ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA VERIFICACIÓN DE LAS PRUEBAS MECÁNICAS

La Verificación de las Pruebas Mecánicas se detalla a continuación:

➤ POSTES

18. Verificar la ubicación de los postes, de acuerdo con los planos de ubicación de postes (Ver Anexo 04-14).
19. Verificar el tipo de poste utilizado, de acuerdo con los planos de ubicación de postes (Ver Anexo 04-14).
20. Verificar la superficie del poste (galvanización), el cual debe tener un mínimo de 120 μ en promedio y 100 μ por medición puntual, utilizándose para la verificación el medidor de espesor.



FIGURA 4.6

21. Verificar la nivelación del poste, el cual debe estar vertical, utilizándose para la verificación el nivel de agua.
22. Verificar la distancia entre la cara exterior del poste y el eje de vía, el cual debe medir aproximadamente 1.9 m (PV), utilizándose para la verificación el medidor de distancia láser.

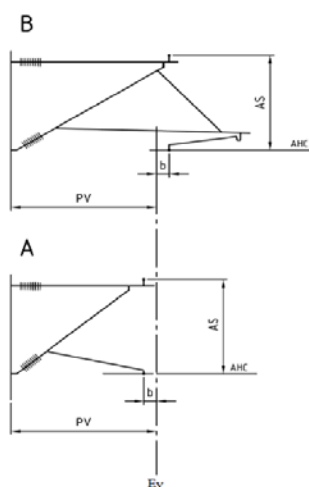


FIGURA 4.7

➤ MÉNSULAS Y SOPORTES

23. Verificar los tipos de soportes, de acuerdo con los tipos de postes.

24. Medir la altura del hilo de contacto en cada brazo atirantado de la ménsula y adicionalmente al centro del vano entre dos postes, la cual debe estar en el rango de 4.3 m a 4.7 m, respecto a la cota superior del riel, utilizándose para la verificación el medidor de distancia láser.

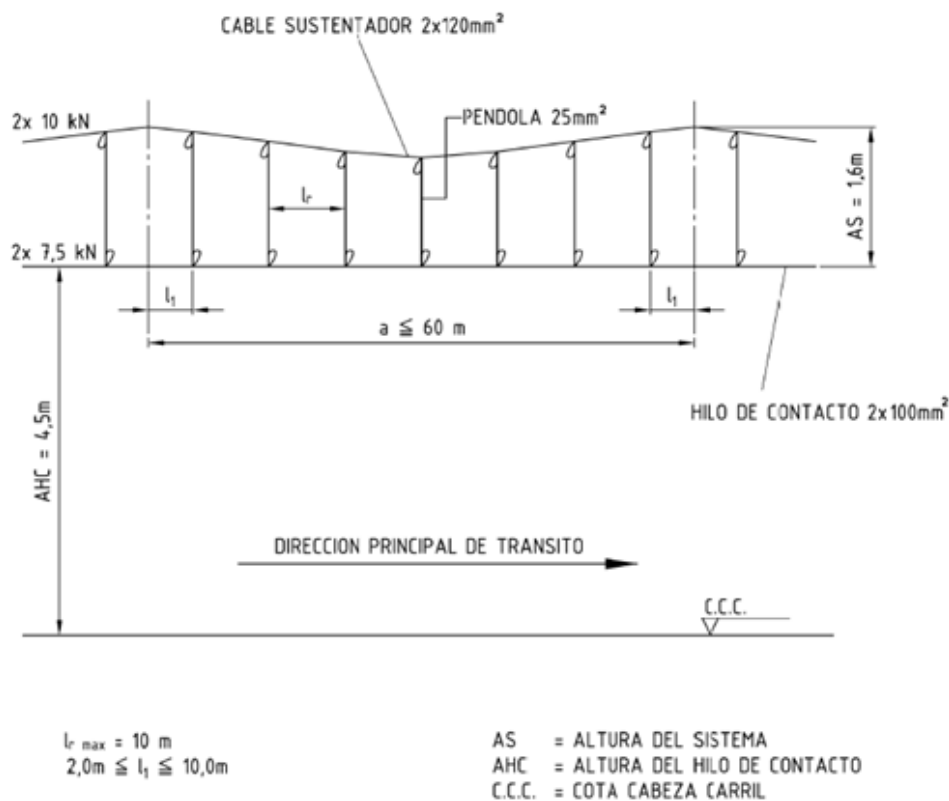


FIGURA 4.8

25. Medir el descentramiento (zig-zag) de la ménsula en cada brazo atirantado y adicionalmente al centro del vano entre dos postes, el cual debe estar en el rango de +0.25 m a -0.25 m, respecto al eje de la vía, utilizándose para la

verificación el medidor de distancia láser.

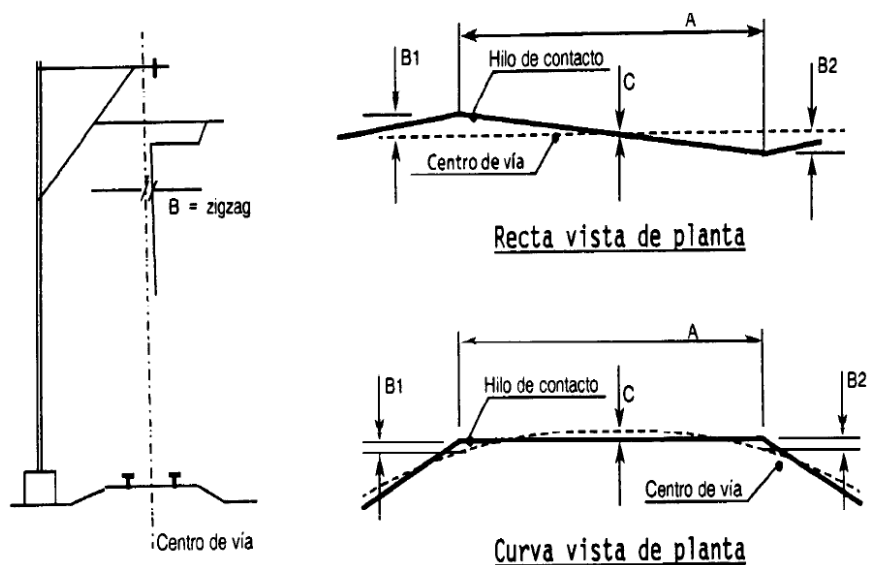


Figura 4.9

26. Verificar la fijación de los pernos, mediante un chequeo visual.
27. Verificar la verticalidad entre el hilo de contacto y el cable sustentador, mediante un chequeo visual.
28. Verificar la superficie de la ménsula (galvanización), la cual debe tener un mínimo de 120μ en promedio y 100μ por medición puntual, utilizándose para la verificación el medidor de espesor.
29. Verificar la inclinación del brazo atirantado de la ménsula, mediante un chequeo visual.
30. Verificar la posición del brazo de atirantado de la ménsula en función de la temperatura y la distancia al punto fijo, de acuerdo a la siguiente figura:

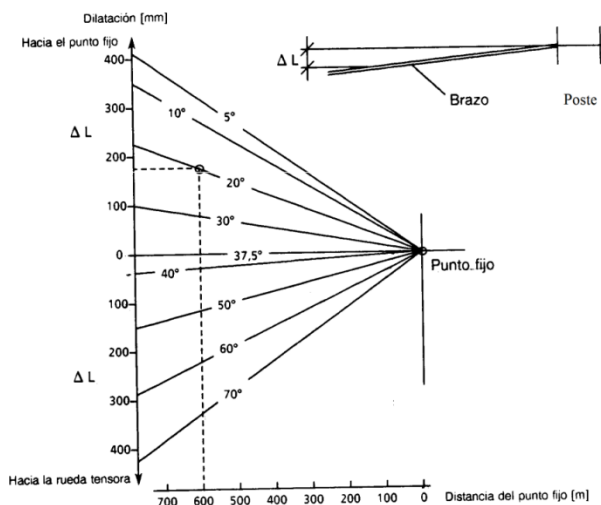


FIGURA 4.10

Ejemplo:

Con 20° C y a una distancia de 600 m respecto al punto fijo, la dilatación de la catenaria respecto a la posición normal es de 180 mm.

➤ **DISPOSITIVOS DE TENSIONAMIENTO**

31. Verificar todas las fijaciones, mediante un chequeo visual.
32. Verificar la distancia del dispositivo de bloqueo, donde la separación entre los dientes de la rueda tensora y la parte fija, debe ser adecuada.

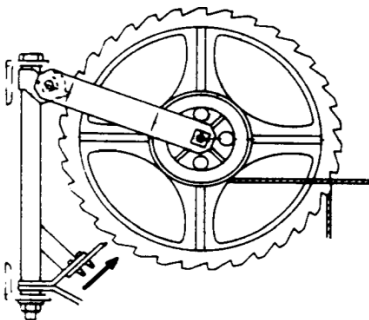


FIGURA 4.11

33. Medir y verificar la altura de los contrapesos de acuerdo con la temperatura y la distancia del punto fijo, según la siguiente figura y tabla:

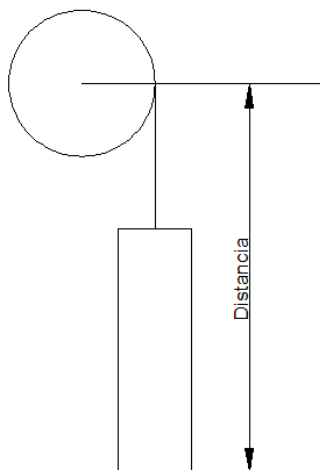


FIGURA 4.12

TABLA 4.4
DISTANCIA DISPOSITIVO DE TENSIONAMIENTO (HILO DE CONTACTO) - PUNTO FIJO (M)

Temperatura (°C)	Distancia Dispositivo de tensionamiento (Hilo de Contacto) - Punto fijo (m)																			
	275	300	325	350	375	400	425	450	475	500	525	550	575	600	625	650	675	700	725	750
10	2960	2920	2880	2840	2800	2760	2720	2680	2650	2610	2570	2530	2490	2450	2410	2370	2330	2300	2260	2220
12	2990	2950	2910	2880	2840	2800	2770	2730	2690	2660	2620	2590	2550	2510	2480	2440	2400	2370	2330	2300
14	3010	2980	2950	2910	2880	2850	2810	2780	2740	2710	2680	2640	2610	2580	2540	2510	2470	2440	2410	2370
15	3030	3000	2960	2930	2900	2870	2830	2800	2770	2740	2700	2670	2640	2610	2570	2540	2510	2480	2440	2410
16	3040	3010	2980	2950	2920	2890	2860	2820	2790	2760	2730	2700	2670	2640	2610	2580	2540	2510	2480	2450
18	3070	3040	3010	2990	2960	2930	2900	2870	2840	2810	2790	2760	2730	2700	2670	2640	2610	2590	2560	2530
20	3100	3070	3050	3020	3000	2970	2940	2920	2890	2870	2840	2810	2790	2760	2740	2710	2680	2660	2630	2610
22	3130	3100	3080	3060	3030	3010	2990	2960	2940	2920	2890	2870	2850	2820	2800	2780	2750	2730	2710	2680
24	3160	3140	3120	3090	3070	3050	3030	3010	2990	2970	2950	2930	2910	2890	2870	2850	2820	2800	2780	2760
25	3170	3150	3130	3110	3090	3070	3050	3030	3020	3000	2980	2960	2940	2920	2900	2880	2860	2840	2820	2800
26	3190	3170	3150	3130	3110	3090	3080	3060	3040	3020	3000	2990	2970	2950	2930	2910	2890	2880	2860	2840
28	3210	3200	3180	3170	3150	3140	3120	3100	3090	3070	3060	3040	3030	3010	3000	2980	2960	2950	2930	2920
30	3240	3230	3220	3200	3190	3180	3160	3150	3140	3130	3110	3100	3090	3070	3060	3050	3030	3020	3010	3000

TABLA 4.5

DISTANCIA DISPOSITIVO DE TENSIONAMIENTO (CABLE SUSTENTADOR) - PUNTO FIJO (M)

Temperatura (°C)	Distancia Dispositivo de tensionamiento (Cable Sustentador) - Punto fijo (m)																			
	275	300	325	350	375	400	425	450	475	500	525	550	575	600	625	650	675	700	725	750
10	4060	4020	3980	3940	3900	3860	3820	3780	3750	3710	3670	3630	3590	3550	3510	3470	3430	3400	3360	3320
12	4090	4050	4010	3980	3940	3900	3870	3830	3790	3760	3720	3690	3650	3610	3580	3540	3500	3470	3430	3400
14	4110	4080	4050	4010	3980	3950	3910	3880	3840	3810	3780	3740	3710	3680	3640	3610	3570	3540	3510	3470
15	4130	4100	4060	4030	4000	3970	3930	3900	3870	3840	3800	3770	3740	3710	3670	3640	3610	3580	3540	3510
16	4140	4110	4080	4050	4020	3990	3960	3920	3890	3860	3830	3800	3770	3740	3710	3680	3640	3610	3580	3550
18	4170	4140	4110	4090	4060	4030	4000	3970	3940	3910	3890	3860	3830	3800	3770	3740	3710	3690	3660	3630
20	4200	4170	4150	4120	4100	4070	4040	4020	3990	3970	3940	3910	3890	3860	3840	3810	3780	3760	3730	3710
22	4230	4200	4180	4160	4130	4110	4090	4060	4040	4020	3990	3970	3950	3920	3900	3880	3850	3830	3810	3780
24	4260	4240	4220	4190	4170	4150	4130	4110	4090	4070	4050	4030	4010	3990	3970	3950	3920	3900	3880	3860
25	4270	4250	4230	4210	4190	4170	4150	4130	4120	4100	4080	4060	4040	4020	4000	3980	3960	3940	3920	3900
26	4290	4270	4250	4230	4210	4190	4180	4160	4140	4120	4100	4090	4070	4050	4030	4010	3990	3980	3960	3940
28	4310	4300	4280	4270	4250	4240	4220	4200	4190	4170	4160	4140	4130	4110	4100	4080	4060	4050	4030	4020
30	4340	4330	4320	4300	4290	4280	4260	4250	4240	4230	4210	4200	4190	4170	4160	4150	4130	4120	4110	4100

34. Verificar el funcionamiento de las cuerdas (número de bobinas) en las dos ruedas, según temperatura y longitud de tramo, donde a temperatura media, las cuerdas de la rueda mayor y menor, deben tener cierta cantidad de vueltas y las columnas de contrapesos deben estar en la mitad de su campo de regulación, pero si la temperatura es superior a la temperatura media, y hay una mayor longitud de tramo, entonces debido a la dilatación del hilo de contacto, aumenta el número de vueltas de la rueda menor y disminuye el número de vueltas de la rueda mayor, en cambio, si la temperatura es inferior a la temperatura media, y hay una menor longitud de tramo, entonces debido a la contracción del hilo de contacto, disminuye el número de vueltas de la rueda menor y aumenta el número de vueltas de la rueda mayor.

35. Verificar la posición de los cables en todas las ruedas, mediante un chequeo visual.

➤ **AISLADORES DE SECCIÓN**

36. Verificar la correcta nivelación del aislador de sección, el cual debe quedar con el mismo peralte que la vía, utilizándose para la verificación el nivel de agua. El peralte es la diferencia de altura entre un riel y otro en vía curva (en vía recta ambos rieles deben tener el mismo nivel).

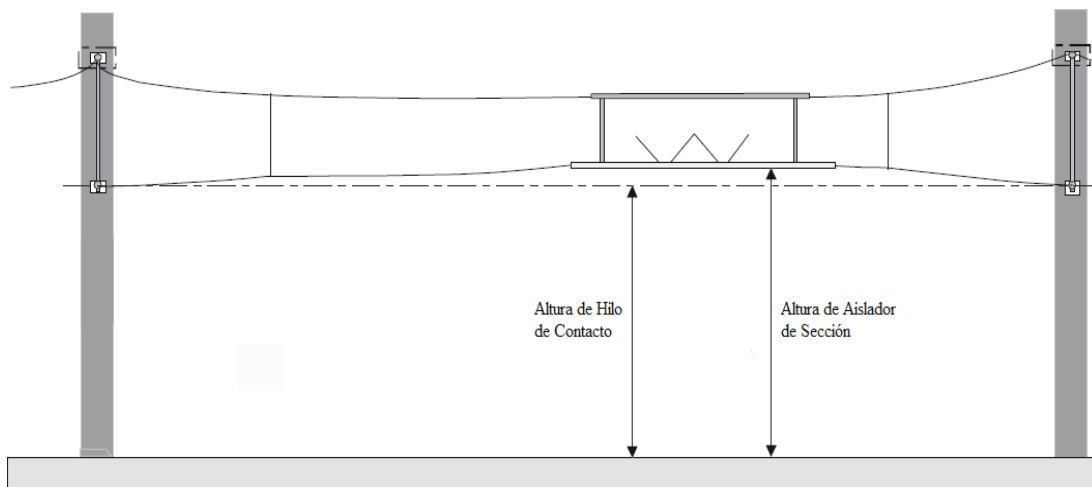


FIGURA 4.13

➤ **SECCIONADORES**

37. Verificar el correcto funcionamiento de apertura y cierre del seccionador, el cual no debe tener una resistencia excesiva en las cuchillas de contacto.

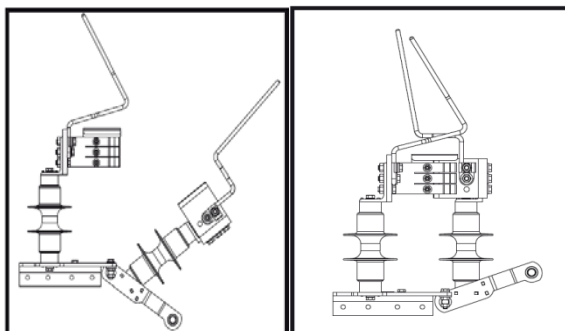


FIGURA 4.14

38. Verificar el accionamiento del seccionador, el cual está colocado en la parte inferior del poste. El mismo debe accionar correctamente a todo el conjunto. El accionamiento es motorizado con opción de operación manual.

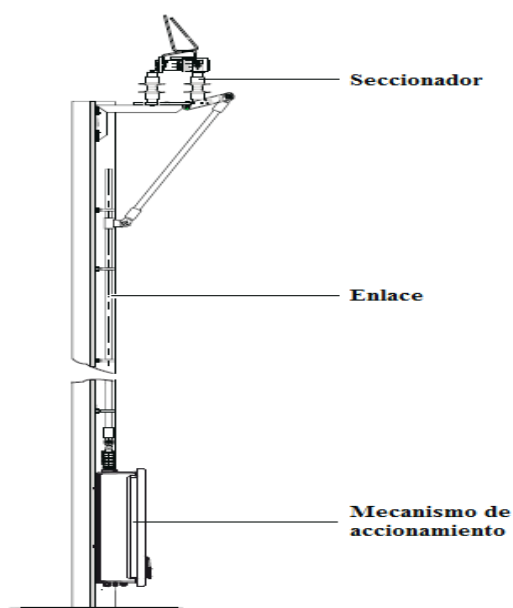


FIGURA 4.15

➤ **PARARRAYOS**

39. Verificar la correcta ubicación y conexión del pararrayo, de acuerdo con los planos de ubicación de postes y plano de conexión del pararrayo al pozo de tierra (Ver Anexo 15-16).

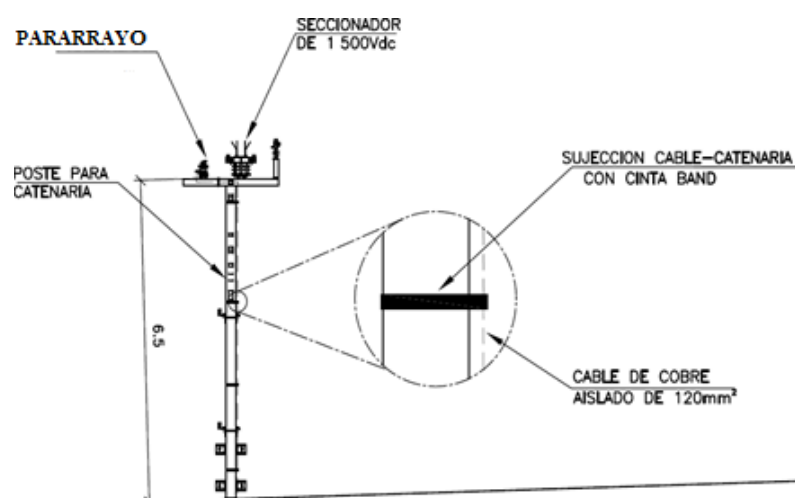


FIGURA 4.16

➤ PÉNDOLAS Y CONEXIONES EQUIPOTENCIALES

40. Verificar que los puentes sean del tipo correcto, tengan la capacidad de desplazamiento adecuada, estén colocados y conectados adecuadamente, de acuerdo con los planos de conductores de enlace (120 mm²) para vano paralelo, y considerar que no sean demasiado cortos, ya que afectaría el desplazamiento de catenarias entre sí, por un cambio de temperatura (Ver Anexo 17-19).

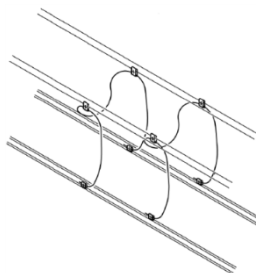


FIGURA 4.17

41. Verificar la correcta instalación y disposición de las péndolas, de acuerdo con los planos de configuración de péndolas, mediante un chequeo visual (Ver Anexo 20-21).

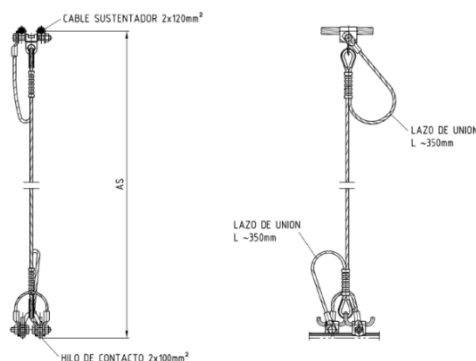


FIGURA 4.18

42. Verificar que los hilos de péndolas y conexiones equipotenciales se encuentran en buen estado, mediante un chequeo visual. La conexión equipotencial asegura la continuidad eléctrica y la capacidad para conducir con seguridad la corriente.

➤ **CABLES**

43. Verificar que el hilo de contacto no esté doblado, enrollado, ni dañado, mediante un chequeo visual.

44. Verificar que el cable sustentador no tenga fibras dañadas, mediante un chequeo visual.

45. Verificar que el cable de tierra se encuentre en buen estado y con todas sus fijaciones, mediante un chequeo visual.

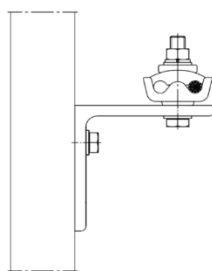


FIGURA 4.19

➤ **CAMBIAVÍAS**

46. Verificar la correcta disposición, mediante un chequeo visual.

4.2.2. Pruebas eléctricas

a) CONSIDERACIONES

Instrumentos de Medición en buen estado.

47. Megohmetro

48. Multímetro Digital

49. Telurómetro

Los equipos están debidamente calibrados según las normas ISO/IEC 17025 y ANSI/NCS L-540.

b) PRUEBAS

Verificar los Protocolos de Pruebas.

PROTOCOLO DE PRUEBAS DE CONTINUIDAD

PRUEBA	VALOR MULTÍMETRO [Ω]	OBSERVACIONES
1	0.05	
2	0.15	
3	0.1	
4	0.2	

PROTOCOLO DE PRUEBAS DE AISLAMIENTO

PRUEBA	TIEMPO [s]	TENSION DE PRUEBA [kV]	VALOR MEGGER [MΩ]	OBSERVACIONES
1	60	5	125	
2	60	5	433	
3	60	5	165	
4	60	5	231	

PROTOCOLO DE RESISTENCIA A TIERRA DE LOS PARARRAYOS

POSTE CON PARARRAYOS	RESISTENCIA [Ω]	OBSERVACIONES
12-30	5.7	
12-31	7.5	
12-40	6.3	
12-43	8.1	
17-02	7.1	
17-06	8.3	
17-13	5.3	
17-17	6.5	
19-40	5.5	
19-41	8.5	
19-50	7.3	
20-03	6.1	

c) ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA VERIFICACIÓN DE LAS PRUEBAS ELÉCTRICAS

La Verificación de las Pruebas Eléctricas se detalla a continuación:

➤ PRUEBAS DE CONTINUIDAD

Antes de energizar la catenaria, se debe controlar la continuidad de los hilos de contacto y de los cables sustentadores. Se realizará una verificación por sección y por vía.

La continuidad de dichos cables se verifica mediante un Multímetro Digital:

Se conecta el multímetro entre riel / cable de tierra y el hilo de contacto / cable sustentador en un extremo de una sección de catenaria. En el otro extremo se conecta entre hilo de contacto / cable sustentador y riel / cable de tierra.

Se verifica que aparezca un valor de resistencia próximo a cero para una longitud aproximada de 4000 m. del circuito catenaria-vía o catenaria-tierra entre extremos de la sección.

Las medidas se registrarán en el protocolo correspondiente. Las verificaciones de continuidad se realizarán previas a la verificación de aislamiento.

➤ **PRUEBAS DE AISLAMIENTO**

Antes de energizar la catenaria, se debe controlar el aislamiento de los hilos de contacto y de los cables sustentadores contra el cable de tierra mediante un Megohmetro. Se realizará una prueba por sección y por vía.

Se aplicará el voltaje 5 kV durante aproximadamente 1 minuto. La lectura del Megohmetro debe ser como mínimo 5 M Ω para una longitud aproximada de 4000 m. durante condiciones de tiempo seco, siendo este valor mínimo de lectura una recomendación del proveedor, y satisface lo recomendado en la tabla 6A de la norma IEC 60364-6, donde se indica que el valor de lectura debe ser mínimo 1 M Ω para tensiones superiores a 0.5 kV. Las medidas se registrarán en el protocolo correspondiente.

La prueba debe ser hecha entre tierra y el hilo de contacto / cable sustentador.

Si la longitud de tensión se divide en dos secciones por un aislador de sección, ambas secciones deben ser megadas separadamente.

Como precondiciones se debe verificar que los seccionadores de acoplamiento de los aisladores de sección están abiertos. Adicionalmente se deben desconectar los pararrayos y se deben retirar las pértigas a tierra.

Precaución: Debe tomarse precaución absoluta para que ninguna persona toque los cables vivos durante el megado.

➤ **RESISTENCIA A TIERRA DE LOS PARARRAYOS**

La resistencia a tierra de los pararrayos se mide mediante un Telurómetro.

La resistencia medida aceptada debe ser menor de 15Ω , de acuerdo con la resistencia del pozo de tierra correspondiente, cumpliendo lo establecido en el ítem 036.D del Código Nacional de Electricidad - Suministro 2011 (Publicado el 05 de Mayo de 2011), donde se indica que el valor de la resistencia a tierra no debe exceder los 25Ω .

4.2.3. Pruebas del sistema de catenarias

a) CONSIDERACIONES

Se consideró las Herramientas e Instrumentos de Medición.

b) PRUEBA

Se verificó los Protocolos Iniciales y de Pruebas.

c) LOGRO

Se verificó las Pruebas del Sistema de Catenarias.

4.3. INSTALACIÓN Y PRUEBAS DEL SISTEMA DE CATENARIAS

4.3.1. Consideraciones finales

Se consideró los Esquemas de Montaje, Protocolos de Instalación y Herramientas e Instrumentos de Medición.

4.3.2. Prueba final

Se verificó los Tipos de Soporte, Postes, Ménsulas, Secciones de Conductores Aéreos, Protocolos Iniciales y de Pruebas.

4.3.3. Logro final

Se obtuvo la Instalación y Verificación de las Pruebas del Sistema de Catenarias en el Tren Eléctrico de Lima.

CONCLUSIONES

1. El Diagrama Medios - Fines es una herramienta que permite validar el logro final del objetivo general.
2. Las charlas diarias de seguridad previa a los trabajos de campo, resaltan la importancia de trabajar con precaución y así evitar los accidentes.
3. El tiempo para la ejecución de la instalación y el desarrollo de las pruebas mecánicas y eléctricas del sistema de catenarias fue limitado, por lo que el trabajo en equipo contribuyó al cumplimiento del objetivo.
4. Realizado los Esquemas de Montaje, Protocolos de Instalación y Protocolos de Pruebas del Sistema de Catenarias, concluimos que es factible realizar la integración del Sistema de Catenarias con los sistemas complementarios para la puesta en servicio del Tren Eléctrico de Lima.
5. La culminación del primer tramo del Tren Eléctrico de Lima, fue el punto de partida para la construcción del segundo tramo, y su posterior integración hará que mejore la Situación del Transporte Urbano en el Perú.

RECOMENDACIONES

1. Cumplir los Procedimientos y Protocolos de manera rigurosa, ya que permitirá implementar un sistema con alta confiabilidad y seguridad.
2. No realizar trabajos en las instalaciones de la catenaria sin antes haberlas desconectado de forma confiable y haberlas puesto a tierra.
3. Utilizar el equipo de protección personal necesario para trabajos en altura, como el arnés de seguridad, zapatos de seguridad, casco protector con barbiquejo, guantes, chaleco reflectivo y lentes de seguridad.
4. Establecer un plan de mantenimiento preventivo y correctivo del sistema de catenarias, con la finalidad de aprovechar al máximo la vida útil de los equipos y/o materiales.
5. Continuar la ejecución de las demás líneas del Tren Eléctrico de Lima, ya que es un Sistema de Transporte Masivo rápido y eficiente, que mejorar Situación del Transporte Urbano en el Perú.

BIBLIOGRAFÍA

1. Código Nacional de Electricidad, Suministro 2011.
2. Norma IEC 60364 - 6, Instalaciones Eléctricas en Baja Tensión
3. Manual de Operación del Sistema de Catenarias del Consorcio Tren Eléctrico - Lima.
4. Procedimientos y Protocolos de Montaje del Sistema de Catenarias del Consorcio Tren Eléctrico - Lima.
5. Procedimientos y Protocolos de Pruebas del Sistema de Catenarias del Consorcio Tren Eléctrico - Lima.
6. Informe Técnico del Sistema de Catenarias del Consorcio Tren Eléctrico - Lima.
7. Memoria y Diseño del Sistema de Catenarias del Consorcio Tren Eléctrico - Lima.

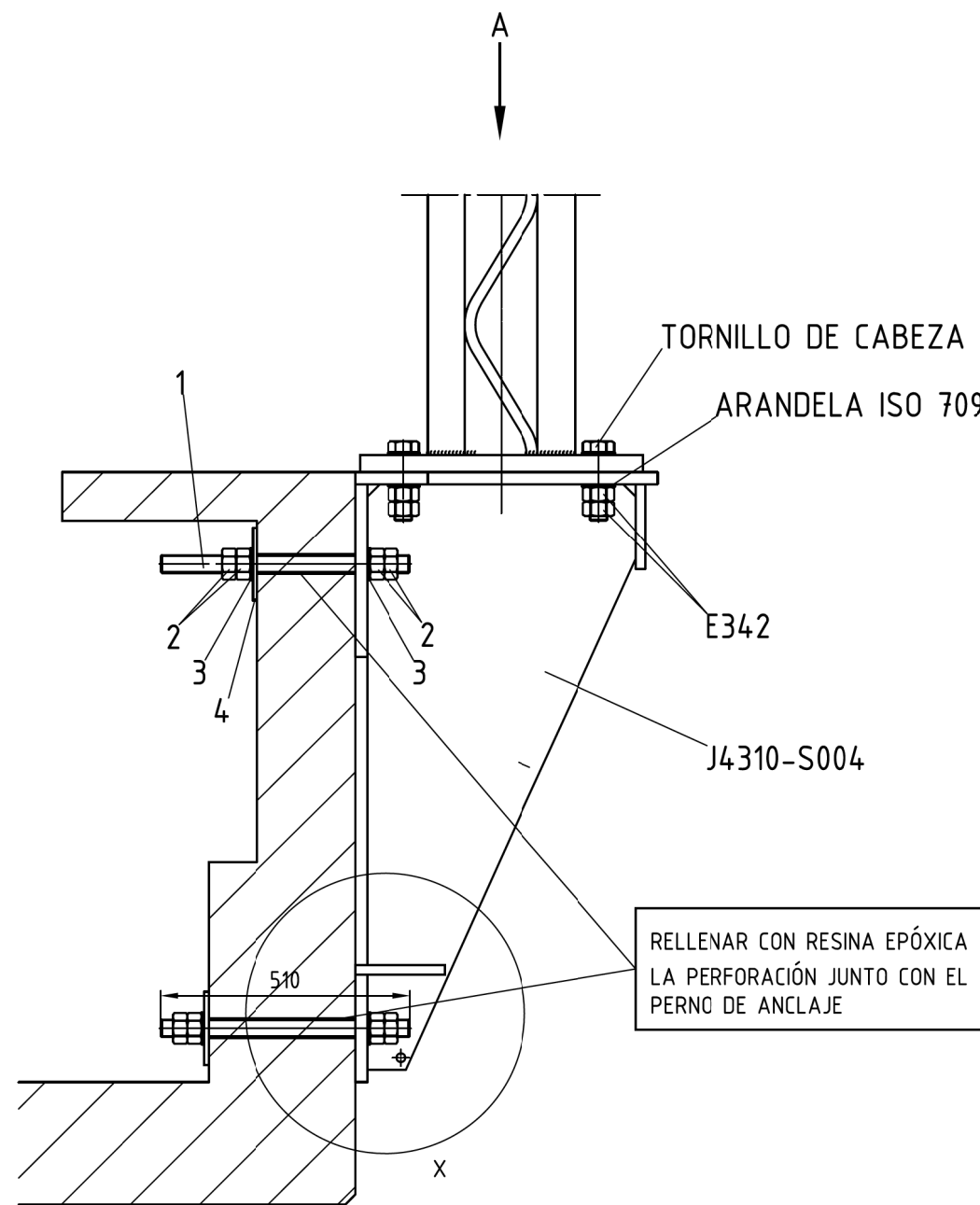
ANEXOS

A continuación se indican los anexos usados en el presente informe:

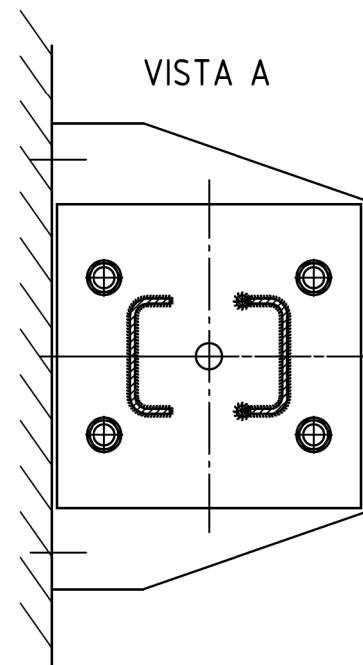
- | | |
|-----------------|---|
| Anexo 01 | Sujeción para poste especial y regular para tramo J |
| Anexo 02 | Sujeción para poste regular para nuevos tramos |
| Anexo 03 | Sujeción para poste especial para nuevos tramos |
| Anexo 04 | Leyenda |
| Anexo 05 | Plano de Emplazamiento de Postes Tramo J 9,000 - 9,300 |
| Anexo 06 | Plano de Emplazamiento de Postes Tramo J 10,500 - 10,800 |
| Anexo 07 | Plano de Emplazamiento de Postes Tramo L 11,700 - 12,000 |
| Anexo 08 | Plano de Emplazamiento de Postes Tramo SC 12,600 - 12,900 |
| Anexo 09 | Plano de Emplazamiento de Postes Tramo C 14,400 - 14,700 |
| Anexo 10 | Plano de Emplazamiento de Postes Tramo C 15,600 - 15,900 |
| Anexo 11 | Plano de Emplazamiento de Postes Tramo E 17,100 - 17,400 |
| Anexo 12 | Plano de Emplazamiento de Postes Tramo F 18,900 - 19,200 |
| Anexo 13 | Plano de Emplazamiento de Postes Tramo G 19,800 - 20,100 |
| Anexo 14 | Plano de Emplazamiento de Postes Tramo G-1 21,300 - 21,600 |
| Anexo 15 | Plano Típico de Aterramiento de Descargadores de Tensión - 001 |
| Anexo 16 | Plano Típico de Aterramiento de Descargadores de Tensión - 002 |
| Anexo 17 | Conductores Equipotenciales, Cambios de Vía 2x120 mm ² |
| Anexo 18 | Conductores de Enlace para Vano Paralelo, Catenaria Doble 4x120 mm ² |

- Anexo 19** Conductores de Enlace para Vano Paralelo, Catenaria Simple 2x120 mm²
- Anexo 20** Péndola Resistente a la Corriente 2xHC y 2xCS
- Anexo 21** Péndola Resistente a la Corriente 1xHC y 1xCS

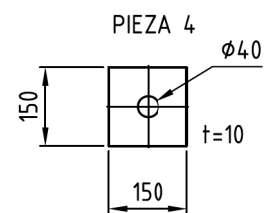
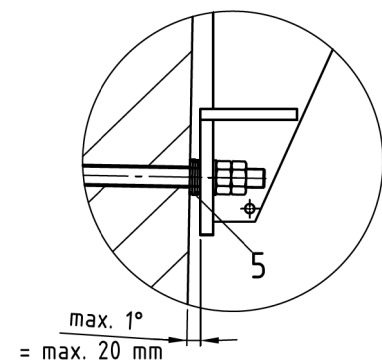
Al integrarse esta unidad constructiva en la instalación global, han de respetarse las bases de seguridad eléctrica y mecánica, como también la documentación entregada.
 Está prohibido pasar o reproducir este documento como su utilización y la comunicación del contenido, salvo se haya autorizado expresamente.
 El incumplimiento de estas condiciones llevará a asumir la responsabilidad por los daños. Se reservan todos los derechos de patente, de registro de modelo de uso o de diseño.



VISTA A



DETALLE X CON GRADIENTE



VOLUMEN DE ENTREGA SIEMENS PERÚ:

MATERIAL :

- PIEZA 1: 4x ESPÁRRAGO ROSCADO DIN 976-1-M36x510-B-8.8 1)
- PIEZA 2: 16x TUERCA ISO 4032-M36-8.8 1)
- PIEZA 3: 8x ARANDELA ISO 7090-36-200HV 1)
- PIEZA 4: 4x CHAPA 10x150x150 DIN EN 10029 - S235JR 2)
- PIEZA 5: ARANDELA ISO 7090-36-200HV 1) SEGUN LAS NECESIDADES

- 1) GALVANIZADO SEGUN DIN EN ISO 10684
- 2) TRAS TALADRADO CAPA DE ZINC SEGUN DIN EN ISO 1461 - t Zn o (MIN. 120µm PROMEDIO, 100µm PUNTUAL)

TOLERANCIAS:
 TODAS LAS DIMENSIONES SIN TOLERANCIAS
 SEGUN DIN ISO 2768-c Y DIN EN ISO 13920-BF

PARES DE APRIETE
 SEGUN PLANO CTEL-SIE-ELT-CLP-DWG-53776

ESTE DIBUJO FUE HECHO CON COMPUTADORA Y NO HACE FALTA SER FIRMADO.
 ESTE DIBUJO NO DEBE DE CAMBIARSE MANUALMENTE.

LISTA DE EQUIPOS:	C.4846-EL-B1900-S020
CÓDIGO DE ORIGEN:	C.4846-EL-B1900-S020

PLANO CLAVE

LEYENDA

No/as:

--	--	--	--

Referencias:

--	--	--	--	--

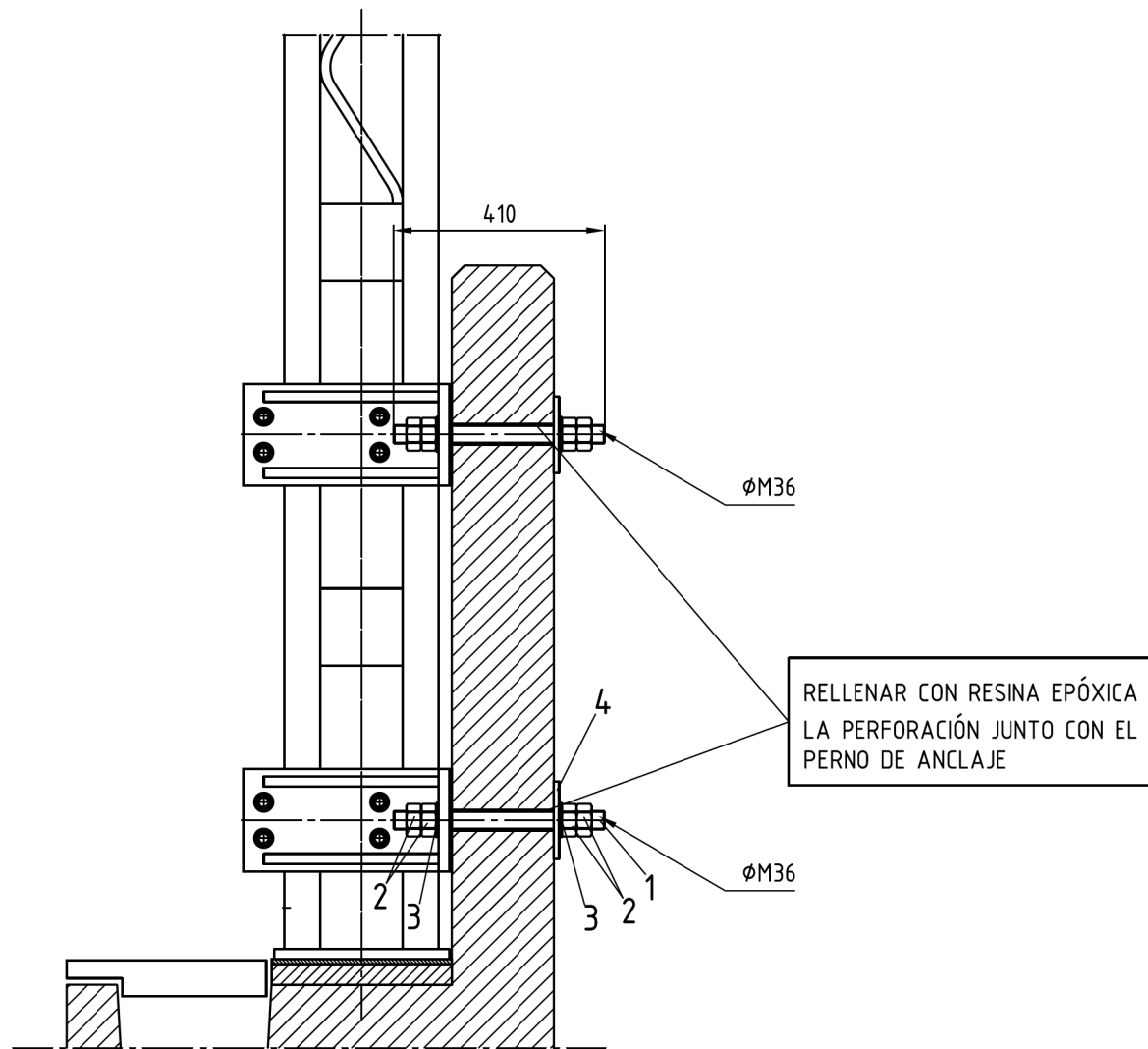
Supervisión:	APROBADO SIN COMENTARIOS	Cód. 1	Firma:
CEBEL INGENIEROS	APROBADO CON COMENTARIOS	Cód. 2	
PÓVRY	REVISAR Y REENVIAR	Cód. 3	

0A	05/11/10	EMITIDO PARA REVISION	SIE	SIE	MPE	SPD	
Rev.	Fecha	Descripcion de la revision	ELABOR.	DISEÑO	REVIS.	APROB.	

 AATE MTCS	 CONSORCIO TREN ELÉCTRICO	 SIEMENS
---	--	--

Proyecto:	EJECUCION DE LAS OBRAS CIVILES Y ELECTROMECANICAS DEL SISTEMA ELECTRICO DE TRANSPORTE MASIVO DE LIMA Y CALLAO LINEA 1: TRAMO VILLA EL SALVADOR - AVENIDA GRAU																					
Código:	C	T	E	L	S	I	E	E	L	T	C	L	P	D	W	G	5	3	7	9	2	0A
Plano:	SUJECIÓN PARA POSTE ESPECIAL Y REGULAR PARA TRAMO J																					
Escala:	1:10																					

Al integrarse esta unidad constructiva en la instalación global, han de respetarse las bases de seguridad eléctrica y mecánica, como también la documentación entregada. Está prohibido pasar o reproducir este documento como su utilización y la comunicación del contenido, salvo se haya autorizado expresamente. El incumplimiento de estas condiciones llevará a asumir la responsabilidad por los daños. Se reservan todos los derechos de patente, de registro de modelo de uso o de diseño.



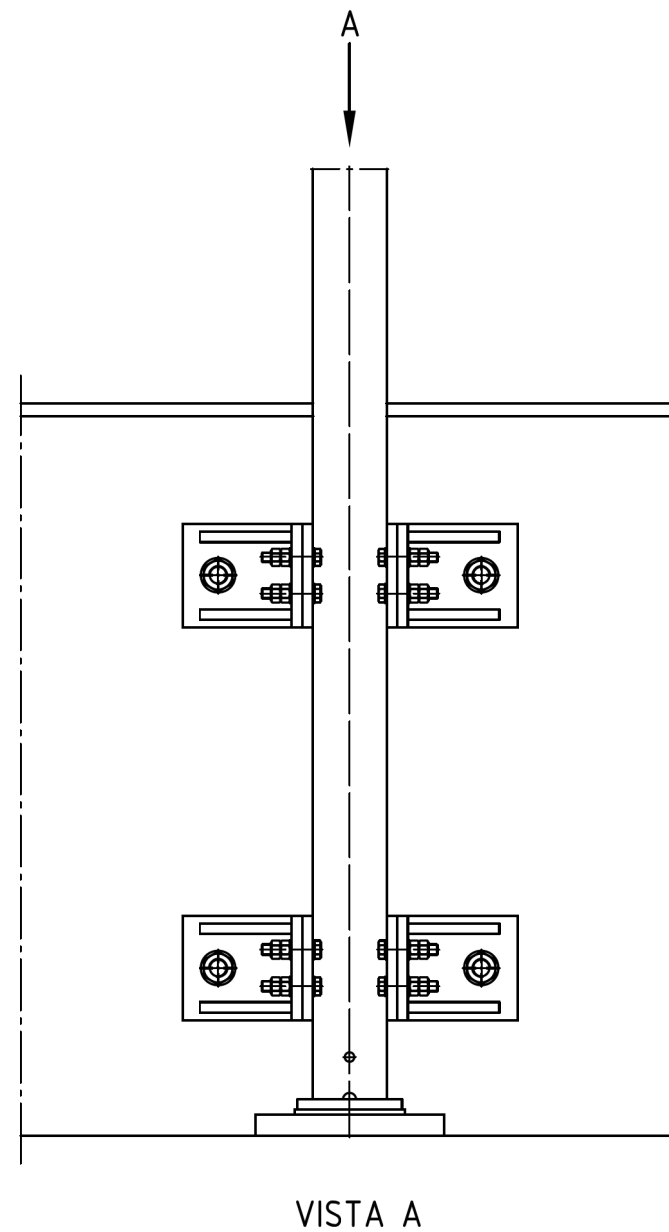
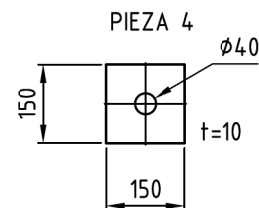
VOLUMEN DE ENTREGA SIEMENS PERÚ:

MATERIAL :

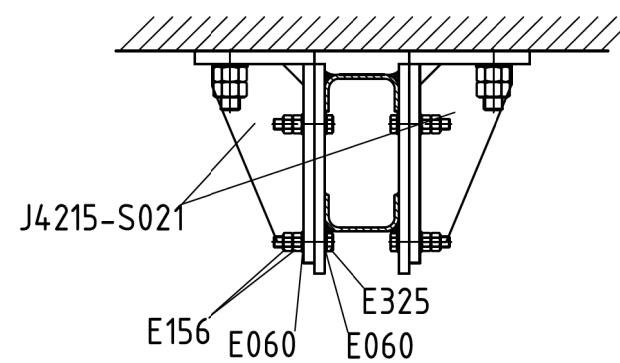
- PIEZA 1: 4x ESPÁRRAGO ROSCADO DIN 976-1-M36x410-B-8.8 1)
- PIEZA 2: 16x TUERCA ISO 4032-M36-8.8 1)
- PIEZA 3: 8x ARANDELA ISO 7090-36-200HV 1)
- PIEZA 4: 4x CHAPA 10x150x150 DIN EN 10029 - S235JR 2)

- 1) GALVANIZADO SEGUN DIN EN ISO 10684
- 2) TRAS TALADRADO CAPA DE ZINC SEGUN DIN EN ISO 1461 - t Zn o (MIN. 120µm PROMEDIO, 100µm PUNTUAL)

TOLERANCIAS:
TODAS LAS DIMENSIONES SIN TOLERANCIAS
SEGUN DIN ISO 2768-c



VISTA A
SOPORTE PARA POSTE NORMAL



PARES DE APRIETE
SEGUN PLANO CTEL-SIE-ELT-CLP-DWG-53776

ESTE DIBUJO FUE HECHO CON COMPUTADORA Y NO HACE FALTA SER FIRMADO.
ESTE DIBUJO NO DEBE DE CAMBIARSE MANUALMENTE.

LISTA DE EQUIPOS:	C.4846-EL-B1900-S018
CÓDIGO DE ORIGEN:	C.4846-EL-B1900-S018

PLANO CLAVE

LEYENDA

NoTas:

Referencias:

Supervisión:	APROBADO SIN COMENTARIOS	Cód. 1	Firma:
CEBEL INGENIEROS	APROBADO CON COMENTARIOS	Cód. 2	
PÓVRY	REVISAR Y REENVIAR	Cód. 3	

Rev.	Fecha	Descripción de la revisión	ELABOR.	DISEÑO	REVIS.	APROB.
0A	05/11/10	EMITIDO PARA REVISION	SIE	SIE	MPE	SPD

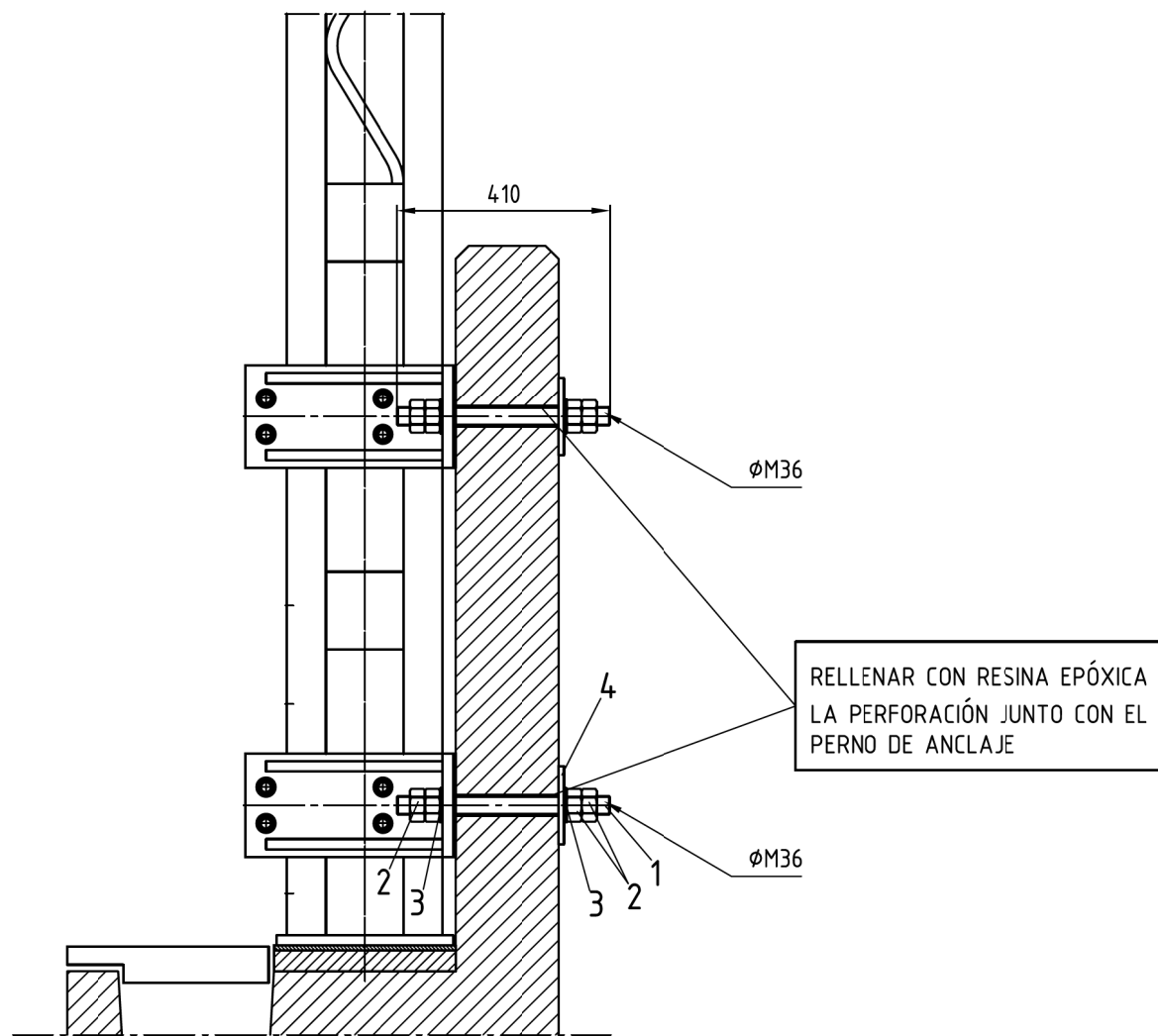
Cliente:	Contratista:	Proyectista:
MTCS	CONSORCIO TREN ELÉCTRICO	SIEMENS

Proyecto: EJECUCION DE LAS OBRAS CIVILES Y ELECTROMECANICAS DEL SISTEMA ELECTRICO DE TRANSPORTE MASIVO DE LIMA Y CALLAO LINEA 1: TRAMO VILLA EL SALVADOR - AVENIDA GRAU

C	T	E	L	S	I	E	E	L	T	C	L	P	D	W	G	5	3	7	9	0	0A
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

Plano:	SUJECIÓN PARA POSTE REGULAR PARA NUEVOS TRAMOS	Escala:	1:10
--------	--	---------	------

Al integrarse esta unidad constructiva en la instalación global, han de respetarse las bases de seguridad eléctrica y mecánica, como también la documentación entregada. Está prohibido pasar o reproducir este documento como su utilización y la comunicación del contenido, salvo se haya autorizado expresamente. El incumplimiento de estas condiciones llevará a asumir la responsabilidad por los daños. Se reservan todos los derechos de patente, de registro de modelo de uso o de diseño.



VOLUMEN DE ENTREGA SIEMENS PERÚ:

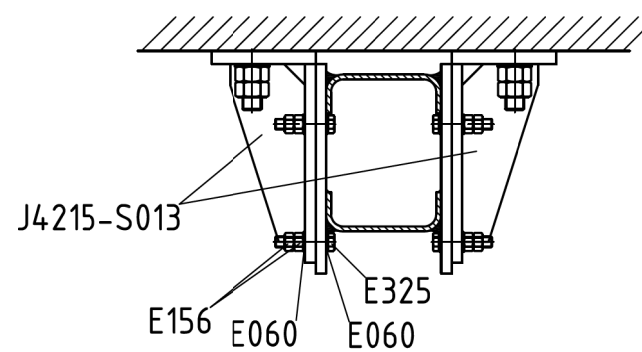
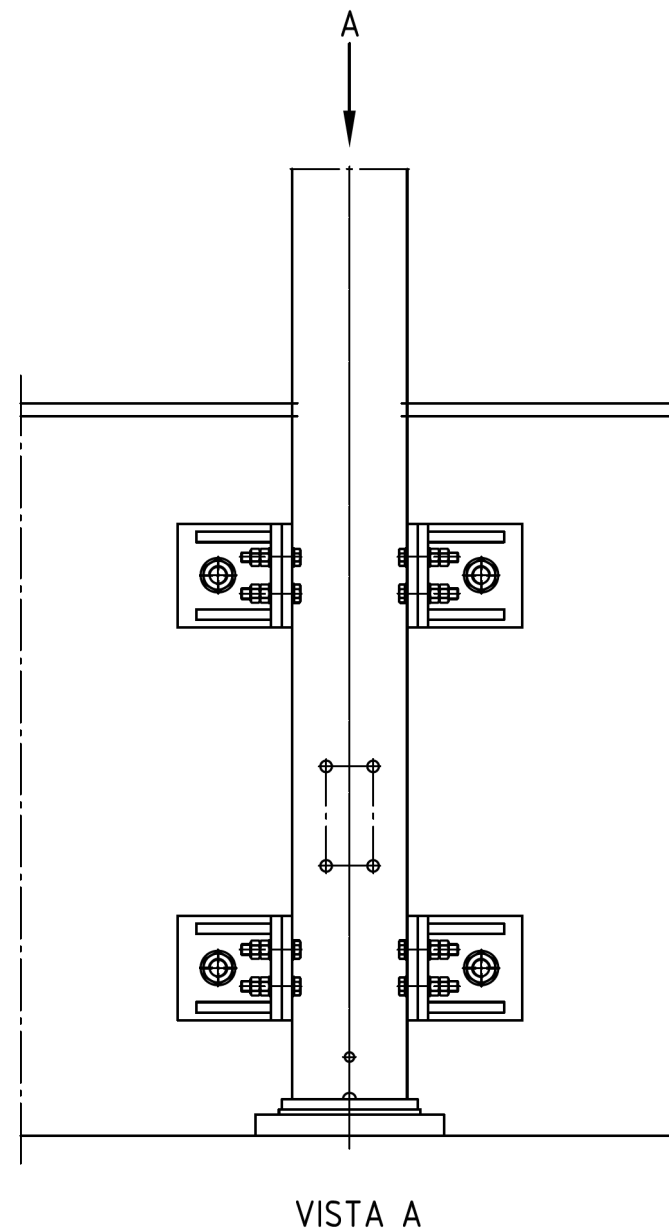
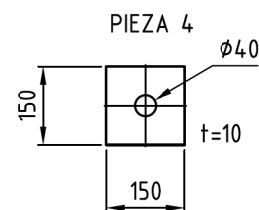
MATERIAL :

- PIEZA 1: 4x ESPÁRRAGO ROSCADO DIN 976-1-M36x410-B-8.8 1)
- PIEZA 2: 16x TUERCA ISO 4032-M36-8.8 1)
- PIEZA 3: 8x ARANDELA ISO 7090-36-200HV 1)
- PIEZA 4: 4x CHAPA 10x150x150 DIN EN 10029 - S235JR 2)

1) GALVANIZADO SEGUN DIN EN ISO 10684

2) TRAS TALADRADO CAPA DE ZINC SEGUN DIN EN ISO 1461 - t Zn o (MIN. 120µm PROMEDIO, 100µm PUNTUAL)

TOLERANCIAS:
TODAS LAS DIMENSIONES SIN TOLERANCIAS
SEGUN DIN ISO 2768-c



PARES DE APRIETE
SEGUN PLANO CTEL-SIE-ELT-CLP-DWG-53776

ESTE DIBUJO FUE HECHO CON COMPUTADORA Y NO HACE FALTA SER FIRMADO.
ESTE DIBUJO NO DEBE DE CAMBIARSE MANUALMENTE.

LISTA DE EQUIPOS:
C.4846-EL-B1900-S019
CÓDIGO DE ORIGEN:
C.4846-EL-B1900-S019

PLANO CLAVE

LEYENDA

Notas:

Referencias:

Supervisión:	APROBADO SIN COMENTARIOS	Cód. 1	Firma:
CEBEL INGENIEROS	APROBADO CON COMENTARIOS	Cód. 2	
PÓYRY	REVISAR Y REENVIAR	Cód. 3	

OA	05/11/10	EMITIDO PARA REVISION	SIE	SIE	MPE	SPD
Rev.	Fecha	Descripcion de la revision	ELABOR	DISEÑO	REVIS.	APROB.

Cliente:	Contratista:	Proyectista:
MTCS	CONSORCIO TREN ELÉCTRICO	SIEMENS

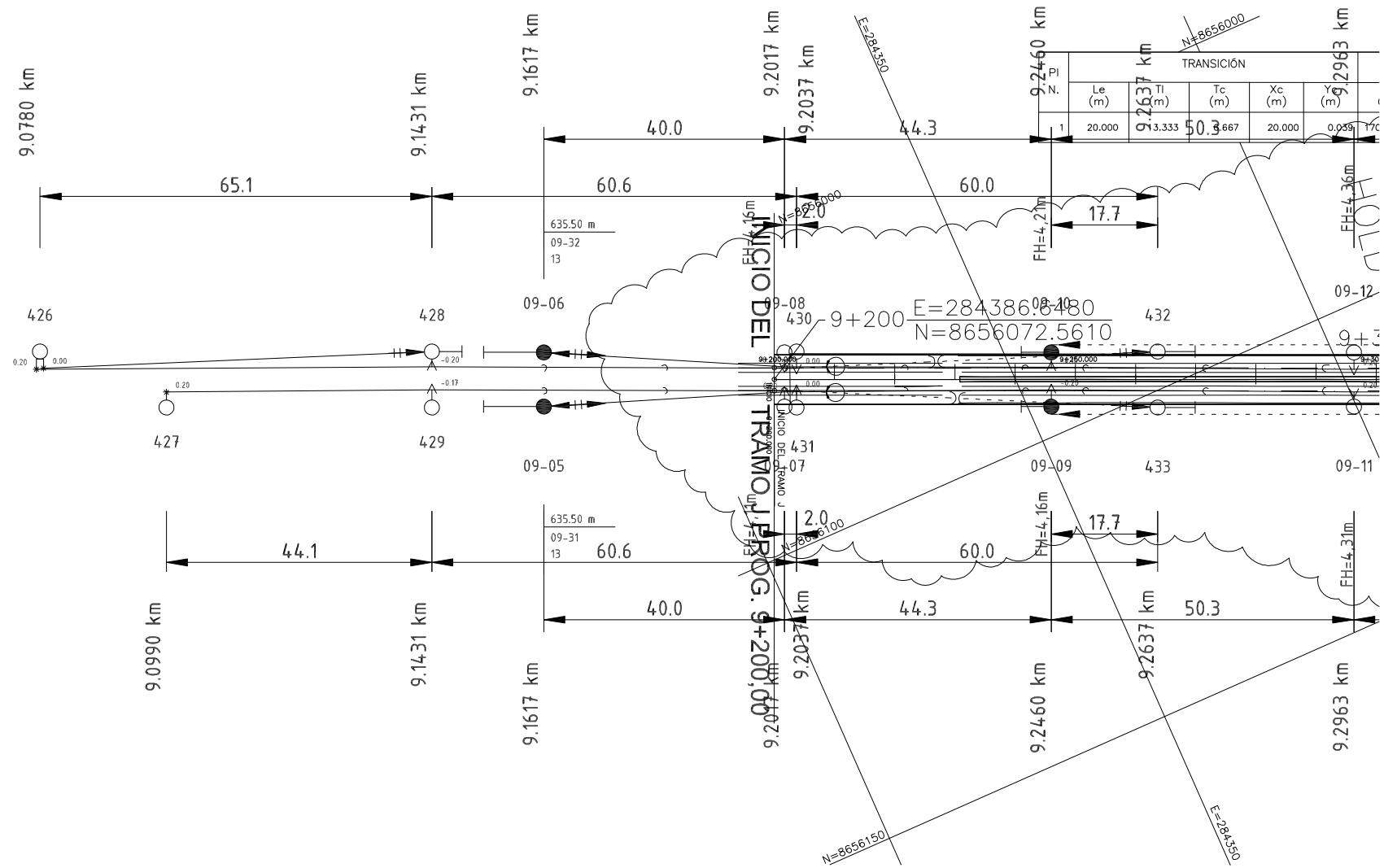
Proyecto: EJECUCION DE LAS OBRAS CIVILES Y ELECTROMECANICAS DEL SISTEMA ELECTRICO DE TRANSPORTE MASIVO DE LIMA Y CALLAO LINEA 1: TRAMO VILLA EL SALVADOR - AVENIDA GRAU

C	T	E	L	S	I	E	E	L	T	C	L	P	D	W	G	5	3	7	9	1	OA
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

Plano: SUJECIÓN PARA POSTE ESPECIAL PARA NUEVOS TRAMOS

Escala: 1:10

PLANO LLAVE



LEYENDA

ver plano CTEL-SIE-ELT-CLP-DWG-62849

Notas:

Referencias:

Supervisión:	APROBADO SIN COMENTARIOS	Cód. 1	Firmac
	APROBADO CON COMENTARIOS	Cód. 2	
	REVISAR Y REENVIAR	Cód. 3	

01	24-Nov-10	APROBADO PARA CONSTRUCCION	SIE	SIE	MPE	SPD
0A	22-Jul-10	EMITIDO PARA REVISIÓN	SIE	SIE	MPE	SPD
Rev.	Fecha DD/MM/AA	Descripción de la revisión	ELABOR.	DISEÑO	REVIS.	APROB.

Cliente: **MTC** (Ministerio de Transportes y Comunicaciones)

Contratista: **CONSORCIO TREN ELÉCTRICO**

Proyectista: **SIEMENS**

Proyecto: EJECUCION DE LAS OBRAS CIVILES Y ELECTROMECANICAS DEL SISTEMA ELECTRICO DE TRANSPORTE MASIVO DE LIMA Y CALLAO LINEA 1: TRAMO VILLA EL SALVADOR - AVENIDA GRAU

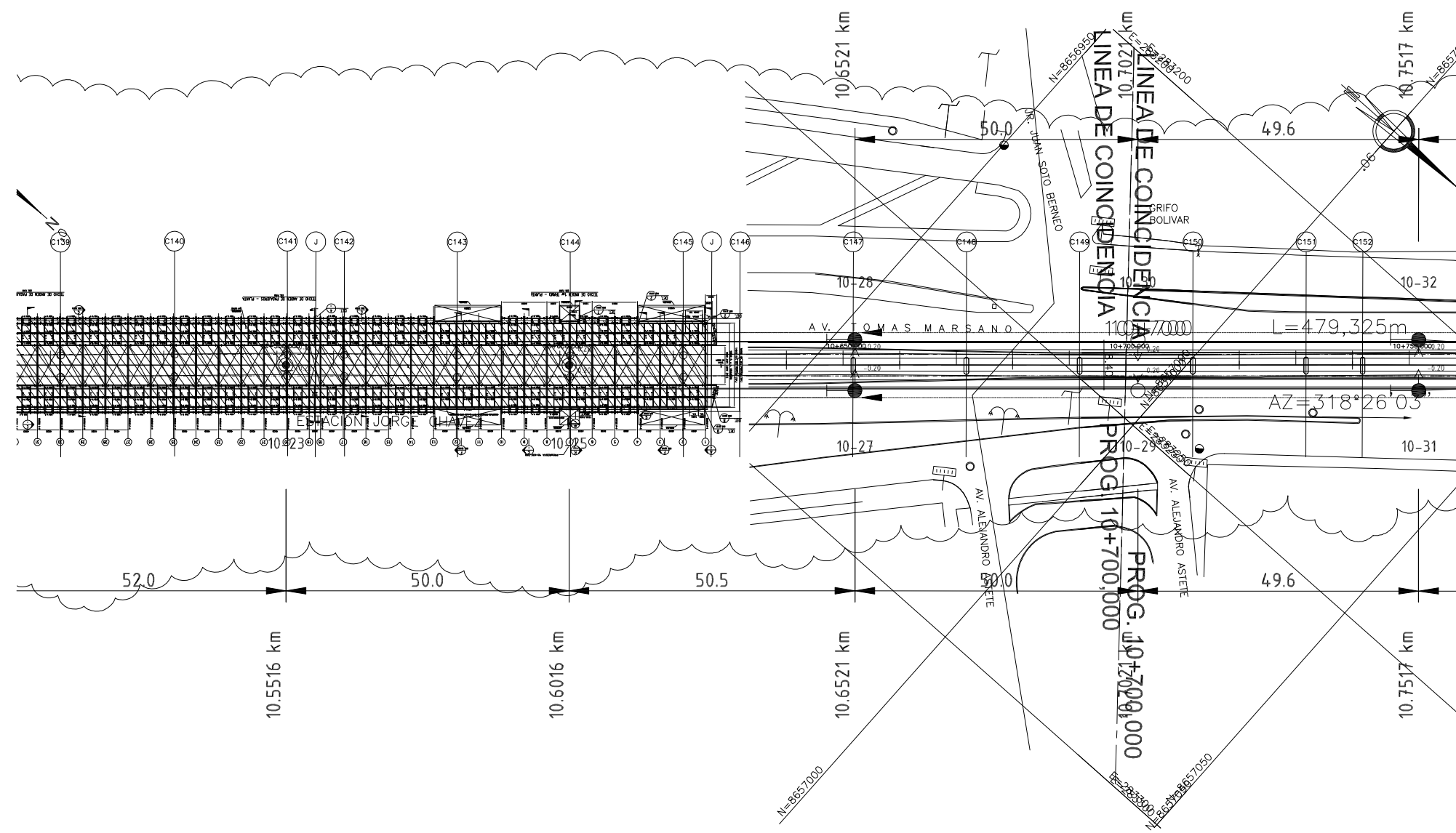
C	T	E	L	S	I	E	E	L	T	C	L	P	D	W	G	5	3	6	8	6	0	1
Plano: PLANO DE EMPLAZAMIENTO DE POSTES TRAMO J																						
Escala: 1/500																						

Al integrarse esta unidad constructiva en la instalación global, han de respetarse las básicas de seguridad eléctrica y mecánica, como también la documentación entregada. Está prohibido pasar o reproducir este documento como su utilización y la comunicación del contenido, salvo se haya autorizado expresamente. El incumplimiento de estas condiciones llevará a asumir la responsabilidad por los daños. Se reservan todos los derechos de patente, de registro de modelo de uso o de diseño.

ESTE DIBUJO FUE HECHO CON COMPUTADORA Y NO HACE FALTA SER FIRMADO. ESTE DIBUJO NO DEBE DE CAMBIARSE MANUALMENTE.

CÓDIGO DE ORDEN: C4846-EL-Z1100-M001

PLANO LLAVE



LEYENDA

ver plano CTEL-SIE-ELT-CLP-DWG-62849

Notas:

Referencias:

Supervisión:	CONSORCIO	APROBADO SIN COMENTARIOS	Cód. 1	Firmac
	CEBEL INGENIEROS	APROBADO CON COMENTARIOS	Cód. 2	
	PÖYRY	REVISAR Y REENVIAR	Cód. 3	

O1	24-Nov-10	APROBADO PARA CONSTRUCCION	SIE	SIE	MPE	SPD
OA	22-Jul-10	EMITIDO PARA REVISIÓN	SIE	SIE	MPE	SPD
Rev.	Fecha DD/MM/AA	Descripción de la revisión	ELABOR.	DISEÑO	REVIS.	APROB.

Cliente: **MTC** (Ministerio de Transportes y Comunicaciones)

Contratista: **CONSORCIO TREN ELÉCTRICO**

Proyectista: **SIEMENS**

Proyecto: EJECUCION DE LAS OBRAS CIVILES Y ELECTROMECANICAS DEL SISTEMA ELECTRICO DE TRANSPORTE MASIVO DE LIMA Y CALLAO LINEA 1: TRAMO VILLA EL SALVADOR - AVENIDA GRAU

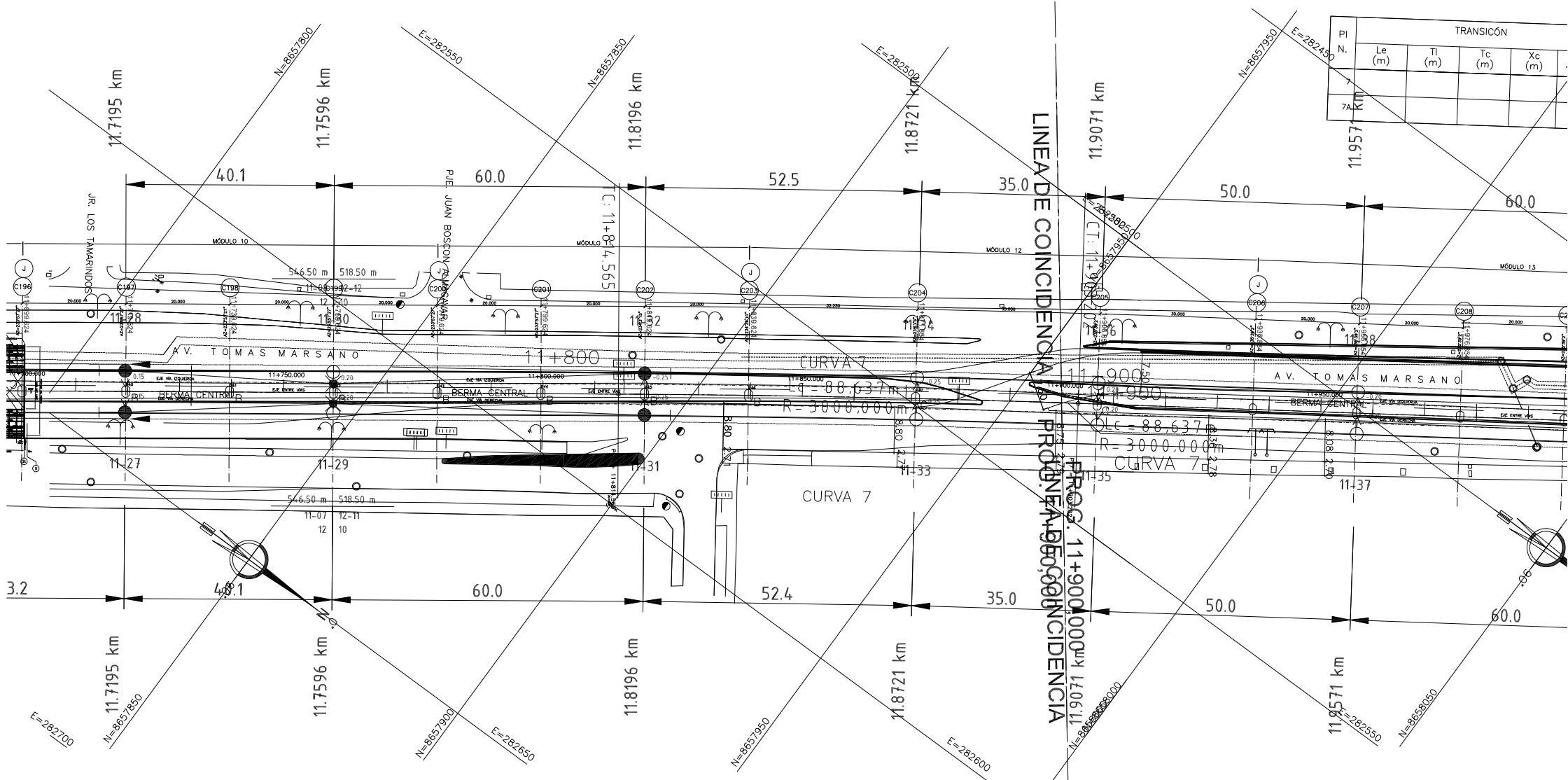
C	T	E	L	S	I	E	E	L	T	C	L	P	D	W	G	5	3	6	9	1	0	1
Plano: PLANO DE EMPLAZAMIENTO DE POSTES TRAMO J																						
Escala: 1/500																						

Al integrarse esta unidad constructiva en la instalación global, han de respetarse las básicas de seguridad eléctrica y mecánica, como también la documentación entregada. Está prohibido pasar o reproducir este documento como su utilización y la comunicación del contenido, salvo se haya autorizado expresamente. El incumplimiento de estas condiciones llevará a asumir la responsabilidad por los daños. Se reservan todos los derechos de patente, de registro de modelo de uso o de diseño.

ESTE DIBUJO FUE HECHO CON COMPUTADORA Y NO HACE FALTA SER FIRMADO. ESTE DIBUJO NO DEBE DE CAMBIARSE MANUALMENTE.

LISTA DE EQUIPOS
CÓDIGO DE ORIGEN: C4846-EL-Z1100-M006

PLANO LLAVE



TRANSICIÓN				
PI N.	Le (m)	Tl (m)	Tc (m)	Xc (m)
7A				

LEYENDA

ver plano CTCL-SIE-ELT-CLP-DWG-62849

Notas:

Referencias:

Supervisión:	CONSORCIO CEBEL INGENIEROS POYRY	APROBADO SIN COMENTARIOS Cód. 1	Firmac
		APROBADO CON COMENTARIOS Cód. 2	
		REVISAR Y REENVIAR Cód. 3	

O1	24-Nov-10	APROBADO PARA CONSTRUCCION	SIE	SIE	MPE	SPD
OA	22-Jul-10	EMITIDO PARA REVISIÓN	SIE	SIE	MPE	SPD
Rev.	Fecha DD/MM/AA	Descripción de la revisión	ELABOR.	DISEÑO	REVIS.	APROB.

Cliente: **MTC** (Ministerio de Transportes y Comunicaciones)

Contratista: **CONSORCIO TREN ELÉCTRICO**

Proyectista: **SIEMENS**

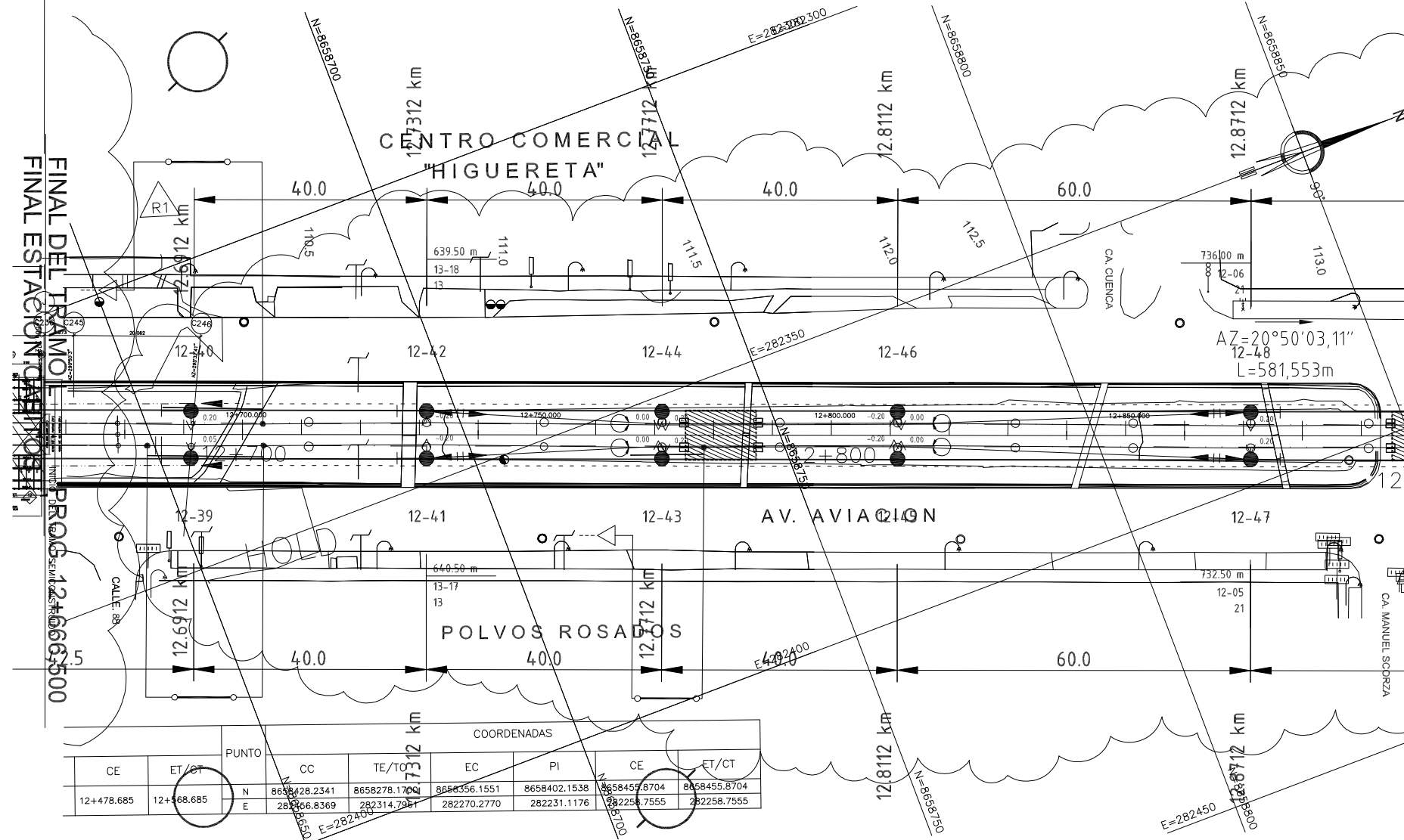
Proyecto: EJECUCION DE LAS OBRAS CIVILES Y ELECTROMECANICAS DEL SISTEMA ELECTRICO DE TRANSPORTE MASIVO DE LIMA Y CALLAO LINEA 1: TRAMO VILLA EL SALVADOR - AVENIDA GRAU

Codigo:	CT, EL, SIE, ELT, CLP, DWG, 5, 3, 6, 9, 7, 0, 1	Rev.	0, 1
Plano:	PLANO DE EMPLAZAMIENTO DE POSTES TRAMO L	Escala:	(A1)
	11,700 - 12,000		1/500

Al integrarse esta unidad constructiva en la instalación global, han de respetarse las básicas de seguridad eléctrica y mecánica, como también la documentación entregada. Está prohibido pasar o reproducir este documento como su utilización y la comunicación del contenido, salvo se haya autorizado expresamente. El incumplimiento de estas condiciones llevará a asumir la responsabilidad por los daños. Se reservan todos los derechos de patente, de registro de modelo de uso o de diseño.

ESTE DIBUJO FUE HECHO CON COMPUTADORA Y NO HACE FALTA SER FIRMADO. ESTE DIBUJO NO DEBE DE CAMBIARSE MANUALMENTE. CODIGO DE ORIGEN: C4846-EL-Z1100-M012

PLANO LLAVE



PUNTO		COORDENADAS					
CE	ET/CT	CC	TE/TO	EC	PI	CE	ET/CT
12+478.685	12+468.685	N	8658428.2341	8658278.1704	8658356.1551	8658402.1538	8658455.8704
		E	282266.8369	282314.7981	282270.2770	282231.1176	282258.7555

LEYENDA
ver plano CTEL-SIE-ELT-CLP-DWG-62849

Notas:

Referencias:

Supervisión:	APROBADO SIN COMENTARIOS	Cód. 1	Firmas
	APROBADO CON COMENTARIOS	Cód. 2	
	REVISAR Y REENVIAR	Cód. 3	

O1	24-Nov-10	APROBADO PARA CONSTRUCCION	SIE	SIE	MPE	SPD
OA	22-Jul-10	EMITIDO PARA REVISIÓN	SIE	SIE	MPE	SPD

Cliente:	Contratista:	Proyectista:
MTC	CONSORCIO TREN ELÉCTRICO	SIEMENS

Proyecto: EJECUCION DE LAS OBRAS CIVILES Y ELECTROMECANICAS DEL SISTEMA ELECTRICO DE TRANSPORTE MASIVO DE LIMA Y CALLAO LINEA 1: TRAMO VILLA EL SALVADOR - AVENIDA GRAU

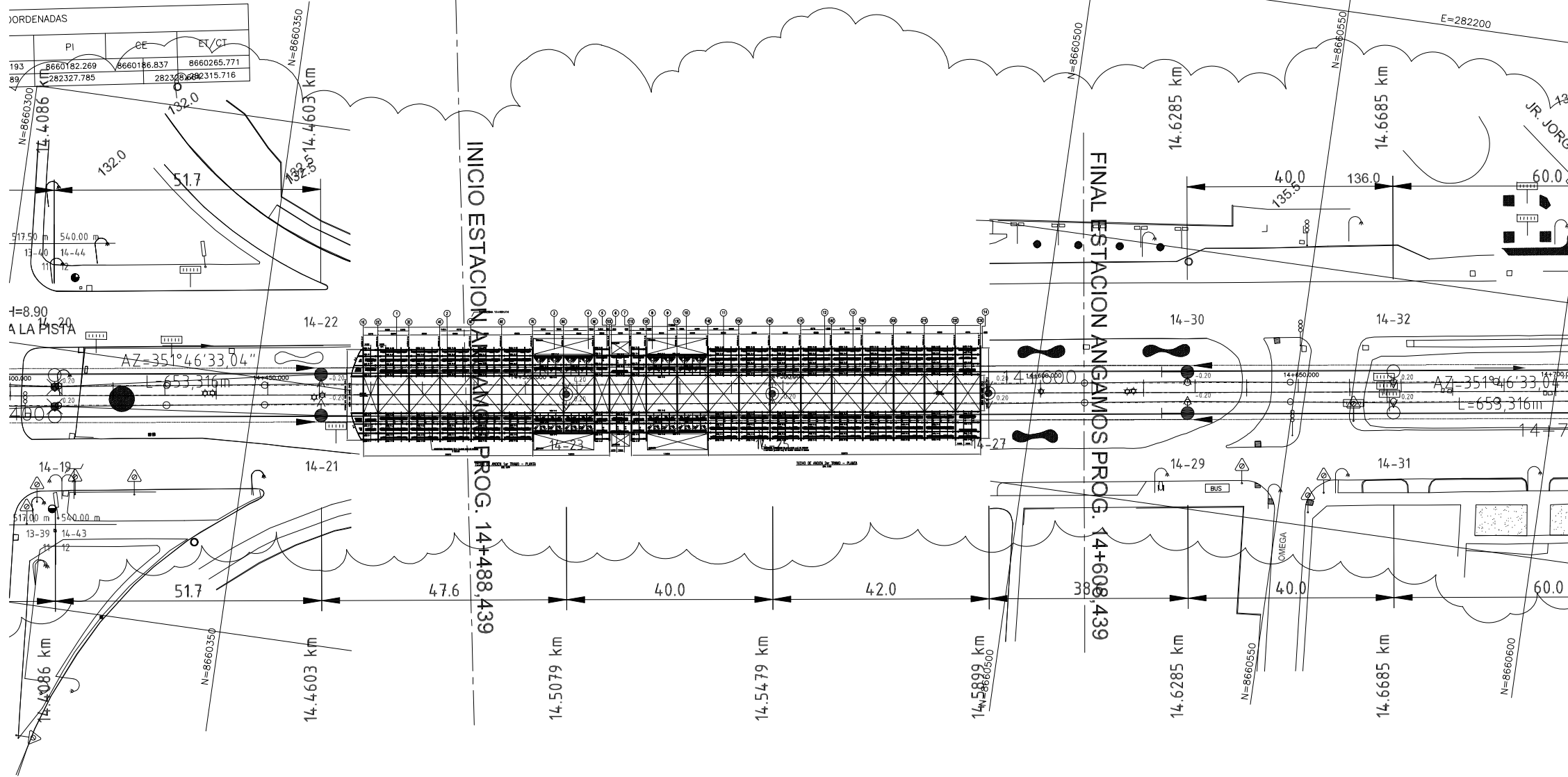
Codigo:	Rev.
CTEL SIE ELT CLP DWG 5370101	01
Plano:	Escala:
PLANO DE EMPLAZAMIENTO DE POSTES TRAMO SC	(A1)
12,666,500 - 12,900	1/500

Al integrarse esta unidad constructiva en la instalación global, han de respetarse las básicas de seguridad eléctrica y mecánica, como también la documentación entregada. Está prohibido pasar o reproducir este documento como su utilización y la comunicación del contenido, salvo se haya autorizado expresamente. El incumplimiento de estas condiciones llevará a asumir la responsabilidad por los daños. Se reservan todos los derechos de patente, de registro de modelo de uso o de diseño.

ESTE DIBUJO FUE HECHO CON COMPUTADORA Y NO HACE FALTA SER FIRMADO. ESTE DIBUJO NO DEBE DE CAMBIARSE MANUALMENTE. CODIGO DE ORIGEN: C4846-EL-Z1100-M016

PLANO LLAVE

COORDENADAS			
PI	CE	ET/CT	
193	8660182.269	8660186.837	8660285.771
89	282327.785	282328.688	282315.716



LEYENDA

ver plano CTCL-SIE-ELT-CLP-DWG-62849

Notas:

Referencias:

Supervisión:	CONSORCIO	APROBADO SIN COMENTARIOS	Cód. 1	Firmac
	CEBEL INGENIEROS	APROBADO CON COMENTARIOS	Cód. 2	
	POYRY	REVISAR Y REENVIAR	Cód. 3	

Rev.	Fecha DD/MM/AA	Descripción de la revisión	ELABOR.	DISEÑO	REVIS.	APROB.
O1	24-Nov-10	APROBADO PARA CONSTRUCCION	SIE	SIE	MPE	SPD
OA	22-Jul-10	EMITIDO PARA REVISIÓN	SIE	SIE	MPE	SPD

Cliente: **MTC** (Ministerio de Transportes y Comunicaciones)
 Contratista: **CONSORCIO TREN ELÉCTRICO**
 Proyectista: **SIEMENS**

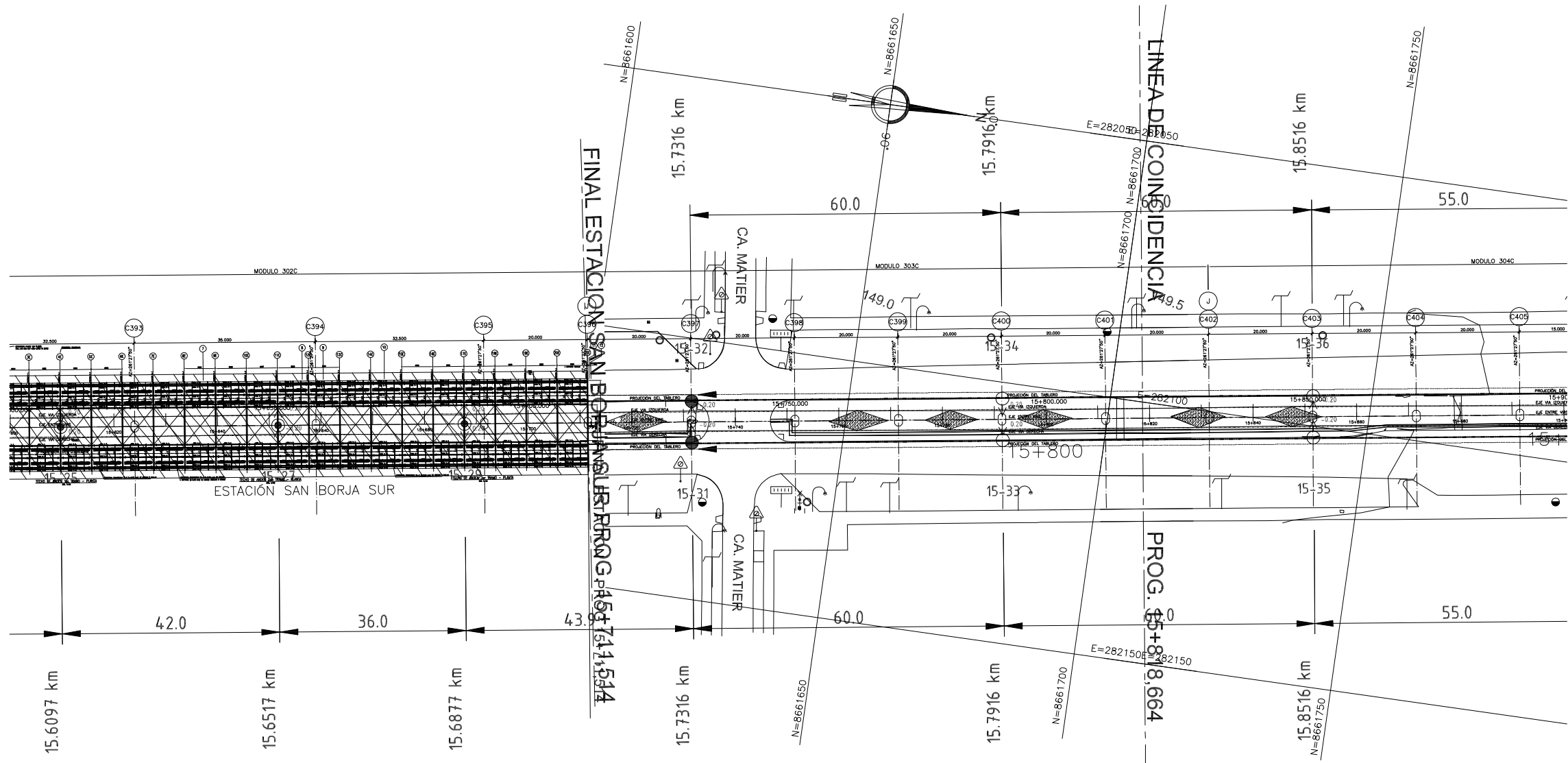
Proyecto: EJECUCION DE LAS OBRAS CIVILES Y ELECTROMECANICAS DEL SISTEMA ELECTRICO DE TRANSPORTE MASIVO DE LIMA Y CALLAO LINEA 1: TRAMO VILLA EL SALVADOR - AVENIDA GRAU

Codigo:	CTCL-SIE-ELT-CLP-DWG-5,3,7,0,8-0,1	Rev.	0,1
Plano:	PLANO DE EMPLAZAMIENTO DE POSTES TRAMO C	Escala:	(A1)
	14,400 - 14,700		1/500

Al integrarse esta unidad constructiva en la instalación global, han de respetarse las básicas de seguridad eléctrica y mecánica, como también la documentación entregada. Está prohibido pasar o reproducir este documento como su utilización y la comunicación del contenido, salvo se haya autorizado expresamente. El incumplimiento de estas condiciones llevará a asumir la responsabilidad por los daños. Se reservan todos los derechos de patente, de registro de modelo de uso o de diseño.

ESTE DIBUJO FUE HECHO CON COMPUTADORA Y NO HACE FALTA SER FIRMADO. ESTE DIBUJO NO DEBE DE CAMBIARSE MANUALMENTE. CODIGO DE ORIGEN: C4846-EL-Z1100-M023

PLANO LLAVE



LEYENDA

ver plano CTCL-SIE-ELT-CLP-DWG-62849

Notas:

Referencias:

Supervisión:	CONSORCIO	APROBADO SIN COMENTARIOS	Cód. 1	Firmac
	CEBEL INGENIEROS	APROBADO CON COMENTARIOS	Cód. 2	
	POYRY	REVISAR Y REENVIAR	Cód. 3	

O1	24-Nov-10	APROBADO POR CONSTRUCCION	SIE	SIE	MPE	SPD
OA	22-Jul-10	EMITIDO PARA REVISIÓN	SIE	SIE	MPE	SPD
Rev.	Fecha DD/MM/AA	Descripción de la revisión	ELABOR.	DISEÑO	REVIS.	APROB.

Cliente: **MTC** (Ministerio de Transportes y Comunicaciones)
 Contratista: **CONSORCIO TREN ELÉCTRICO**
 Proyectista: **SIEMENS**

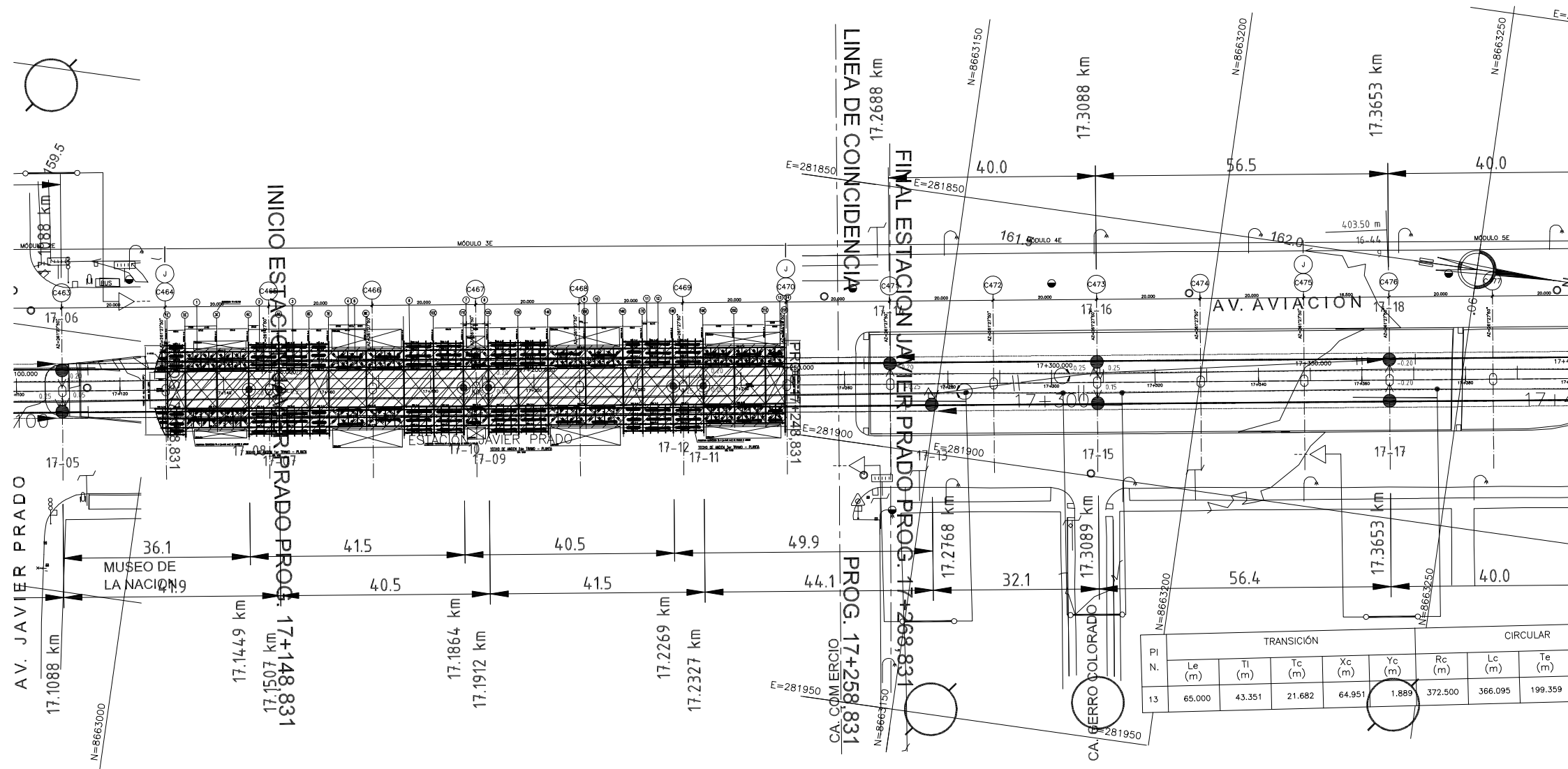
Proyecto: EJECUCION DE LAS OBRAS CIVILES Y ELECTROMECANICAS DEL SISTEMA ELECTRICO DE TRANSPORTE MASIVO DE LIMA Y CALLAO LINEA 1: TRAMO VILLA EL SALVADOR - AVENIDA GRAU

Código:	CTCL-SIE-ELT-CLP-DWG-5,3,7,1,2,0,1	Rev.	0,1
Plano:	PLANO DE EMPLAZAMIENTO DE POSTES TRAMO C	Escala:	(A1) 1/500

Al integrarse esta unidad constructiva en la instalación global, han de respetarse las básicas de seguridad eléctrica y mecánica, como también la documentación entregada. Está prohibido pasar o reproducir este documento como su utilización y la comunicación del contenido, salvo se haya autorizado expresamente. El incumplimiento de estas condiciones llevará a asumir la responsabilidad por los daños. Se reservan todos los derechos de patente, de registro de modelo de uso o de diseño.

ESTE DIBUJO FUE HECHO CON COMPUTADORA Y NO HACE FALTA SER FIRMADO. ESTE DIBUJO NO DEBE DE CAMBIARSE MANUALMENTE. CÓDIGO DE ORIGEN: C4846-EL-Z1100-M027

PLANO LLAVE



LEYENDA

ver plano CTCL-SIE-ELT-CLP-DWG-62849

Notas:

Referencias:

Supervisión:	CONSORCIO CEBEL INGENIEROS PÖYRY	APROBADO SIN COMENTARIOS Cód. 1	Firmac
		APROBADO CON COMENTARIOS Cód. 2	
		REVISAR Y REENVIAR Cód. 3	

O1	24-Nov-10	APROBADO PARA CONSTRUCCION	SIE	SIE	MPE	SPD
OA	05-Ago-10	EMITIDO PARA REVISION	SIE	SIE	MPE	SPD
Rev.	Fecha DD/MM/AA	Descripción de la revisión	ELABOR.	DISEÑO	REVIS.	APROB.

Cliente: **MTC** (Ministerio de Transportes y Comunicaciones)

Contratista: **CONSORCIO TREN ELÉCTRICO**

Proyectista: **SIEMENS**

Proyecto: EJECUCION DE LAS OBRAS CIVILES Y ELECTROMECANICAS DEL SISTEMA ELECTRICO DE TRANSPORTE MASIVO DE LIMA Y CALLAO LINEA 1: TRAMO VILLA EL SALVADOR - AVENIDA GRAU

C	T	E	L	S	I	E	E	L	T	C	L	P	D	W	G	5	3	7	3	5	0	1
Plano: PLANO DE EMPLAZAMIENTO DE POSTES TRAMO E																						
Escala: (A1) 1/500																						

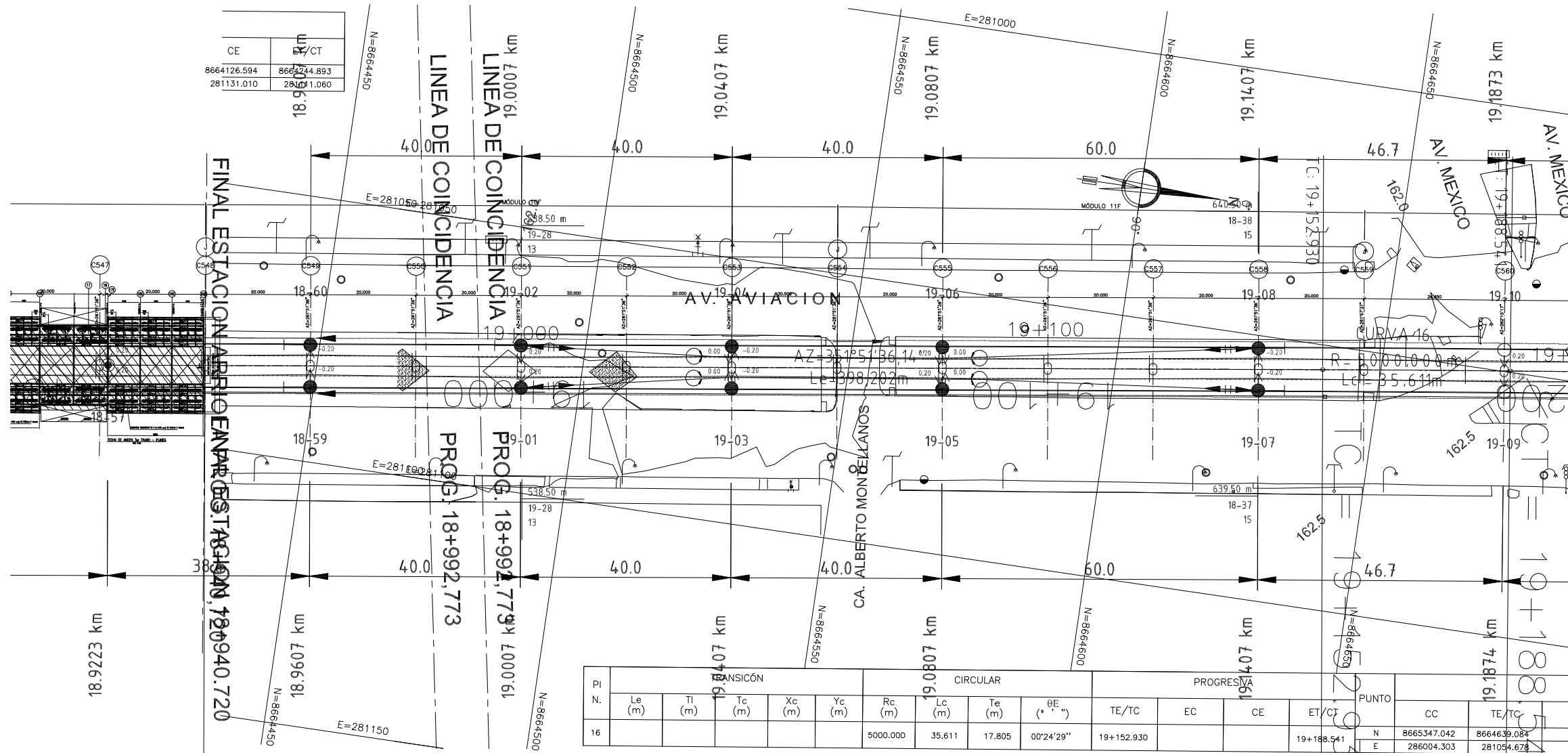
ESTE DIBUJO FUE HECHO CON COMPUTADORA Y NO HACE FALTA SER FIRMADO. ESTE DIBUJO NO DEBE DE CAMBIARSE MANUALMENTE.

LISTA DE EQUIPOS

CODIGO DE ORIGEN: C4846-EL-Z1100-M033

Al integrarse esta unidad constructiva en la instalación global, han de respetarse las básicas de seguridad eléctrica y mecánica, como también la documentación entregada. Está prohibido pasar o reproducir este documento como su utilización y la comunicación del contenido, salvo se haya autorizado expresamente. El incumplimiento de estas condiciones llevará a asumir la responsabilidad por los daños. Se reservan todos los derechos de patente, de registro de modelo de uso o de diseño.

PLANO LLAVE



CE	R/CT
8664126.594	866424.893
281131.010	281161.060

PI N.	TRANSICIÓN					CIRCULAR				PROGRESIVA			PUNTO	CC	TE/TC	
	Le (m)	Tl (m)	Tc (m)	Xc (m)	Yc (m)	Rc (m)	Lc (m)	Te (m)	θE (°)	TE/TC	EC	CE				ET/CT
16						5000.000	35.611	17.805	00°24'29"	19+152.930			19+188.541	N 8665347.042	8664639.084	
													E 286004.303	281054.678		

LEYENDA
ver plano CTEL-SIE-ELT-CLP-DWG-62849

Notas:

Referencias:

Supervisión:	CONSORCIO CEBEL INGENIEROS PÖRY	APROBADO SIN COMENTARIOS Cód. 1	Firmac
		APROBADO CON COMENTARIOS Cód. 2	
		REVISAR Y REENVÍAR Cód. 3	

O1	24-Nov-10	APROBADO PARA CONSTRUCCION	SIE	SIE	MPE	SPD
OA	05-Ago-10	EMITIDO PARA REVISIÓN	SIE	SIE	MPE	SPD
Rev.	Fecha DD/MM/AA	Descripción de la revisión	ELABOR.	DISEÑO	REVIS.	APROB.

Cliente: **MTC** (Ministerio de Transportes y Comunicaciones)

Contratista: **CONSORCIO TREN ELÉCTRICO**

Proyectista: **SIEMENS**

Proyecto: EJECUCION DE LAS OBRAS CIVILES Y ELECTROMECANICAS DEL SISTEMA ELECTRICO DE TRANSPORTE MASIVO DE LIMA Y CALLAO LINEA 1: TRAMO VILLA EL SALVADOR - AVENIDA GRAU

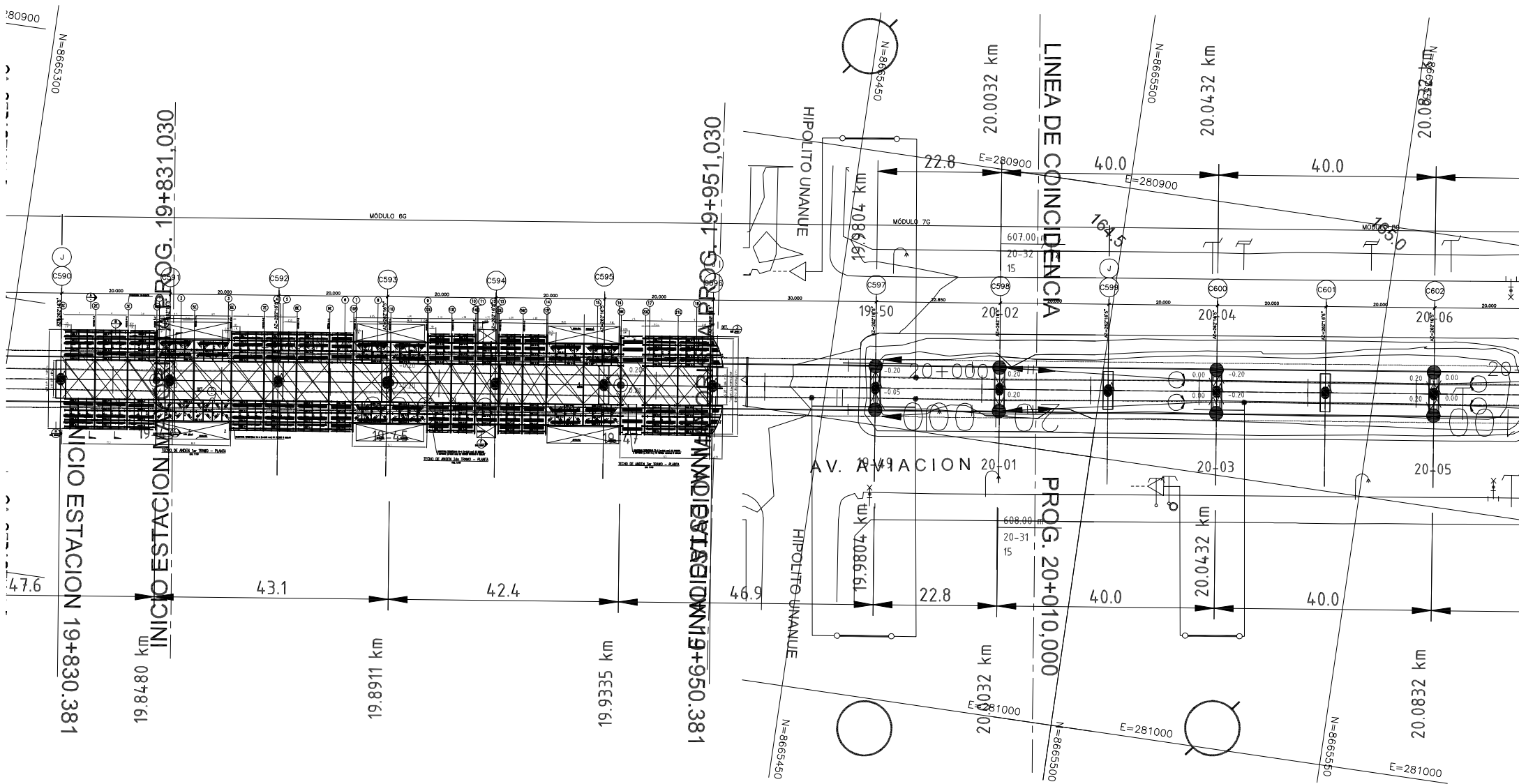
C	T	E	L	S	I	E	E	L	T	C	L	P	D	W	G	5	3	7	4	2	0	1
Plano: PLANO DE EMPLAZAMIENTO DE POSTES TRAMO F																						
Escala: (A1) 1/500																						

Al integrarse esta unidad constructiva en la instalación global, han de respetarse las básicas de seguridad eléctrica y mecánica, como también la documentación entregada. Está prohibido pasar o reproducir este documento como su utilización y la comunicación del contenido, salvo se haya autorizado expresamente. El incumplimiento de estas condiciones llevará a asumir la responsabilidad por los daños. Se reservan todos los derechos de patente, de registro de modelo de uso o de diseño.

ESTE DIBUJO FUE HECHO CON COMPUTADORA Y NO HACE FALTA SER FIRMADO. ESTE DIBUJO NO DEBE DE CAMBIARSE MANUALMENTE.

LISTA DE CUERPOS
CÓDIGO DE ORIGEN: C4846-EL-Z1100-M040

PLANO LLAVE



LEYENDA

ver plano CTEL-SIE-ELT-CLP-DWG-62849

Notas:

Referencias:

Supervisión:	CONSORCIO CEBEL INGENIEROS PÖYRY	APROBADO SIN COMENTARIOS Cód. 1	Firmac
		APROBADO CON COMENTARIOS Cód. 2	
		REVISAR Y REENVIAR Cód. 3	

01	24-Nov-10	APROBADO PARA CONSTRUCCION	SIE	SIE	MPE	SPD
0A	05-Ago-10	EMITIDO PARA REVISIÓN	SIE	SIE	MPE	SPD
Rev.	Fecha DD/MM/AA	Descripción de la revisión	ELABOR.	DISEÑO	REVIS.	APROB.

Cliente: **MTC** (Ministerio de Transportes y Comunicaciones)

Contratista: **CONSORCIO TREN ELÉCTRICO**

Proyectista: **SIEMENS**

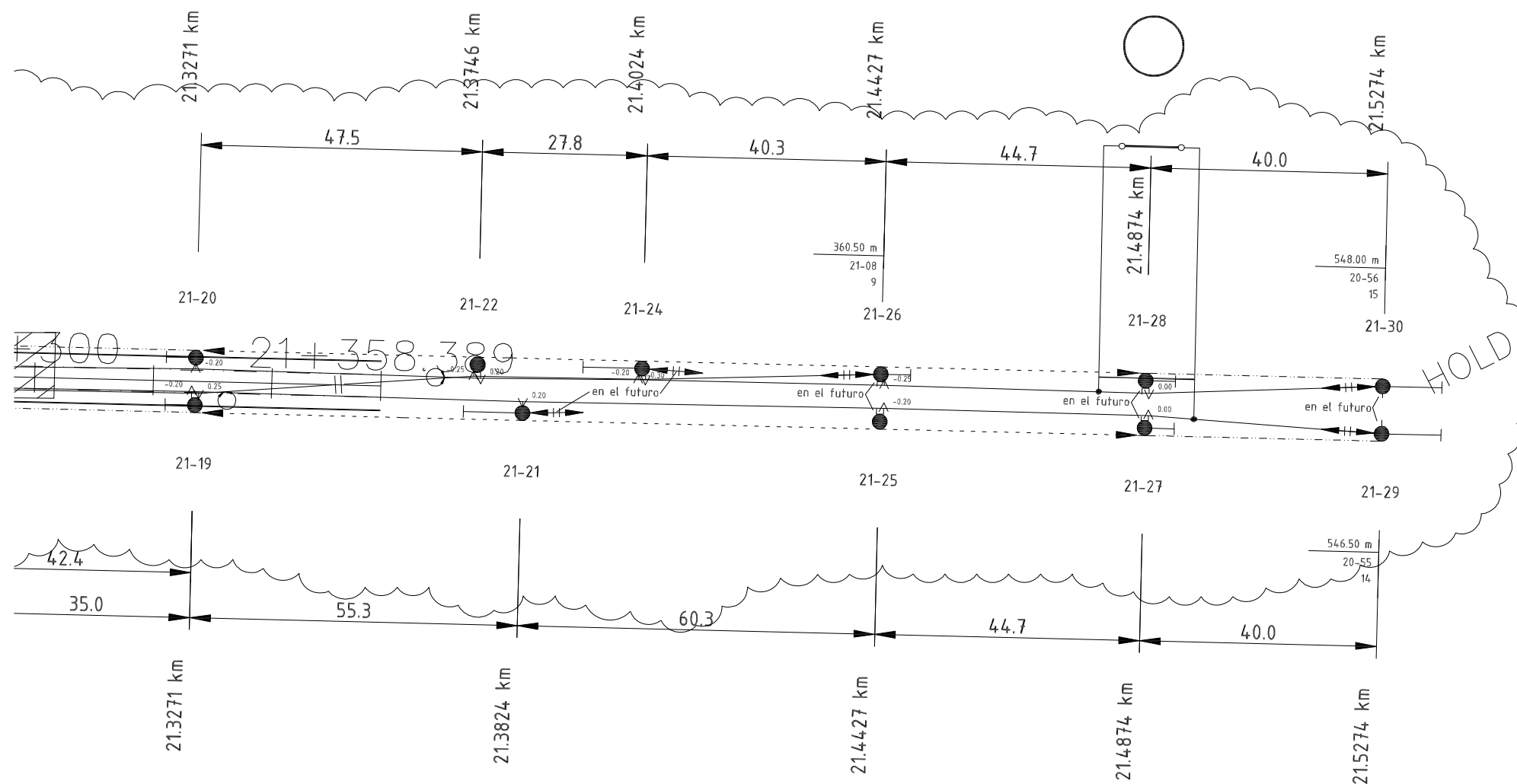
Proyecto: EJECUCION DE LAS OBRAS CIVILES Y ELECTROMECANICAS DEL SISTEMA ELECTRICO DE TRANSPORTE MASIVO DE LIMA Y CALLAO LINEA 1: TRAMO VILLA EL SALVADOR - AVENIDA GRAU

C	T	E	L	S	I	E	E	L	T	C	L	P	D	W	G	5	3	7	4	6	0	1
Plano: PLANO DE EMPLAZAMIENTO DE POSTES TRAMO G																						
Escala: (A1) 1/500																						

Al integrarse esta unidad constructiva en la instalación global, han de respetarse las básicas de seguridad eléctrica y mecánica, como también la documentación entregada. Está prohibido pasar o reproducir este documento como su utilización y la comunicación del contenido, salvo se haya autorizado expresamente. El incumplimiento de estas condiciones llevará a asumir la responsabilidad por los daños. Se reservan todos los derechos de patente, de registro de modelo de uso o de diseño.

ESTE DIBUJO FUE HECHO CON COMPUTADORA Y NO HACE FALTA SER FIRMADO. ESTE DIBUJO NO DEBE DE CAMBIARSE MANUALMENTE. CÓDIGO DE ORIGEN: C4846-EL-Z1100-M044

PLANO LLAVE



LEYENDA

ver plano CTEL-SIE-ELT-CLP-DWG-62849

Notas:

Referencias:

Supervisión:	CONSORCIO	APROBADO SIN COMENTARIOS	Cód. 1	Firmac
	CEBEL INGENIEROS	APROBADO CON COMENTARIOS	Cód. 2	
	PÖVRY	REVISAR Y REENVÍAR	Cód. 3	

O1	24-Nov-10	APROBADO PARA CONSTRUCCION	SIE	SIE	MPE	SPD
OA	05-Ago-10	EMITIDO PARA REVISIÓN	SIE	SIE	MPE	SPD
Rev.	Fecha DD/MM/AA	Descripción de la revisión	ELABOR.	DISEÑO	REVIS.	APROB.

Cliente: **MTC** (Ministerio de Transportes y Comunicaciones)

Contratista: **CONSORCIO TREN ELÉCTRICO**

Proyectista: **SIEMENS**

Proyecto: EJECUCION DE LAS OBRAS CIVILES Y ELECTROMECANICAS DEL SISTEMA ELECTRICO DE TRANSPORTE MASIVO DE LIMA Y CALLAO LINEA 1: TRAMO VILLA EL SALVADOR - AVENIDA GRAU

C	T	E	L	S	I	E	E	L	T	C	L	P	D	W	G	5	3	7	5	1	0	1
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Plano: PLANO DE EMPLAZAMIENTO DE POSTES TRAMO G-1
21,300 - 21,600
Escala: (A1)
1/500

Al integrarse esta unidad constructiva en la instalación global, han de respetarse las básicas de seguridad eléctrica y mecánica, como también la documentación entregada. Está prohibido pasar o reproducir este documento como su utilización y la comunicación del contenido, salvo se haya autorizado expresamente. El incumplimiento de estas condiciones llevará a asumir la responsabilidad por los daños. Se reservan todos los derechos de patente, de registro de modelo de uso o de diseño.

ESTE DIBUJO FUE HECHO CON COMPUTADORA Y NO HACE FALTA SER FIRMADO ESTE DIBUJO NO DEBE DE CAMBIARSE MANUALMENTE.

LISTA DE EQUIPOS:
CÓDIGO DE ORIGEN
C4846-EL-Z1100-M049

PLANO LLAVE



LEYENDA

Notas:
1.- POZO DE TIERRA (Ver CTCL-CTE-ELT-ELE-DWG-55495-002)

Referencias:

Supervisión:	CONSORCIO	APROBADO SIN COMENTARIOS	Cód. 1	Firmac
	CEBEL INCORPORADOS	APROBADO CON COMENTARIOS	Cód. 2	
	PÖYRY	REVISAR Y REENVIAR	Cód. 3	

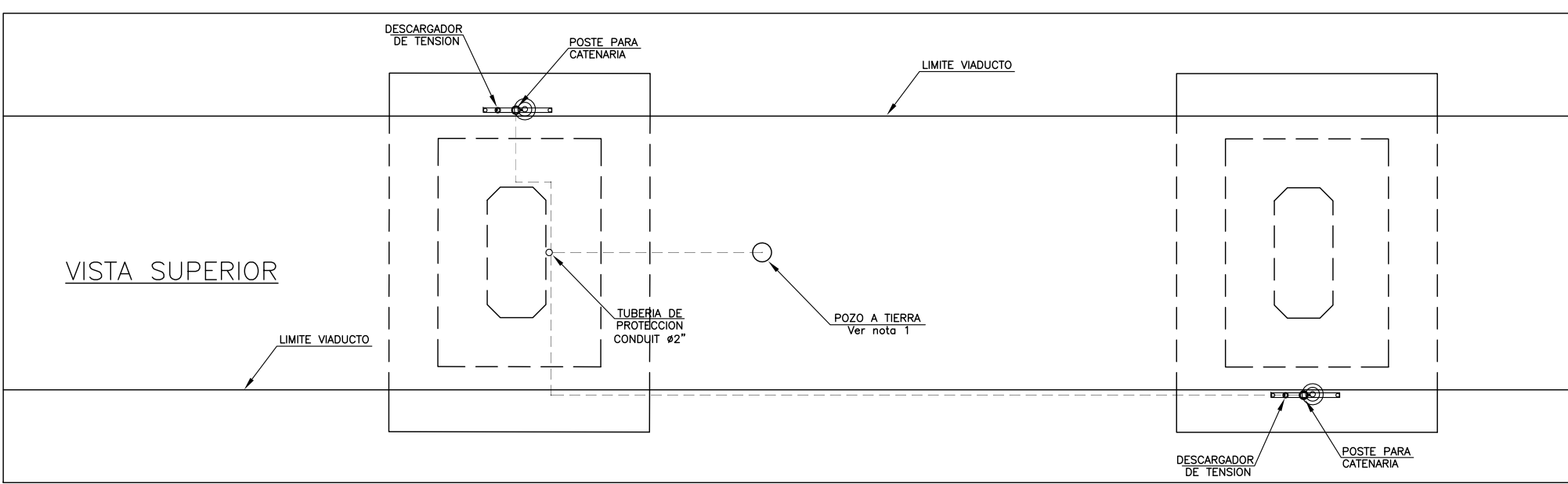
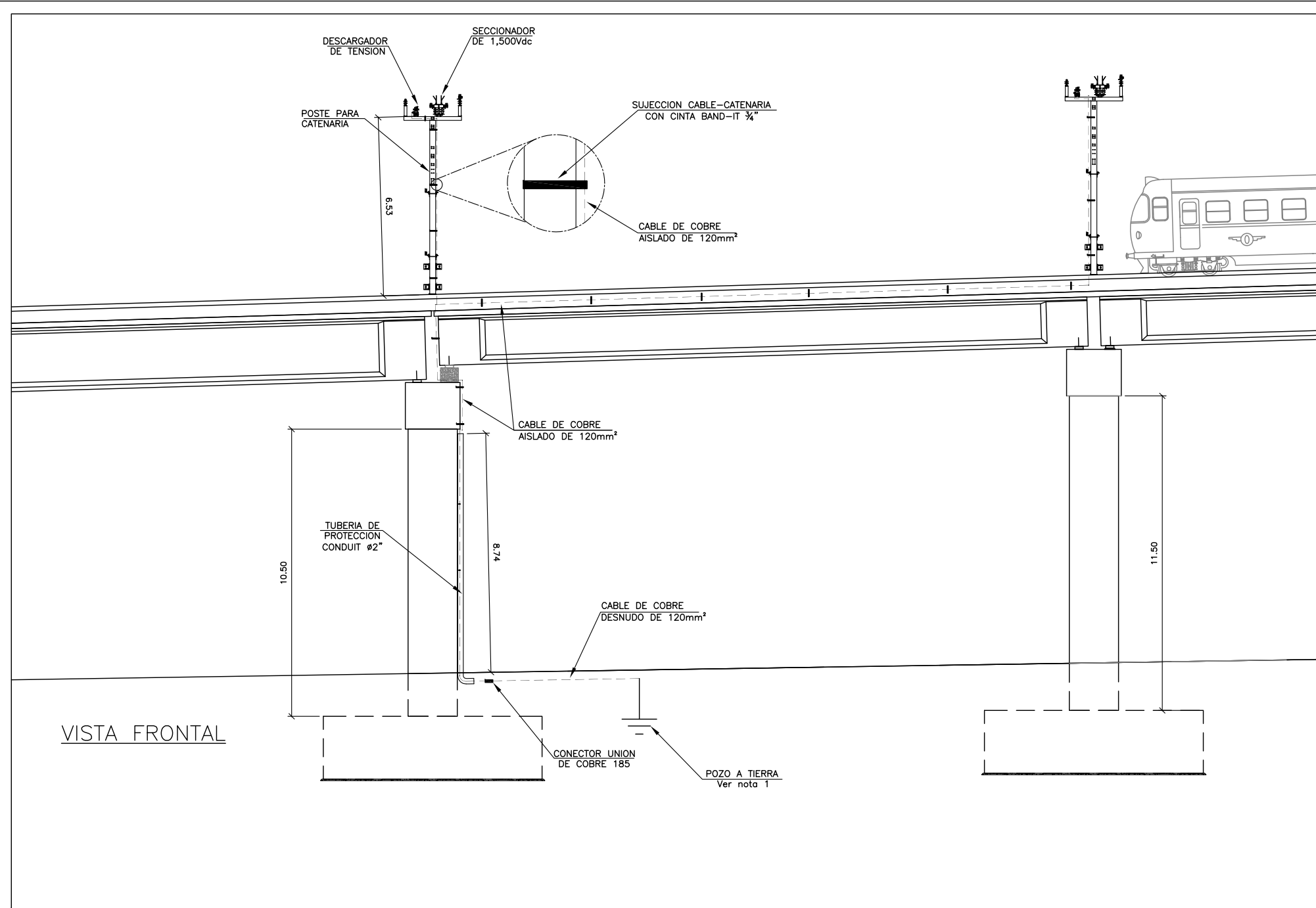
50	02-Ago-11	POST CONSTRUCCION	JIF	JML	ARL	SPD
0A	05-Abr-11	EMITIDO PARA REVISIÓN	JIF	JSP	ARL	SPD
Rev.	Fecha DD/MM/AA	Descripción de la revisión	ELABOR.	DISEÑO	REVIS.	APROB.

Cliente: 	Contratista: 
---	---

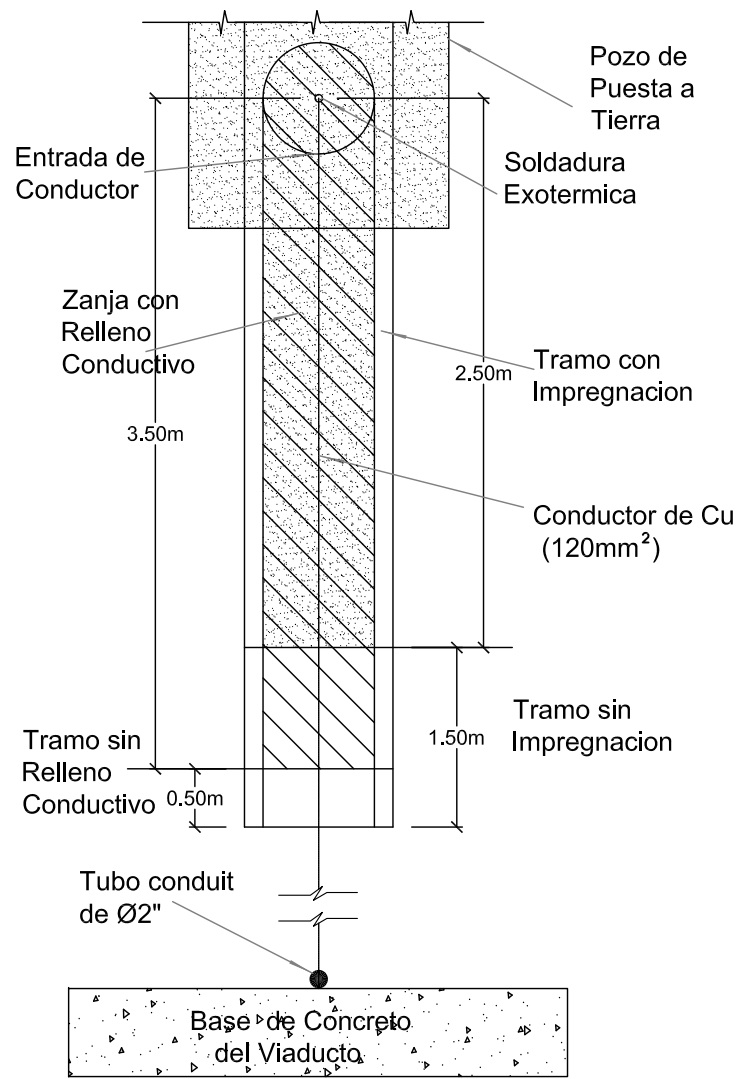
Proyecto: EJECUCION DE LAS OBRAS CIVILES Y ELECTROMECANICAS DEL SISTEMA ELECTRICO DE TRANSPORTE MASIVO DE LIMA Y CALLAO LINEA 1: TRAMO VILLA EL SALVADOR - AVENIDA GRAU

Codigo:	Rev.
CTE,ELCTE,ELTE,LE,D,W,G,5,5,4,9,5,5,0	5,0

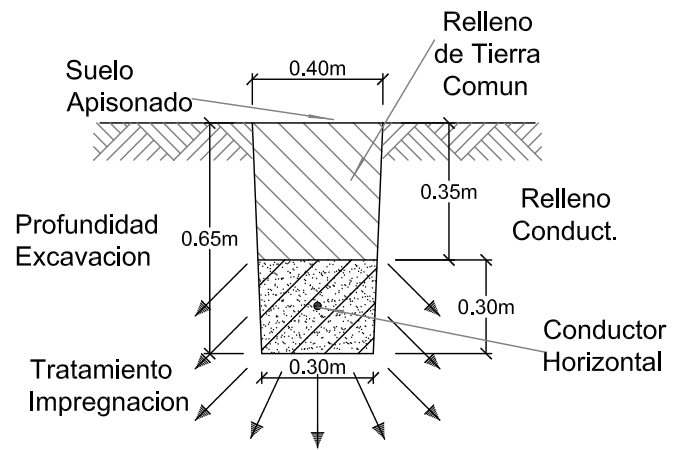
Plano: ESCALA: (A1) IND. DE DESCARGADORES DE TENSION PARA CATENARIAS - 001



PUESTA A TIERRA PUNTUAL, ZANJA POZO

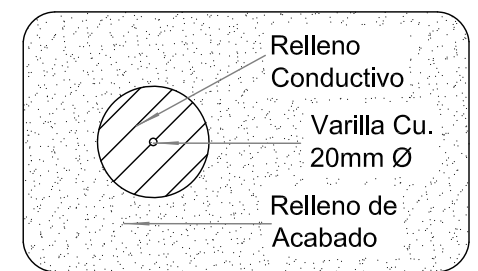
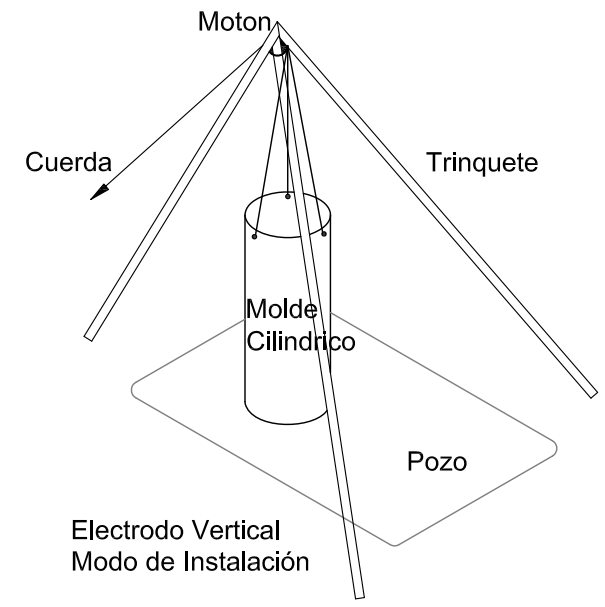


Zanja de PAT Vista Superior

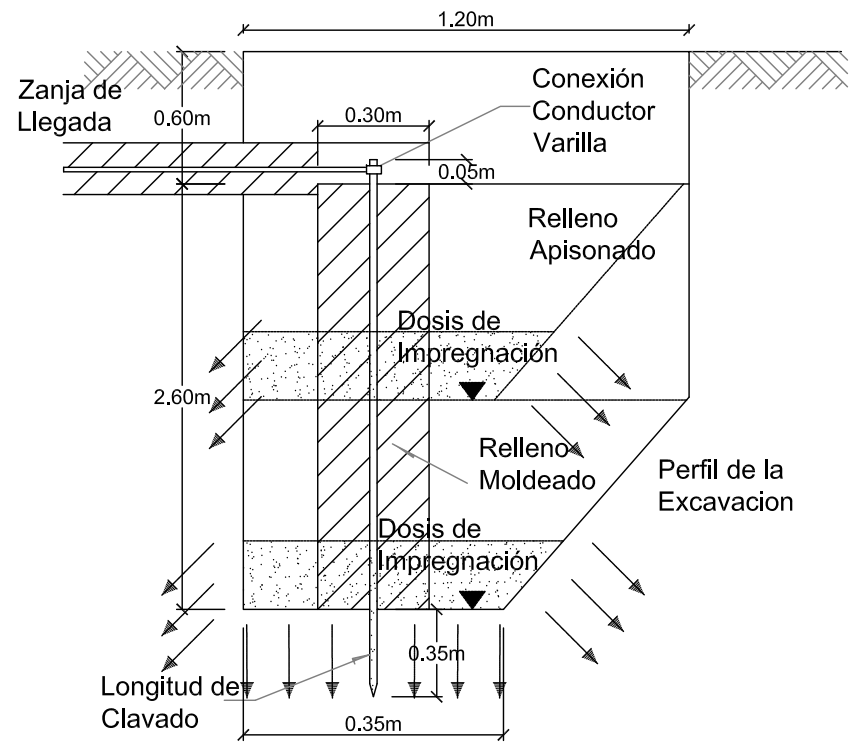


Zanja de PAT Vista de Corte

POZO DE PUESTA A TIERRA



Pozo de PAT, Vista Superior



Pozo de PAT, Corte Lateral

PLANO LLAVE

LEYENDA

Notas:

Referencias:

Supervisión:	CONSORCIO		APROBADO SIN COMENTARIOS	Cód. 1	Firmac
	CEBEL	POYRY	APROBADO CON COMENTARIOS	Cód. 2	
			REVISAR Y REENVIAR	Cód. 3	

5.0	02-Ago-11	POST CONSTRUCCION	JIF	JML	ARL	SPD
0A	05-Abr-11	EMITIDO PARA REVISIÓN	JIF	JSP	ARL	SPD
Rev.	Fecha DD/MM/AA	Descripción de la revisión	ELABOR.	DISEÑO	REVIS.	APROB.

Cliente: **ATE MTC** (Ministerio de Transportes y Comunicaciones)

Contratado: **CONSORCIO TREN ELÉCTRICO**

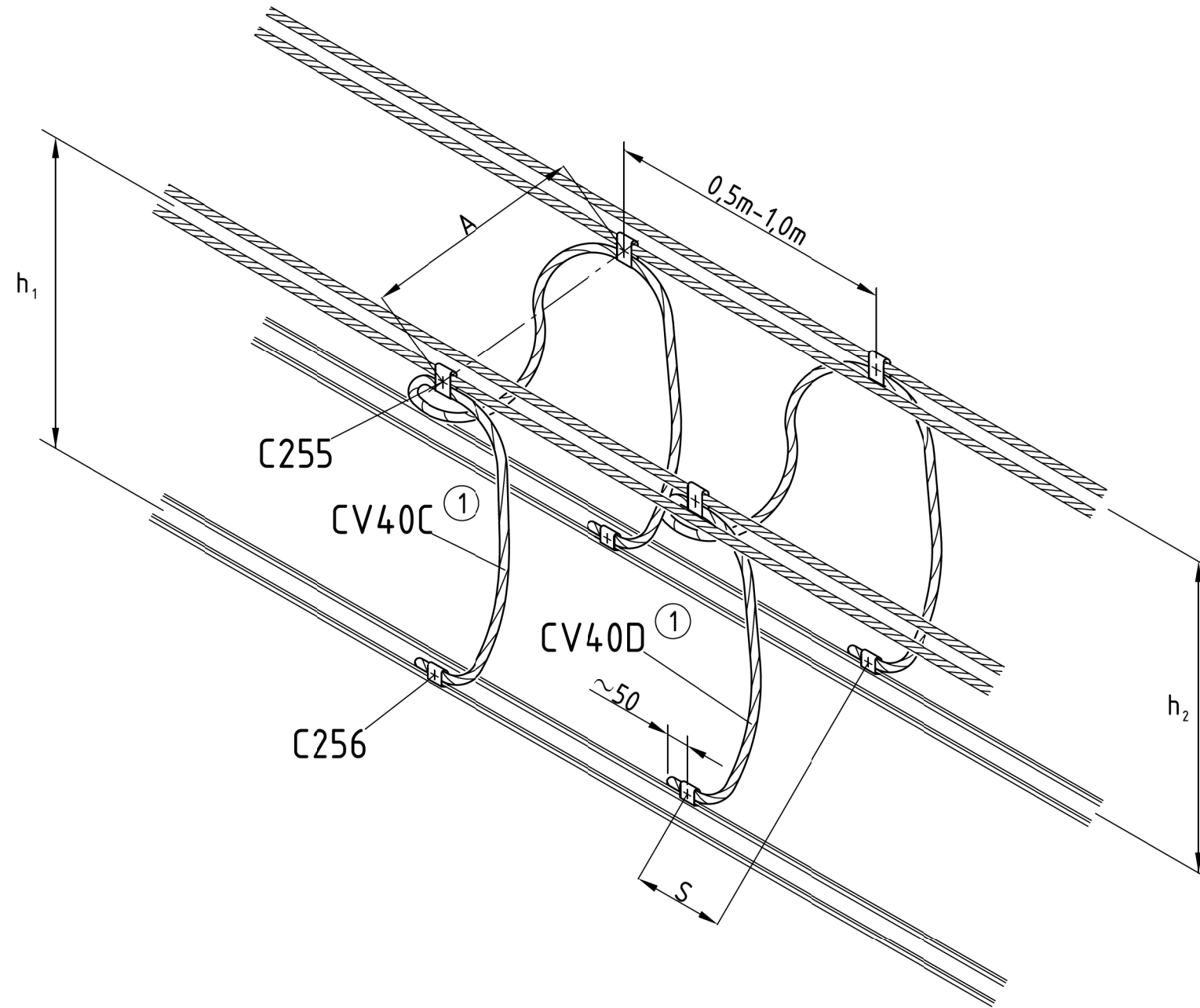
Proyecto: EJECUCION DE LAS OBRAS CIVILES Y ELECTROMECANICAS DEL SISTEMA ELECTRICO DE TRANSPORTE MASIVO DE LIMA Y CALLAO LINEA 1: TRAMO VILLA EL SALVADOR - AVENIDA GRAU

C	T	E	L	C	T	E	E	L	T	E	L	E	D	W	G	5	5	4	9	5	5	0
Plano: PLANO TÍPICO DE ATERRAMIENTO DE DESCARGADORES DE TENSION PARA CATENARIAS - 002																						
Escala: (A1)																						

El incumplimiento de estas condiciones llevará a asumir la responsabilidad por los daños. Se reservan todos los derechos de patente, de registro de modelo de uso o de diseño.

Al integrarse esta unidad constructiva en la instalación global, han de respetarse las básicas de seguridad eléctrica y mecánica, como también la documentación entregada.

Está prohibido pasar o reproducir este documento como su utilización y la comunicación del contenido, salvo se haya autorizado expresamente.



PARES DE APRIETE
SEGUN PLANO CTEL-SIE-ELT-CLP-DWG-53776

ESTE DIBUJO FUE HECHO CON COMPUTADORA Y NO HACE FALTA SER FIRMADO.
ESTE DIBUJO NO DEBE DE CAMBIARSE MANUALMENTE.

LISTA DE EQUIPOS:
C.4846-EL-D6100-C310
CÓDIGO DE ORIGEN:
C.4846-EL-D6100-C310

PLANO CLAVE

LEYENDA

Notas:

Referencias:

Supervisión: CEBEL INGENIEROS <small>INSTITUTO DE INGENIERIA, CIENCIAS Y TECNOLOGIA</small> PÓYRY	APROBADO SIN COMENTARIOS	Cód. 1	Firma:
	APROBADO CON COMENTARIOS	Cód. 2	
	REVISAR Y REENVIAR	Cód. 3	

Rev.	Fecha	Descripción de la revisión	ELABOR.	DISEÑO	REVIS.	APROB.
0A	05/11/10	EMITIDO PARA REVISION	SIE	SIE	MPE	SPD

Cliente: MTC <small>Ministerio de Transportes y Comunicaciones</small>	Contratista: CONSORCIO TREN ELÉCTRICO	Proyektista: SIEMENS
---	---	--------------------------------

Proyecto: EJECUCION DE LAS OBRAS CIVILES Y ELECTROMECANICAS DEL SISTEMA ELECTRICO DE TRANSPORTE MASIVO DE LIMA Y CALLAO LINEA 1: TRAMO VILLA EL SALVADOR - AVENIDA GRAU

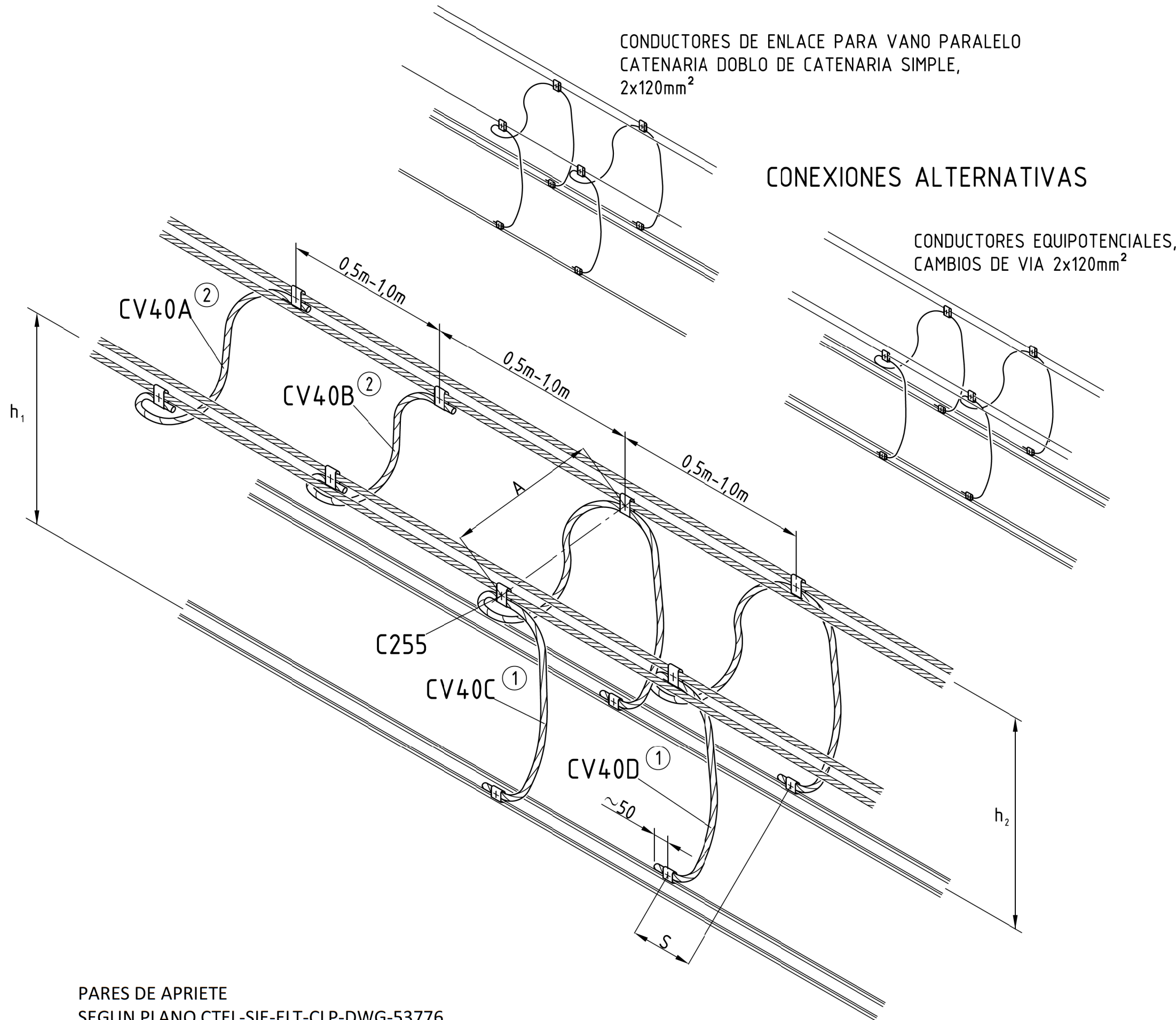
C	T	E	L	S	I	E	E	L	T	C	L	P	D	W	G	6	2	7	9	7	0A
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

Plano: CONDUCTORES EQUIPOTENCIALES, CAMBIOS DE VÍA 2x120mm²
Escala: 1:10

El incumplimiento de estas condiciones llevará a asumir la responsabilidad por los daños. Se reservan todos los derechos de patente, de registro de modelo de uso o de diseño.

Al integrarse esta unidad constructiva en la instalación global, han de respetarse las básicas de seguridad eléctrica y mecánica, como también la documentación entregada.

Está prohibido pasar o reproducir este documento como su utilización y la comunicación del contenido, salvo se haya autorizado expresamente.



PARES DE APRIETE
SEGUN PLANO CTEL-SIE-ELT-CLP-DWG-53776

ESTE DIBUJO FUE HECHO CON COMPUTADORA Y NO HACE FALTA SER FIRMADO.
ESTE DIBUJO NO DEBE DE CAMBIARSE MANUALMENTE.

LISTA DE EQUIPOS:
C.4846-EL-D6100-C311
CÓDIGO DE ORIGEN:
C.4846-EL-D6100-C311

PLANO CLAVE

LEYENDA

Notas:

Referencias:

Supervisión: CEBEL INGENIEROS <small>INTEGRACIÓN DE SISTEMAS, OBRAS Y MANTENIMIENTO</small> G PÓRRY	APROBADO SIN COMENTARIOS	Cód. 1	Firma:
	APROBADO CON COMENTARIOS	Cód. 2	
	REVISAR Y REENVIAR	Cód. 3	

0A	05/11/10	EMITIDO PARA REVISION	SIE	SIE	MPE	SFD
Rev.	Fecha	Descripción de la revisión	ELABOR.	DISEÑO	REVIS.	APROB.

Cliente: MTC <small>Ministerio de Transportes y Comunicaciones</small>	Contratista: CONSORCIO TREN ELÉCTRICO	Proyectista: SIEMENS
---	---	--------------------------------

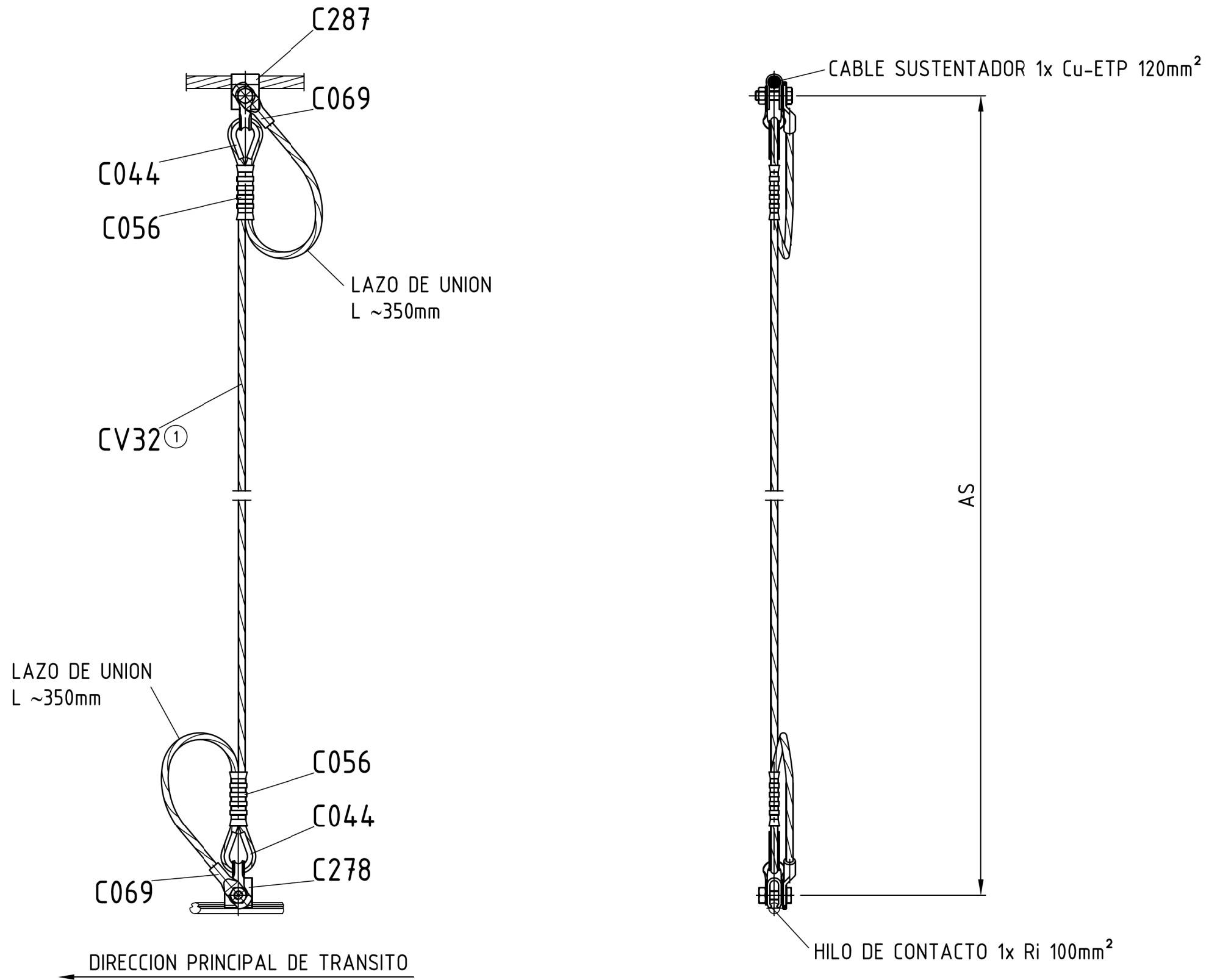
Proyecto: EJECUCION DE LAS OBRAS CIVILES Y ELECTROMECANICAS DEL SISTEMA ELECTRICO DE TRANSPORTE MASIVO DE LIMA Y CALLAO LINEA 1: TRAMO VILLA EL SALVADOR - AVENIDA GRAU

C	T	E	L	S	I	E	E	L	T	C	L	P	D	W	G	6	2	7	9	8	0A
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

Plano: CONDUCTORES DE ENLACE PARA VANO PARALELO -CATENARIA DOBLO DE CATENARIA DOBLE, 4x120mm²
Escala: 1:10

El incumplimiento de estas condiciones llevará a asumir la responsabilidad por los daños. Se reservan todos los derechos de patente, de registro de modelo de uso o de diseño.

Al integrarse esta unidad constructiva en la instalación global, han de respetarse las básicas de seguridad eléctrica y mecánica, como también la documentación entregada. Está prohibido pasar o reproducir este documento como su utilización y la comunicación del contenido, salvo se haya autorizado expresamente.



① LONGITUD SEGUN CALCULO CORRESPONDIENTE

PARES DE APRIETE SEGUN PLANO CTEL-SIE-ELT-CLP-DWG-53776

ESTE DIBUJO FUE HECHO CON COMPUTADORA Y NO HACE FALTA SER FIRMADO.
ESTE DIBUJO NO DEBE DE CAMBIARSE MANUALMENTE.

LISTA DE EQUIPOS:
C.4846-EL-D14.10-C208
CÓDIGO DE ORIGEN:
C.4846-EL-D14.10-C208

PLANO CLAVE

LEYENDA

Notas:

Referencias:

Supervisión: CEBEL INGENIEROS <small>INSTITUTO DE INGENIERIA, OBRAS Y MANTENIMIENTO</small> PÓYRY	APROBADO SIN COMENTARIOS	Cód. 1	Firma:
	APROBADO CON COMENTARIOS	Cód. 2	
	REVISAR Y REENVIAR	Cód. 3	

DA	05/11/10	EMITIDO PARA REVISION	SIE	SIE	MPE	SPD
Rev.	Fecha	Descripción de la revisión	ELABOR.	DISEÑO	REVIS.	APROB.

Cliente: MTC <small>Ministerio de Transportes y Comunicaciones</small>	Contratista: CONSORCIO TREN ELÉCTRICO	Proyektista: SIEMENS
---	---	--------------------------------

Proyecto: EJECUCION DE LAS OBRAS CIVILES Y ELECTROMECANICAS DEL SISTEMA ELECTRICO DE TRANSPORTE MASIVO DE LIMA Y CALLAO LINEA 1: TRAMO VILLA EL SALVADOR - AVENIDA GRAU

C	T	E	L	S	I	E	E	L	T	C	L	P	D	W	G	6	2	7	4	8	OA
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

Plano: PENDOLA RESISTENTE A LA CORRIENTE 1x HC Y 1x CS
Escala: 1:5