



**PROYECTO DE ELECTRIFICACIÓN DE LA
AMPLIACIÓN DEL TRANVÍA DE
VITORIA-GASTEIZ A SALBURUA**

**ANEJO Nº 5:
CRITERIOS DE DISEÑO**

Indice de Capítulos

1.	ELECTRIFICACIÓN DE LA LAT	1
1.1.	INTRODUCCIÓN	1
1.2.	CRITERIOS DE DISEÑO.....	2
1.2.1.	Condiciones de explotación	2
1.2.2.	Coeficiente de Seguridad	2
1.2.3.	Distancias Mínimas entre Sistemas	3
1.2.4.	Gálibo	3
1.3.	CARACTERÍSTICAS GENERALES	6
1.3.1.	Características Generales	6
1.3.2.	Retornos	6
1.3.3.	Arqueta de Negativos	6
1.3.4.	Conexiones Entre Carriles	6
1.3.5.	Red De Tierras de Estructura Exterior	7
1.4.	COMPONENTES Y EQUIPOS	11
1.4.1.	Sistemas de compensación	11
1.4.2.	Soportes	11
1.4.3.	Armamento	42
1.4.4.	Suspensiones	42
1.4.5.	Hilo de Contacto	43
1.5.	FEEDER DE ACOMPAÑAMIENTO	46
1.5.1.	Obra Civil Necesaria	46
1.5.2.	Tipo de Seccionadores	46
1.5.3.	Fuerza y control del telemando	47
1.5.4.	Conexión al Seccionador	47
1.5.5.	Conexiones al Seccionador	47
1.6.	REPLANTEO DE POSTES.....	48
1.6.1.	Criterios Generales	48
1.6.2.	Ubicación postes en cruces con vehículos	53
1.6.3.	Cálculos justificativos	54

1. ELECTRIFICACIÓN DE LA LAT

1.1. INTRODUCCIÓN

Dado que velocidades de explotación y los requerimientos de corriente son relativamente bajos para un tranvía, se hace preciso el diseño de un sistema tipo catenaria de hilo único con feeder de acompañamiento con una sección transversal relativamente pequeña. Gracias a las excelentes características de interacción con el pantógrafo, se dan las condiciones ideales para un tráfico urbano eficiente con altas frecuencias y velocidades de explotación. En el diseño de catenaria se tiene en cuenta los siguientes aspectos:

Adaptación al trazado urbano

Trazados complejos, como por ejemplo cruces en el interior de las ciudades, se realizan mediante el tipo de catenaria tranviaria, que se diseña consiguiendo alta calidad de marcha en toda la línea. La catenaria se suspende de estructuras funiculares en las curvas (atirantado flotante) o en puntos de sujeción individuales.

Bajo coste durante su vida útil

En el tranvía de Vitoria-Gasteiz se ha minimizado los puntos de soporte, disminuyendo la cantidad de postes y cimentaciones necesarias. El bajo desgaste en el hilo de contacto beneficia unos ciclos más largos de mantenimiento.

Nuevas tecnologías y materiales

Se utilizan materiales sintéticos tipo parafil para las suspensiones, los atirantados flotantes y los transversales, que junto a la ménsula de acero galvanizado con aislador de resina de pie de ménsula se consigue una solución doblemente aislante.

La característica destacada de un sistema con un hilo de contacto con compensación mediante dispositivos de tensionado por resorte, es su excelente inalterabilidad en lo que se refiere a la fuerza de tracción, sea cual sea la temperatura de servicio. Su instalación permite, únicamente, distancias entre puntos de sujeción reducidos y bajas velocidades de marcha en comparación con un sistema puramente ferroviario e interurbano, factores que para un tranvía no son determinantes tanto por su modo de explotación como por el carácter urbano. Sin embargo, sí supone un ahorro en la implantación del tranvía.

En el tranvía de Vitoria-Gasteiz se define un sistema de compensación mecánica innovador y respetuoso con el entorno de gran calidad urbana en el que se inserta el tranvía. Consiste en un sistema de compensación por muelle, el cual minimiza el impacto visual y permite mantener la misma tipología de soporte.

Se define una tipología de poste que conserva el aspecto externo, con un mismo diámetro exterior para todas las situaciones de esfuerzo al que se le someta, según sea un poste de anclaje de seccionamiento o se encuentre en una curva muy cerrada o en recta.

Mediante la incorporación de suspensiones en delta o suspensiones deslizantes en los puntos de soporte, se reduce el número de postes necesario y se aumenta la longitud de los cantones de compensación, mejorando la calidad de marcha

1.2. CRITERIOS DE DISEÑO

1.2.1. Condiciones de explotación

El sistema de catenaria se diseña para las siguientes condiciones de explotación:

Tensión nominal	750 V _{c.c.}
Nivel de aislamiento eléctrico	1500 V _{c.c.}
Velocidad máxima del material rodante	70 km/h

Tabla 1. Condiciones de explotación

Debe cumplirse la condición de doble aislamiento. Para ello, la ménsula tiene un aislador en el pie de la ménsula y un tirante de cable sintético aislante.

1.2.2. Coeficiente de Seguridad

Se aplicarán los siguientes coeficientes de seguridad en el diseño del sistema, considerando las cargas más desfavorables de operación y el límite de capacidad de esfuerzo de los diferentes materiales.

MATERIAL	COEFICIENTE DE SEGURIDAD
aisladores, a tracción	3,2
aisladores, a flexión	3,2
anclajes en hormigón u otros de fábrica	3,0
estructuras metálicas	1,5
estructuras de hormigón, a tracción	2,7

estructuras de hormigón, a	1,75
compresión	
otros cables	3,0

Tabla 2. Coeficientes de Seguridad

1.2.3. Distancias Mínimas entre Sistemas

Las distancias mínimas entre la catenaria y los vehículos no deberán de ser alteradas, aunque estén en las condiciones de operación más desfavorables.

La columna (1) se aplica como criterio de diseño. La columna (2) se aplica únicamente en caso imprescindible y de total necesidad.

DISTANCIAS MÍNIMAS	(1)	(2)
Partes metálicas bajo tensión hasta el perfil de los vehículos	115 mm	100 mm
Partes metálicas bajo tensión hasta "tierra" en posición de reposo:		
- hormigón	100 mm	100 mm
- metal	115 mm	100 mm
Partes metálicas bajo tensión hasta "tierra" en posición deformada por el pantógrafo:		
- hormigón	80 mm	80 mm
- metal	100 mm	80 mm
Pantógrafo hasta los edificios, estructuras, puesta a tierra e instalaciones	150 mm	100 mm
Pantógrafo hasta las partes metálicas, incluido ménsulas:		
- perpendicular al eje de vías	150 mm	150 mm
- paralelo al eje de vía	150 mm	100 mm

Tabla 3. Distancias mínimas

Todas las partes metálicas bajo tensión, incluso los aisladores, deberán estar situados sobre el hilo de contacto si fuera posible.

Ninguna parte de las instalaciones deberá invadir el gálibo de seguridad del tren.

1.2.4. Gálibo

El gálibo viene dado en el proyecto referencia de Obra Civil, el cual se recoge adicionalmente en este documento.

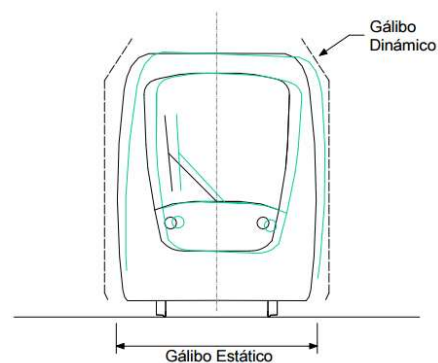
Para las alturas máximas que podrá tener la catenaria a lo largo del trazado se tomarán los siguientes valores:

Alturas máximas (gálidos)	
Altura mínima de catenaria	3,60 m
Altura máxima de catenaria	6,50 m

Tabla 4. Alturas máximas (gálidos)

A efectos de trazado, el gálibo que interesa es el denominado gálibo límite de obstáculos que constituye el volumen en que se inscribe el vehículo y define el espacio dentro del cual no se debe implantar ningún elemento fijo.

El gálibo estático o de construcción del material está conformado por el contorno del vehículo parado en alineación recta y horizontal, con las suspensiones regladas y cuyos componentes no han sufrido desgaste.

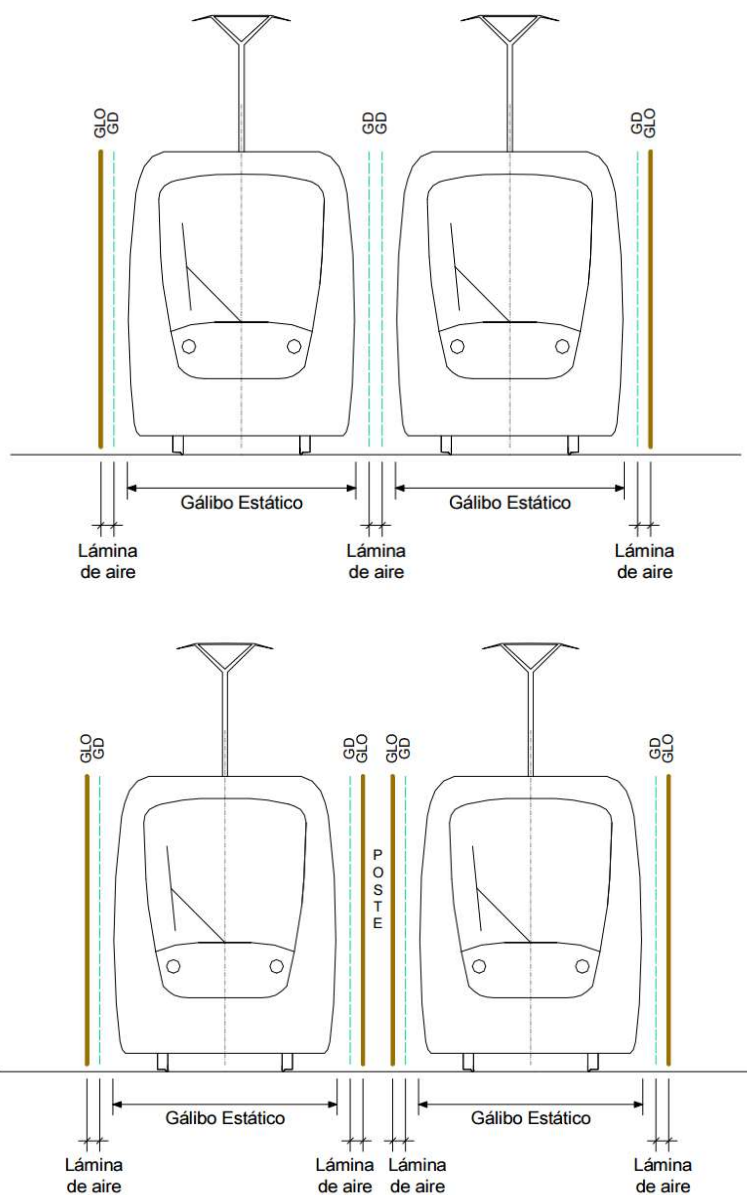


El gálibo dinámico corresponde al espacio ocupado por el vehículo en movimiento. Depende únicamente del tipo de material y de las condiciones en las que se utiliza.

El gálibo libre de obstáculos (GLO) define el espacio que debe respetar todo obstáculo con el fin de permitir la circulación segura del vehículo. Se determina a partir del gálibo dinámico del vehículo aumentado de unas láminas de aire que engloban:

- Las tolerancias de ejecución.
- La deformación de las vías.
- Los sobranchos y sobrealts debidos al uso de peralte.
- Un margen de seguridad.

A continuación, se muestra unos gráficos con la representación de estas láminas de aire, así como su dimensión en función del radio de la curva y para peralte nulo.



GALIBOS (SEMIANCHOS)			
Radio (m)	Interior (m)	Exterior (m)	Total (m)
25	2,04	2,14	4,18
30	1,95	2,05	4,00
50	1,78	1,86	3,64
75	1,68	1,77	3,45
100	1,64	1,71	3,35
120	1,62	1,69	3,31
160	1,59	1,66	3,25
200	1,56	1,64	3,20
400	1,53	1,60	3,13

Tabla 5. Semianchos del gálbo

1.3. CARACTERÍSTICAS GENERALES

1.3.1. Características Generales

Se define una catenaria con las siguientes características:

- Catenaria tipo tranviario de hilo único por vía, sin hilo sustentador y con feeder de acompañamiento.
- Compensación mecánica automática mediante resorte adosado a soporte, con semi-cantones (distancia entre punto fijo y sistema de compensación automática) en torno a 550 metros de longitud máxima.
- Velocidad de hasta 70 km/h.
- Altura del hilo de contacto sobre el plano medio de rodadura de 6000 mm.

1.3.2. Retornos

Para la conducción de las corrientes de retorno se emplearán los propios carriles de vía. Los cables de retorno que llegan a la subestación provenientes de los carriles se realizarán por medio de cables aislados, quedando este suministro y tendido en alcance del contratista de Subestaciones. Se ejecutarán las siguientes instalaciones para el sistema de retorno de tierras.

1.3.3. Arqueta de Negativos

Las arquetas de negativos están incluidas dentro del proyecto de Obra Civil.

Se canalizarán los retornos a través de cables aislados desde los carriles hasta la arqueta de negativos localizada en el exterior de la subestación.

En la Arqueta de Negativos se proveerá de dos pletinas de Cu 1 m. de 100x10 mm con los aisladores correspondientes que provean un aislamiento mínimo de 7kV.

Desde la Arqueta de Negativos, se canalizarán los retornos por medio de cable aislado hasta la celda de retornos en la Subestación, quedando este suministro y tendido en alcance del contratista de Subestaciones.

1.3.4. Conexiones Entre Carriles

Las conexiones entre carriles están incluidas dentro del proyecto de Obra Civil.

Se instalarán conexiones eléctricas entre los carriles conductores de dicha corriente en ambas vías para asegurar el camino de retorno.

Se montarán conectores entre los carriles de una vía cada 125 m, y conectores entre las dos vías cada 250m. (Las distancias pueden variar según necesidades del sistema de señalización).

Todos los conectores serán por medio de cable de cobre aislado 1,8/3 kV RHV, con una sección transversal de 50 mm² para los conectores de carriles y de 95 mm² de sección transversal en el caso de conectores entre vías.

Las conexiones de los conectores a los carriles se realizarán por medio de soldaduras aluminotérmicas.

La siguiente figura muestra la disposición general de los conectores de carriles y vías.

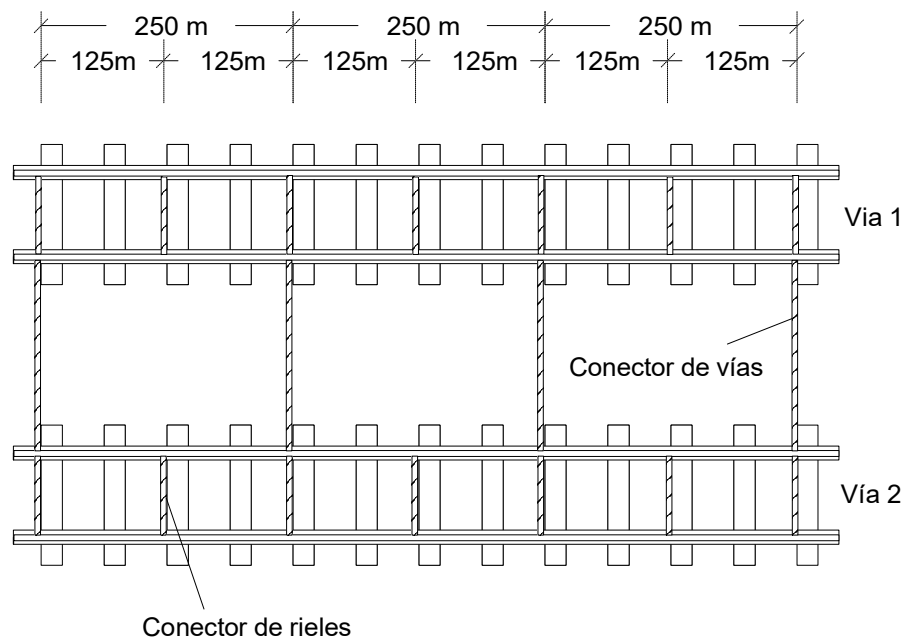


Figura 1. Disposición conectores carriles y vías

1.3.5.Red De Tierras de Estructura Exterior

Aunque la normativa UNE EN 50122 tenga una excepción, -con sistemas de tracción alimentados en 750 V c.c. y que cuenten con doble aislamiento en todos los equipos que se suspendan de los soportes de la línea aérea tranviaria - en cuanto a la no necesidad de una puesta a tierra directa como tal, todas las partes metálicas de la catenaria que no están conectadas eléctricamente con el hilo de contacto por seguridad se conectarán a un sistema único de puesta a tierra, tal y como se ha venido haciendo hasta el momento.

Por tanto, se necesita un sistema de puesta a tierra para asegurar que, por ejemplo, en caso de un cortocircuito que no afecta a los carriles, el suministro de energía desde la subestación a la catenaria se disipe a tierra inmediatamente.

El sistema de puesta a tierra no debe provocar corrientes parásitas que especialmente en ambiente urbano puede causar daños a personas.

La norma UNE 50122 fija los valores máximos considerados como aceptables para las tensiones de contacto (en condiciones de fallo) y las tensiones accesibles (en condiciones de funcionamiento).

- **Tensiones de contacto:** Las tensiones de contacto se dan en condiciones de corta duración (tiempos < 0.5 seg.)
- **Tensiones accesibles:** Las tensiones accesibles se dan para condiciones temporales ($0.5 < t < 300$), y condiciones permanentes ($t > 300$).

En condiciones permanentes las tensiones accesibles no deben superar los 120V, excepto en talleres y emplazamientos similares, en los que el límite debe ser de 60V.

1.3.5.1 Cable de Guarda

El Cable de Guarda está incluido dentro del proyecto de Obra Civil.

A lo largo del trazado del tranvía se canalizará un cable de guarda o de puesta a tierra, de características: LA-110 de 14 mm de diámetro formado por 7 hilos de acero de 2 mm de diámetro y 30 hilos de aluminio de 2 mm de diámetro cumpliendo la norma UNE 21018.

Es de aluminio con alma de acero, sección LA-110, homologado por ADIF.

Características:

Material	Aluminio acero
Sección	110 mm ²
Formación	7x2 mm φ acero 30x2 mm φ aluminio
Peso	0,433 Kg/m
Módulo de elasticidad	8.200 Kg/mm ²
Coeficiente de alargamiento	$17,8 \times 10^{-6}$
Carga de rotura	42.340 N
Resistencia eléctrica	0,307 Ω /Km

El cable de guarda conecta las puestas a tierras de cada uno de los postes.

1.3.5.2 Obra Civil Necesaria

Para la instalación del cable de guarda, es necesaria una canalización general a lo largo de toda la traza, con un tubo de PVC de 90 mm de diámetro. De esta canalización y hasta cada poste debe haber una canalización a cada macizo de los postes. Entre la canalización principal y el macizo del poste se colocará una arqueta de 300x300 de dimensiones exteriores (ref. 050011 de SAMEN o similar) con tapa de fundición con el símbolo de puesta a tierra.

Se situará la salida de un tubo por el interior del macizo y a 5 cm del borde exterior de la placa base. El tubo será corrugado reforzado y enlazará con la canalización que llega al borde del macizo.

El cable de guarda se canalizará a un lado de la plataforma a lo largo de todo el trazado, donde se situarán los postes de catenaria, excepto en tramos con postes en el centro de plataforma tranviaria. El cable de guarda se canalizará junto con los cables de feeder de alimentación a catenaria.

Como arquetas de tendido se tendrán las correspondientes a la canalización compartida por cables de guarda y de feeder. En estas arquetas el cable de guarda va grapado a las paredes por la parte más alejada del paso del feeder.

1.3.5.3 Conexión a los Postes y a las Puestas a Tierra

En el fondo de cada arqueta de puesta a tierra se clavará una pica de acero-cobre de 2 m.

El cable de guarda, a través de un conector, se conexionará con la pica de puesta a tierra. Las conexiones y canalizaciones necesarias se muestran en los planos adjuntos.

Un tramo del cable de guarda se conectará a la placa base del poste, a través de un terminal conectado a uno de los pernos de la base o a la propia estructura metálica del poste y a la pica de puesta a tierra con otro conector. Es importante haber tenido la precaución de quitar la pintura de la zona próxima al perno o estructura metálica del poste para facilitar el contacto eléctrico.

1.3.5.4 Conexión al Circuito de Retorno: DPP0

La misión de los DPP0 – Dispositivos de Protección Polarizada es proteger a las personas ante cualquier accidente causado por contacto o descolgamiento de catenaria, así como protección contra contactos accidentales con la estructura metálica

El DPP0 cumple las funciones de proteger a las personas en las instalaciones de las siguientes situaciones:

En régimen permanente

- Tensiones carril/suelo
- Corrientes vagabundas
- Componentes alternativos que presentan los circuitos de tracción

En régimen accidental

Cortocircuito

- Defecto de catenaria-carril
- Defecto de catenaria-estructuras metálicas

Sobretensión

- Sobretensión de origen atmosférico
- Proximidad de líneas de transporte de energía.

Las corrientes vagabundas se reducirán manteniendo la vía bien saneada y aislada del suelo, y conservando en buenas condiciones las soldaduras de las conexiones eléctricas para tracción en los carriles.

Obra Civil Necesaria

Se realizará una canalización para dos tubos corrugados reforzados hasta la arqueta de puesta a tierra, y desde la arqueta de puesta a tierra se realizará una canalización con tubos del mismo material hasta la canalización de la plataforma tranviaria, en cuyo lateral se conduce el tubo del cable de guarda. Desde este lateral de la canalización se tenderá un tubo bajo la plataforma tranviaria hasta los carriles de la vía. Se unirá a los carriles de ambas vías.

Conexiones de las dpp0 a las puestas a tierra y a carril

El DPP0 se instalará acoplado al poste a una altura de 4 m para que no sea accesible al público en general.

El DPP0 tiene dos salidas, una de las cuales se conexionará a la pica de puesta a tierra y la otra a todos los carriles, cuatro en el caso de vía doble, con cable RHV 0.6/1kV Al 95 mm².

Los cables bajarán a la base del poste por el interior de este último a través de los orificios correspondientes al DPP0, de forma que queden semicultos por el propio DPP0. Los cables están incluidos dentro del proyecto de obra civil.

Situación de los dpp0

Estos dispositivos deben colocarse a distancias comprendidas entre los 600 y 1000 m.

1.4. COMPONENTES Y EQUIPOS

1.4.1. Sistemas de compensación

Los equipos Tensorex C+ o similar, están definidos e incluidos dentro del Proyecto de Obra Civil.

1.4.2. Soportes

Los Postes están definidos e incluidos dentro del Proyecto de Obra Civil. Los cálculos de los esfuerzos están al final del presente anexo.

1.4.2.1 Introducción

La tipología de poste elegida es la telescópica tubular de sección circular y de acero S-275 galvanizado en caliente, salvo en el poste-5a que tiene una calidad de acero S-355.

Todos los postes son de 9 m de altura con un primer tramo de 5.5 metros y un segundo tramo de 3.5 metros.

En coronación del poste se realiza un chaflán y se cierra con una tapa que se une mediante un tornillo a una pletina soldada al tubular.

Todos los postes llevan a 500 mm de la parte superior una ventana de 300 mm de largo por 60 mm de ancho para permitir el paso de los feederes de alimentación al seccionador o a catenaria. Esta ventana se dejará mirando a la vía y se cierran con unas tapas. Llevan un cierre en su parte superior que impide la entrada de agua.

Para garantizar la adherencia de la pintura con el acero galvanizado, se deberá realizar una limpieza profunda que elimine restos de la capa de aceite que queda tras el galvanizado, de modo que se logre una adherencia perfecta de la pintura a añadir en una fase posterior. Después, se realiza una imprimación a base de Epoxi Poliamida Universal con un espesor de película seca de 50 micras. El acabado se realiza mediante una aplicación de una capa general a base de poliuretano alifático de alta retención de brillo y color, con un espesor de película seca de 50 micras. El mástil base se pinta con un color gris forja y el superior con color tipo aluminio. De esta manera, se reproducen las farolas que actualmente están implantadas en Vitoria Gasteiz, mimetizando los postes de catenaria con los báculos de luminaria.

Se fijan a la cimentación mediante pernos de anclaje y una placa de reparto cuadrangular.

1.4.2.2 Tipos de Postes

Se definen seis tipos de postes todos ellos telescópicos con dos cuerpos, generados mediante dos tubulares de sección circular. La base del poste es un tubular de 273 mm.

- Anejo 5: Criterios de diseño -

de diámetro exterior y 5500 mm de altura. El mástil superior es otro tubular de 193.7 mm de diámetro exterior y 3500 mm de altura. El espesor del tubular varía hasta conseguir la capacidad mecánica necesaria según sea el esfuerzo a resistir. Esta tipología se repite en todos los tipos de poste y por lo tanto, se consigue una misma apariencia exterior para todos los postes que se proyectan.

El mástil superior se introduce dentro del cuerpo del poste base, que se acopla mediante una transición troncónica hasta alcanzar los 193.7 mm del diámetro del tubular superior.

A continuación, se describen las características de cada poste:

Poste-3

El momento último tubular base es de 6.93 tm.

Diámetro exterior	Espesor	Masa lineal	Area de la sección	Momento de inercia	Radio de giro	Módulo elástico	Módulo plástico	Constantes de torsión		Area superf. ext.
D	T	M	A	I	i	W _{el}	W _{pl}	I _t	C _t	A _s
mm	mm	kg/m	cm ²	cm ⁴	cm	cm ³	cm ³	cm ⁴	cm ³	m ² /m
273	5	33,0	42,1	3.781	9,48	277	359	7.562	554	0,858

El momento último tubular superior es de 3.40 tm.

Diámetro exterior	Espesor	Masa lineal	Area de la sección	Momento de inercia	Radio de giro	Módulo elástico	Módulo plástico	Constantes de torsión		Area superf. ext.
D	T	M	A	I	i	W _{el}	W _{pl}	I _t	C _t	A _s
mm	mm	kg/m	cm ²	cm ⁴	cm	cm ³	cm ³	cm ⁴	cm ³	m ² /m
193,7	5	23,3	29,6	1.320	6,67	136	178	2.640	273	0,609

Poste-2

El momento último tubular base es de 10.72 tm.

Diámetro exterior	Espesor	Masa lineal	Area de la sección	Momento de inercia	Radio de giro	Módulo elástico	Módulo plástico	Constantes de torsión		Area superf. ext.
D	T	M	A	I	i	W _{el}	W _{pl}	I _t	C _t	A _s
mm	mm	kg/m	cm ²	cm ⁴	cm	cm ³	cm ³	cm ⁴	cm ³	m ² /m
273	8	52,3	66,6	5.852	9,37	429	562	11.703	857	0,858

El momento último tubular superior es de 3.40 tm.

Diámetro exterior	Espesor	Masa lineal	Area de la sección	Momento de inercia	Radio de giro	Módulo elástico	Módulo plástico	Constantes de torsión		Area superf. ext.
-------------------	---------	-------------	--------------------	--------------------	---------------	-----------------	-----------------	-----------------------	--	-------------------

D	T	M	A	I	i	W _{el}	W _{pl}	I _t	C _t	A _s
mm	mm	kg/m	cm ²	cm ⁴	cm	cm ³	cm ³	cm ⁴	cm ³	m ² /m
193,7	5	23,3	29,6	1.320	6,67	136	178	2.640	273	0,609

Poste-5

El momento último tubular base es de 15.37 tm.

Diámetro exterior	Espesor	Masa lineal	Area de la sección	Momento de inercia	Radio de giro	Módulo elástico	Módulo plástico	Constantes de torsión	Area superf. ext.	
D	T	M	A	I	i	W _{el}	W _{pl}	I _t	C _t	A _s
mm	mm	kg/m	cm ²	cm ⁴	cm	cm ³	cm ³	cm ⁴	cm ³	m ² /m
273	12	77,2	98,4	8.396	9,24	615	818	16.792	1.230	0,858

El momento último tubular superior es de 6.30 tm.

Diámetro exterior	Espesor	Masa lineal	Area de la sección	Momento de inercia	Radio de giro	Módulo elástico	Módulo plástico	Constantes de torsión	Area superf. ext.	
D	T	M	A	I	i	W _{el}	W _{pl}	I _t	C _t	A _s
mm	mm	kg/m	cm ²	cm ⁴	cm	cm ³	cm ³	cm ⁴	cm ³	m ² /m
193,7	10	45,3	57,7	2.442	6,50	252	338	4.883	504	0,609

Poste-5b

El tubular base es un tubular de 273 mm de diámetro exterior y 12.5 mm de espesor relleno de hormigón con las siguientes características:

Superficie	A	=	58496.4360 mm ²	A*	=	17128.4770 mm ²
Perímetro	S	=	1636.5005 mm			
Momentos de inercia	I _x	=	0.0000 mm ⁴	I _y *	=	113387046.9292 mm ⁴
	I _y	=	272300856.8289 mm ⁴	I _z *	=	113386996.6096 mm ⁴
	I _z	=	272300829.8660 mm ⁴			
Radios de inercia	i _y	=	68.2276 mm	i _y *	=	81.3621 mm
	i _z	=	68.2276 mm	i _z *	=	81.3621 mm
Distancias extremales	V _y	=	136.5000 mm	V _y *	=	136.5000 mm
	V _{py}	=	136.5000 mm	V _{py} *	=	136.5000 mm
	V _z	=	136.5000 mm	V _z *	=	136.5000 mm
	V _{pz}	=	136.5000 mm	V _{pz} *	=	136.5000 mm

*(el apóstrofe hace referencia a la sección homogeneizada)

El momento último de esta sección se obtiene mediante el diagrama de interacción axil-flexión para las diferentes distribuciones de tensiones. Se considera un diagrama de tensión-deformación no elástico sin tener en cuenta la interacción del cortante puesto que este esfuerzo es menor del 50% de la resistencia plástica a cortante de la sección, Vpl.Rd.

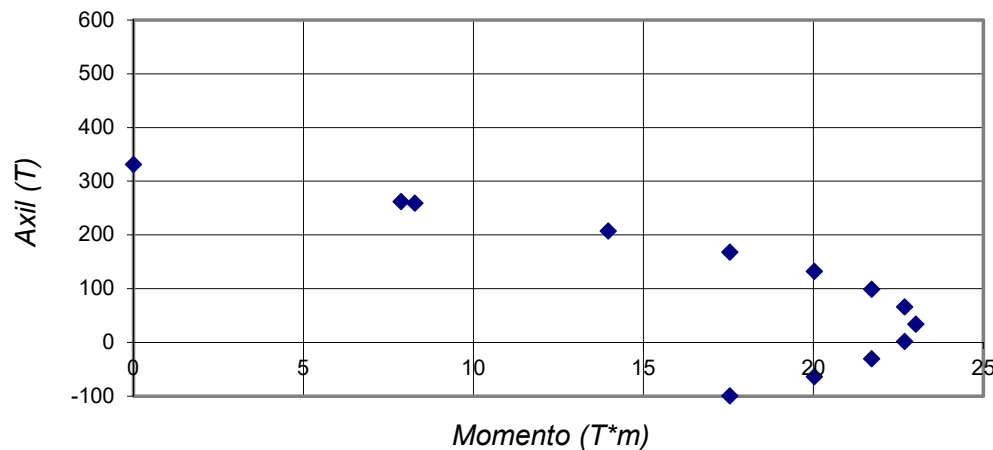


Figura 2. Diagrama momento último frente axil para la sección mixta

Según el gráfico, el momento último de la sección mixta es de 22,60 T*m. Para este esfuerzo, equivalente a 3.25 t a 7 metros de altura, es necesario realizar una conexión mecánica entre acero-hormigón debido a que el esfuerzo rasante que se moviliza es superior al valor límite 0,004 t/cm² que marca el Eurocodigo-4 para secciones huecas rellenas de hormigón.

El momento último tubular superior es de 7.32 tm.

Diámetro exterior	Espesor	Masa lineal	Area de la sección	Momento de inercia	Radio de giro	Módulo elástico	Módulo plástico	Constantes de torsión		Area superf. ext.
D	T	M	A	I	i	W _{el}	W _{pl}	I _t	C _t	A _s
mm	mm	kg/m	cm ²	cm ⁴	cm	cm ³	cm ³	cm ⁴	cm ³	m ² /m
193,7	12	53,8	68,5	2.839	6,44	293	397	5.678	586	0,609

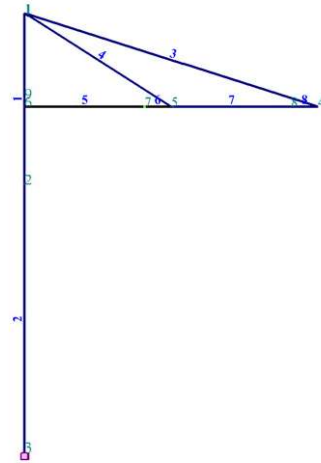
1.4.2.3 Flechas

En este apartado se calcula la flecha máxima de cada tipo de poste para las solicitaciones a las que está sometido cada soporte en el tendido de catenaria del tranvía de Vitoria-Gasteiz.

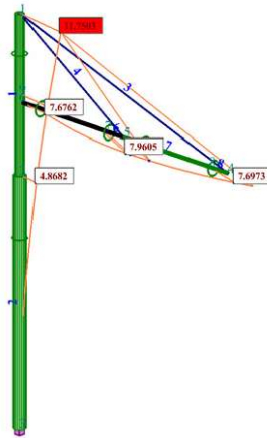
También, se calcula la flecha para un estado de cargas permanentes (peso propio y esfuerzo de anclaje de catenaria). Con este valor se define el giro impuesto en apoyo que se debe dar a cada tipo de poste para contrarrestar esta flecha.

Poste-3 lateral

Aplomado de 0.61°.



Solicitud máxima



Despl 5cm
 Max=11,7503
 casos: 1 (PERM1)



- Caso: 1 (PERM1)

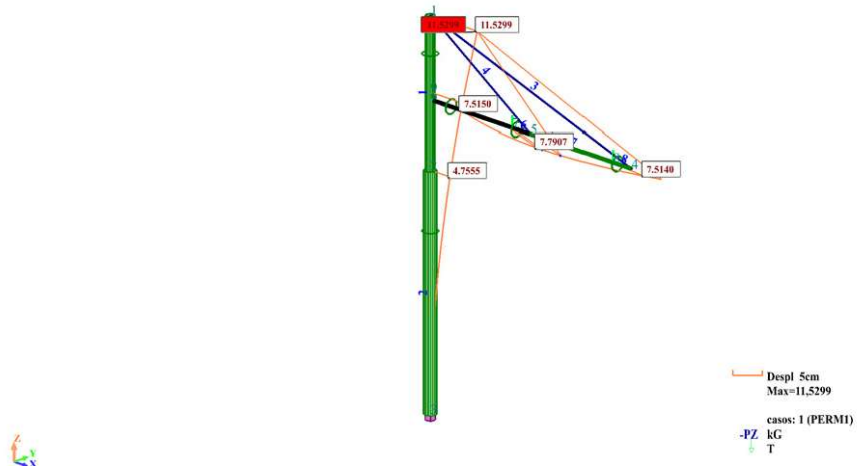
Filtrar	Nudo	Caso
Lista completa	1A9	1
Selección	1A9	1
Número total	9	1
Número selecciona	9	1

- Caso: 1 (PERM1)

Nudo/Caso	UX (cm)	UY (cm)	UZ (cm)	RX (Deg)
1/ 1	11,6401	-1,6031	-0,0938	0,1428
2/ 1	4,8082	-0,7614	-0,0245	0,1226
3/ 1	0,0	0,0	0,0	0,0
4/ 1	7,5665	-1,2346	-0,1570	0,1396
5/ 1	7,5740	-1,1637	-2,0556	0,1396
6/ 1	7,5928	-1,1272	-0,0500	0,1395
7/ 1	7,5745	-1,1529	-2,1554	0,1396
8/ 1	7,5696	-1,2208	-0,6777	0,1396
9/ 1	7,9299	-1,1688	-0,0534	0,1403

Nudo/Caso	RY (Deg)	RZ (Deg)
1/ 1	1,2490	-0,0009
2/ 1	0,8613	-0,0005
3/ 1	0,0	0,0
4/ 1	-0,5566	-0,0113
5/ 1	-0,1530	-0,0096
6/ 1	1,1255	-0,0009
7/ 1	-0,0341	-0,0088
8/ 1	-0,5127	-0,0113
9/ 1	1,1464	-0,0009

Solicitud permanente



- Caso: 1 (PERM1)

Filtrar	Nudo	Caso
Lista completa	1A9	1
Selección	1A9	1
Número total	9	1
Número selecciona	9	1

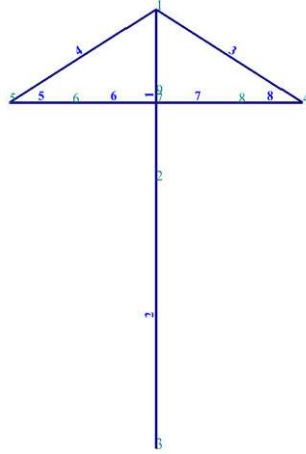
- Caso: 1 (PERM1)

Nudo/Caso	UX (cm)	UY (cm)	UZ (cm)	RX (Deg)
1/ 1	11,5296	-0,0000	-0,0901	-0,0000
2/ 1	4,7554	-0,0000	-0,0230	0,0000
3/ 1	0,0	0,0	0,0	0,0
4/ 1	7,4878	-0,0000	-0,0587	-0,0000
5/ 1	7,4956	-0,0000	-2,0045	-0,0000
6/ 1	7,5149	-0,0000	-0,0476	0,0000
7/ 1	7,4961	-0,0000	-2,1132	-0,0000
8/ 1	7,4909	-0,0000	-0,5880	-0,0000
9/ 1	7,8491	-0,0000	-0,0509	0,0000

Nudo/Caso	RY (Deg)	RZ (Deg)
1/ 1	1,2393	0,0000
2/ 1	0,8528	0,0000
3/ 1	0,0	0,0
4/ 1	-0,5654	-0,0000
5/ 1	-0,1620	-0,0000
6/ 1	1,1159	0,0000
7/ 1	-0,0432	-0,0000
8/ 1	-0,5215	-0,0000
9/ 1	1,1368	0,0000

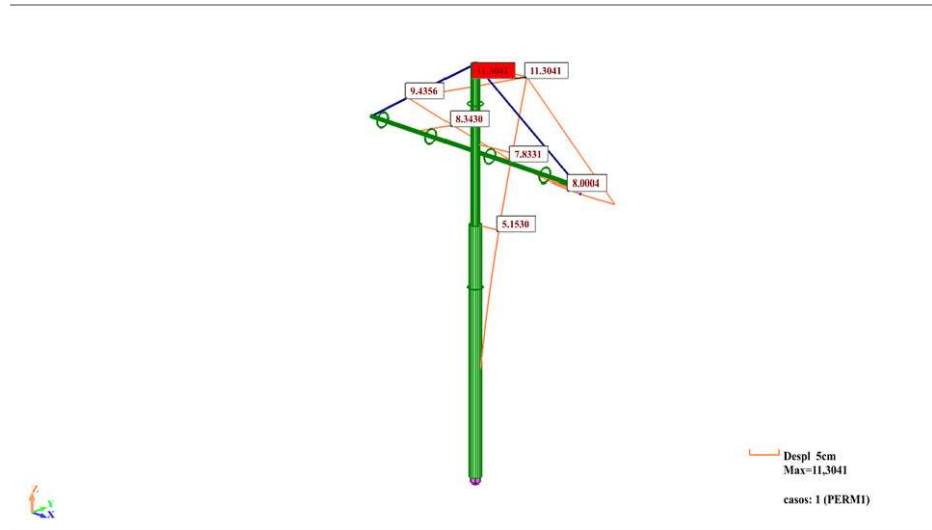
Poste-3 central

Aplomado de 0° (Aplomado de 0.62° para descentramientos del mismo signo).



Solicitud máxima

Vista - Def. exacta; casos: 1 (PERM1)



- Caso: 1 (PERM1)

Filtrar	Nudo	Caso
Lista completa	1A9	1
Selección	1A9	1
Número total	9	1
Número selecciona	9	1

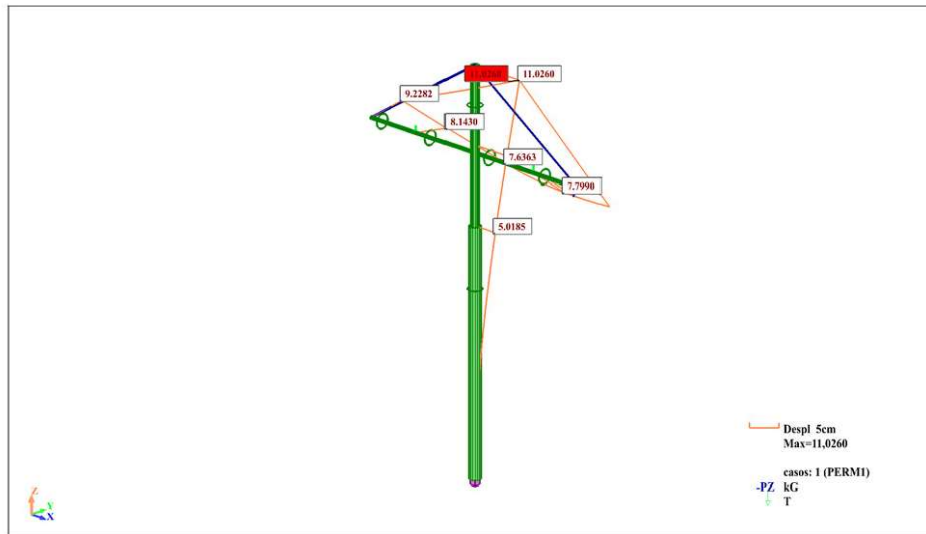
- Caso: 1 (PERM1)

Nudo/Caso	UX (cm)	UY (cm)	UZ (cm)	RX (Deg)
1/ 1	11,1925	1,5846	-0,0026	-0,1411
2/ 1	5,0977	0,7531	-0,0018	-0,1212
3/ 1	0,0	0,0	0,0	0,0
4/ 1	7,7540	1,1145	-1,4738	-0,1378
5/ 1	7,7565	1,1145	5,2559	-0,1378
6/ 1	7,7563	1,1145	2,8642	-0,1378
7/ 1	7,7534	1,1145	-0,0022	-0,1378
8/ 1	7,7548	1,1145	-1,6207	-0,1378
9/ 1	8,0529	1,1556	-0,0023	-0,1386

Nudo/Caso	RY (Deg)	RZ (Deg)
1/ 1	1,0359	0,0000
2/ 1	0,8757	0,0000
3/ 1	0,0	0,0
4/ 1	-0,1619	-0,0000
5/ 1	1,0829	0,0000
6/ 1	0,9996	0,0000
7/ 1	1,0069	0,0000
8/ 1	0,1266	-0,0000
9/ 1	1,0119	0,0000

Solicitud permanente

Vista - Def. exacta; casos: 1 (PERM1)



- Caso: 1 (PERM1)

Filtrar	Nudo	Caso
Lista completa	1A9	1
Selección	1A9	1
Número total	9	1
Número selecciona	9	1

- Caso: 1 (PERM1)

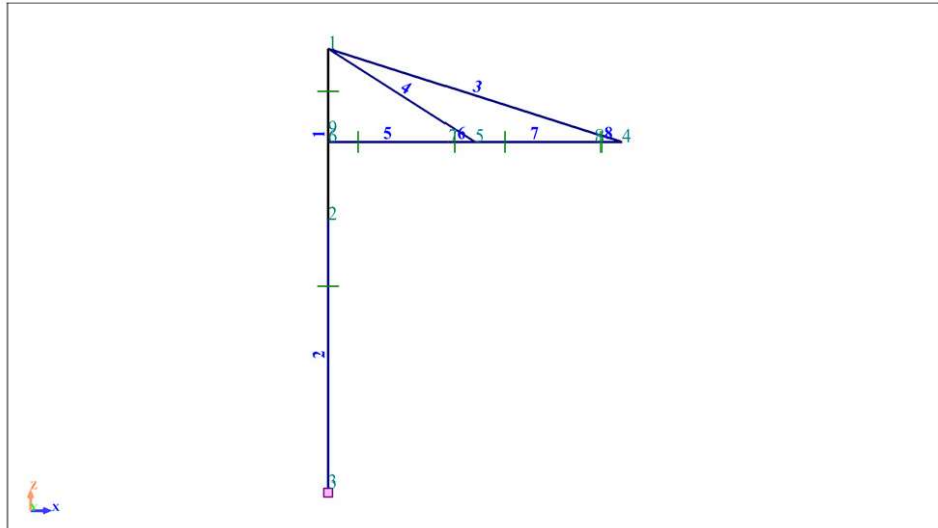
Nudo/Caso	UX (cm)	UY (cm)	UZ (cm)	RX (Deg)
1/ 1	11,0260	-0,0000	-0,0026	0,0000
2/ 1	5,0185	-0,0000	-0,0018	0,0000
3/ 1	0,0	0,0	0,0	0,0
4/ 1	7,6368	-0,0000	-1,3984	0,0000
5/ 1	7,6394	-0,0000	5,1768	0,0000
6/ 1	7,6391	-0,0000	2,8199	0,0000
7/ 1	7,6363	-0,0000	-0,0022	0,0000
8/ 1	7,6377	-0,0000	-1,5779	0,0000
9/ 1	7,9315	-0,0000	-0,0023	0,0000

Nudo/Caso	RY (Deg)	RZ (Deg)
1/ 1	1,0211	0,0000
2/ 1	0,8629	0,0000
3/ 1	0,0	0,0
4/ 1	-0,1762	-0,0000
5/ 1	1,0674	-0,0000
6/ 1	0,9843	-0,0000
7/ 1	0,9924	0,0000
8/ 1	0,1123	-0,0000
9/ 1	0,9973	0,0000

Poste-2 lateral

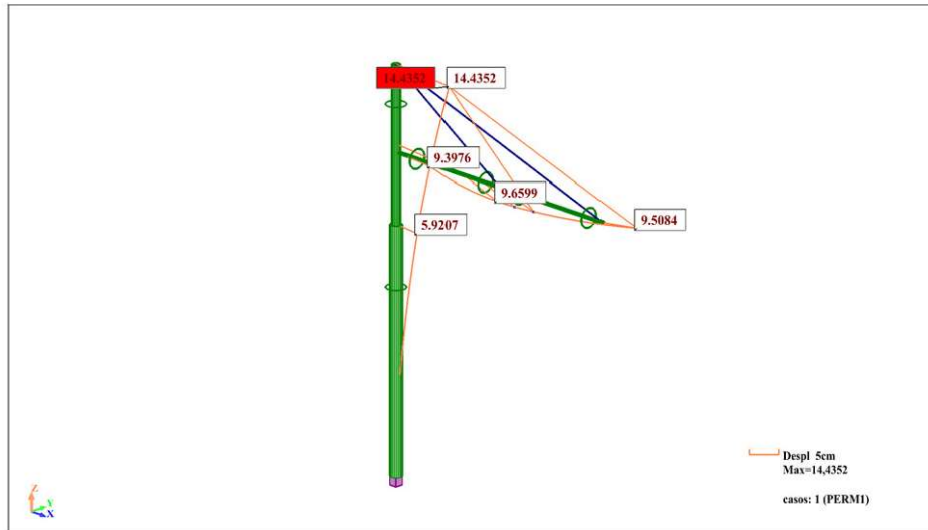
Aplomado de 0.75°

Vista - casos: 1 (PERM1)



Solicitud máxima

Vista - Def. exacta; casos: 1 (PERM1)



- Caso: 1 (PERM1)

Filtrar	Nudo	Caso
Lista completa	1A9	1
Selección	1A9	1
Número total	9	1
Número selecciona	9	1

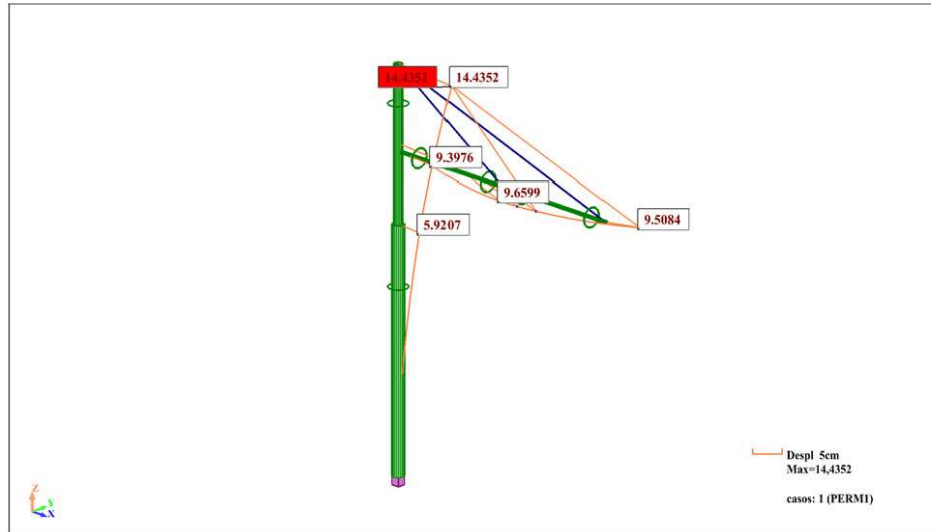
- Caso: 1 (PERM1)

Nudo/Caso	UX (cm)	UY (cm)	UZ (cm)	RX (Deg)
1/ 1	14,3709	-1,3539	-0,1403	0,1208
2/ 1	5,8852	-0,6465	-0,0348	0,1007
3/ 1	0,0	0,0	0,0	0,0
4/ 1	9,3098	-1,0307	1,6355	0,1176
5/ 1	9,3297	-0,9782	-1,8801	0,1176
6/ 1	9,3489	-0,9517	-0,0736	0,1175
7/ 1	9,3304	-0,9701	-2,1913	0,1176
8/ 1	9,3171	-1,0204	0,7826	0,1176
9/ 1	9,7703	-0,9867	-0,0789	0,1183

Nudo/Caso	RY (Deg)	RZ (Deg)
1/ 1	1,5438	-0,0006
2/ 1	1,0339	-0,0004
3/ 1	0,0	0,0
4/ 1	-0,9039	-0,0073
5/ 1	-0,3935	-0,0063
6/ 1	1,4087	-0,0006
7/ 1	-0,2306	-0,0058
8/ 1	-0,8546	-0,0073
9/ 1	1,4316	-0,0006

Solicitud permanente

Vista - Def. exacta, casos: 1 (PERM1)



- Caso: 1 (PERM1)

Filtrar	Nudo	Caso
Lista completa	1A9	1
Selección	1A9	1
Número total	9	1
Número selecciona	9	1

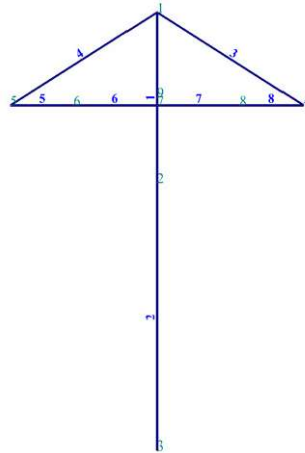
- Caso: 1 (PERM1)

Nudo/Caso	UX (cm)	UY (cm)	UZ (cm)	RX (Deg)
1/ 1	14,2783	0,0000	-0,1375	-0,0000
2/ 1	5,8406	-0,0000	-0,0339	0,0000
3/ 1	0,0	0,0	0,0	0,0
4/ 1	9,2441	-0,0000	1,7157	-0,0000
5/ 1	9,2644	-0,0000	-1,8383	-0,0000
6/ 1	9,2834	0,0000	-0,0719	-0,0000
7/ 1	9,2652	-0,0000	-2,1567	-0,0000
8/ 1	9,2515	-0,0000	0,8558	-0,0000
9/ 1	9,7024	0,0000	-0,0771	-0,0000

Nudo/Caso	RY (Deg)	RZ (Deg)
1/ 1	1,5357	0,0000
2/ 1	1,0270	0,0000
3/ 1	0,0	0,0
4/ 1	-0,9112	-0,0000
5/ 1	-0,4009	-0,0000
6/ 1	1,4007	0,0000
7/ 1	-0,2381	-0,0000
8/ 1	-0,8620	-0,0000
9/ 1	1,4235	0,0000

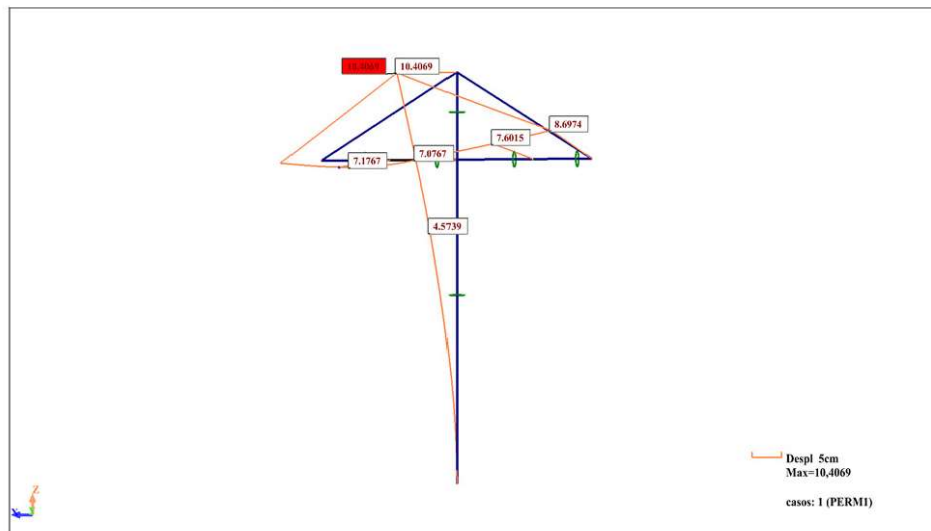
Poste-2 central

Aplomado de 0° (aplomado de 0.56° para descentramientos del mismo signo)



Solicitud máxima

Vista - Def. exacta; casos: 1 (PERM1)



- Caso: 1 (PERM1)

Filtrar	Nudo	Caso
Lista completa	1A9	1
Selección	1A9	1
Número total	9	1
Número selecciona	9	1

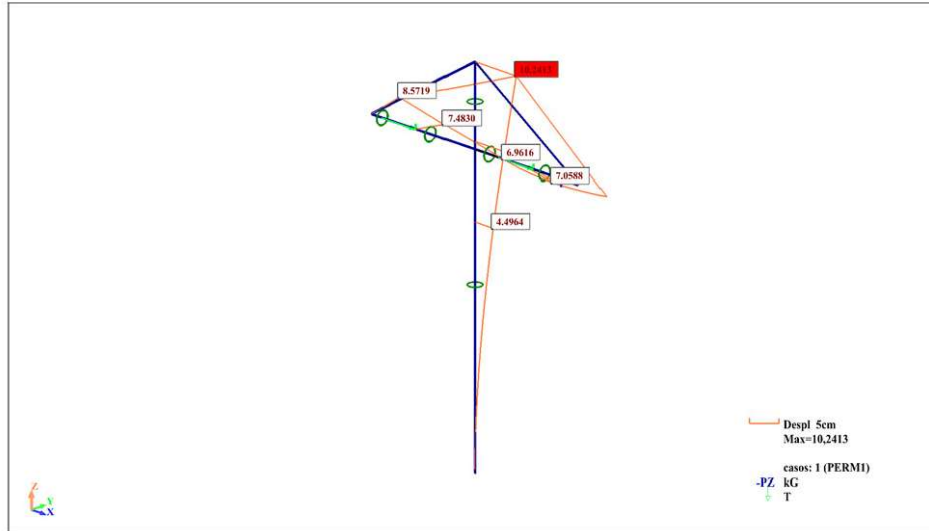
- Caso: 1 (PERM1)

Nudo/Caso	UX (cm)	UY (cm)	UZ (cm)	RX (Deg)
1/ 1	10,3525	1,0605	-0,0707	-0,0986
2/ 1	4,5477	0,4885	-0,0212	-0,0787
3/ 1	0,0	0,0	0,0	0,0
4/ 1	7,0303	0,7392	-0,4194	-0,0953
5/ 1	7,0848	0,7385	4,9904	-0,0954
6/ 1	7,0645	0,7356	2,7083	-0,0954
7/ 1	7,0385	0,7328	-0,0415	-0,0953
8/ 1	7,0337	0,7348	-1,1944	-0,0953
9/ 1	7,3257	0,7612	-0,0440	-0,0961

Nudo/Caso	RY (Deg)	RZ (Deg)
1/ 1	1,0011	0,0002
2/ 1	0,7817	0,0001
3/ 1	0,0	0,0
4/ 1	-0,4544	0,0008
5/ 1	1,0320	-0,0006
6/ 1	0,9566	-0,0005
7/ 1	0,9648	0,0001
8/ 1	-0,1186	0,0007
9/ 1	0,9709	0,0001

Solicitud permanente

Vista - Def. exacta; casos: 1 (PERM1)



- Caso: 1 (PERM1)

Filtrar	Nudo	Caso
Lista completa	1A9	1
Selección	1A9	1
Número total	9	1
Número selecciona	9	1

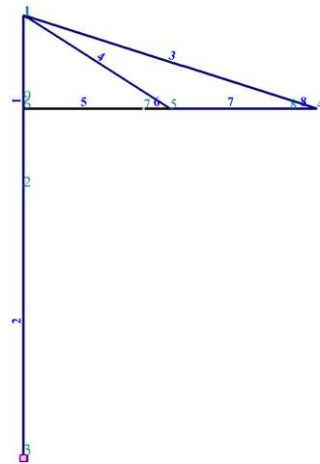
- Caso: 1 (PERM1)

Nudo/Caso	UX (cm)	UY (cm)	UZ (cm)	RX (Deg)
1/ 1	10,2411	0,0000	-0,0686	-0,0000
2/ 1	4,4964	-0,0000	-0,0205	0,0000
3/ 1	0,0	0,0	0,0	0,0
4/ 1	6,9533	-0,0000	-0,3654	-0,0000
5/ 1	7,0069	0,0000	4,9377	-0,0000
6/ 1	6,9870	0,0000	2,6791	-0,0000
7/ 1	6,9615	-0,0000	-0,0402	-0,0000
8/ 1	6,9569	-0,0000	-1,1634	-0,0000
9/ 1	7,2457	-0,0000	-0,0426	-0,0000

Nudo/Caso	RY (Deg)	RZ (Deg)
1/ 1	0,9907	0,0000
2/ 1	0,7734	0,0000
3/ 1	0,0	0,0
4/ 1	-0,4646	-0,0000
5/ 1	1,0216	-0,0000
6/ 1	0,9462	-0,0000
7/ 1	0,9548	0,0000
8/ 1	-0,1286	-0,0000
9/ 1	0,9608	0,0000

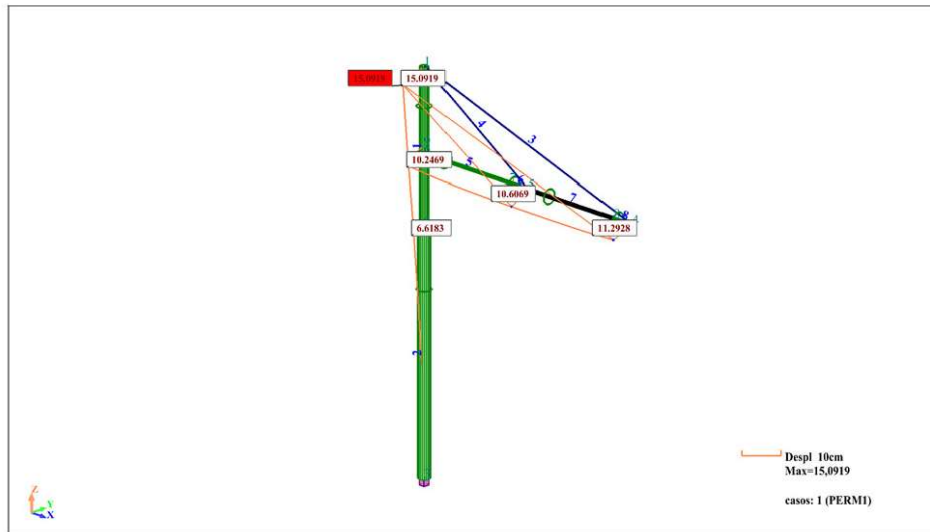
Poste-5 lateral

Aplomado de 0.79° según dirección de anclaje.



Solicitud máxima

Vista - Def. exacta; casos: 1 (PERM1)



- Caso: 1 (PERM1)

Filtrar	Nudo	Caso
Lista completa	1A9	1
Selección	1A9	1
Número total	9	1
Número selecciona	9	1

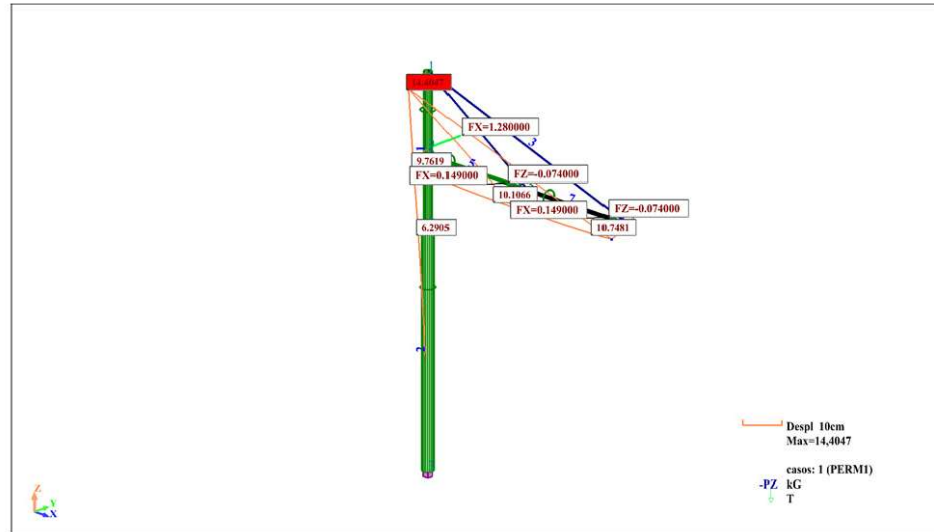
- Caso: 1 (PERM1)

Nudo/Caso	UX (cm)	UY (cm)	UZ (cm)	RX (Deg)
1/ 1	5,9821	-13,8550	-0,1471	1,2939
2/ 1	2,3450	-6,1888	-0,0431	1,0672
3/ 1	0,0	0,0	0,0	0,0
4/ 1	3,7694	-10,7739	-0,5257	1,2913
5/ 1	3,7738	-9,9486	-1,2998	1,2908
6/ 1	3,7861	-9,5214	-0,0852	1,2898
7/ 1	3,7747	-9,8225	-1,3329	1,2905
8/ 1	3,7711	-10,6133	-0,8150	1,2913
9/ 1	3,9669	-9,9045	-0,0905	1,2923

Nudo/Caso	RY (Deg)	RZ (Deg)
1/ 1	0,6818	-0,0043
2/ 1	0,4249	-0,0025
3/ 1	0,0	0,0
4/ 1	-0,3189	-0,1449
5/ 1	-0,0481	-0,1212
6/ 1	0,6026	-0,0048
7/ 1	-0,0003	-0,1097
8/ 1	-0,2684	-0,1444
9/ 1	0,6161	-0,0047

Solicitud permanente

Vista - Def. exacta; casos: 1 (PERM1)



- Caso: 1 (PERM1)

Filtrar	Nudo	Caso
Lista completa	1A9	1
Selección	1A9	1
Número total	9	1
Número selecciona	9	1

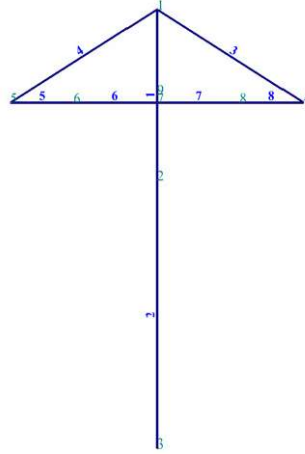
- Caso: 1 (PERM1)

Nudo/Caso	UX (cm)	UY (cm)	UZ (cm)	RX (Deg)
1/ 1	5,9315	-13,1261	-0,1345	1,2279
2/ 1	2,3212	-5,8465	-0,0391	1,0120
3/ 1	0,0	0,0	0,0	0,0
4/ 1	3,7342	-10,2015	-0,4697	1,2270
5/ 1	3,7385	-9,4178	-1,2682	1,2265
6/ 1	3,7507	-9,0122	-0,0777	1,2256
7/ 1	3,7394	-9,2981	-1,3058	1,2263
8/ 1	3,7359	-10,0490	-0,7634	1,2270
9/ 1	3,9302	-9,3762	-0,0826	1,2277

Nudo/Caso	RY (Deg)	RZ (Deg)
1/ 1	0,6772	-0,0040
2/ 1	0,4210	-0,0024
3/ 1	0,0	0,0
4/ 1	-0,3235	-0,1375
5/ 1	-0,0527	-0,1150
6/ 1	0,5981	-0,0045
7/ 1	-0,0049	-0,1041
8/ 1	-0,2730	-0,1371
9/ 1	0,6116	-0,0044

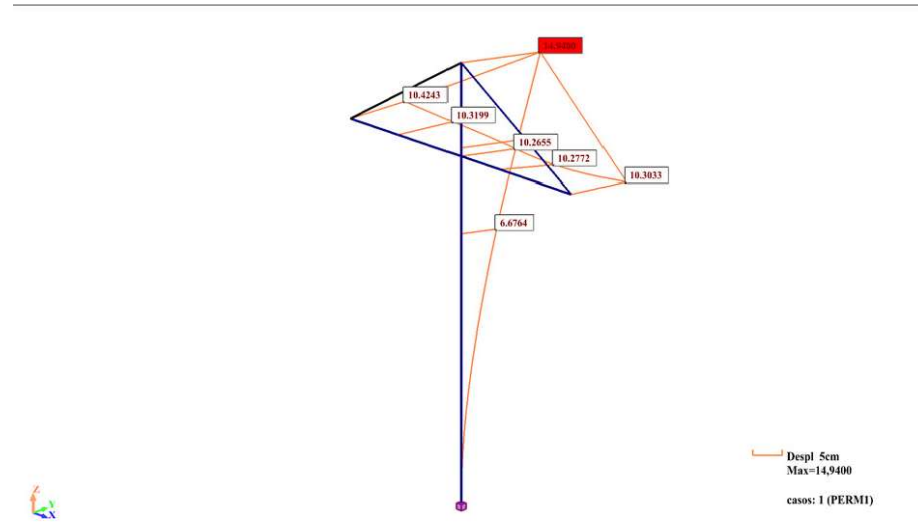
Poste-5 central

Aplomado de 0.79° según la dirección del anclaje.



Solicitud máxima

√ista - Def. exacta; casos: 1 (PERM1)



- Caso: 1 (PERM1)

Filtrar	Nudo	Caso
Lista completa	1A9	1
Selección	1A9	1
Número total	9	1
Número selecciona	9	1

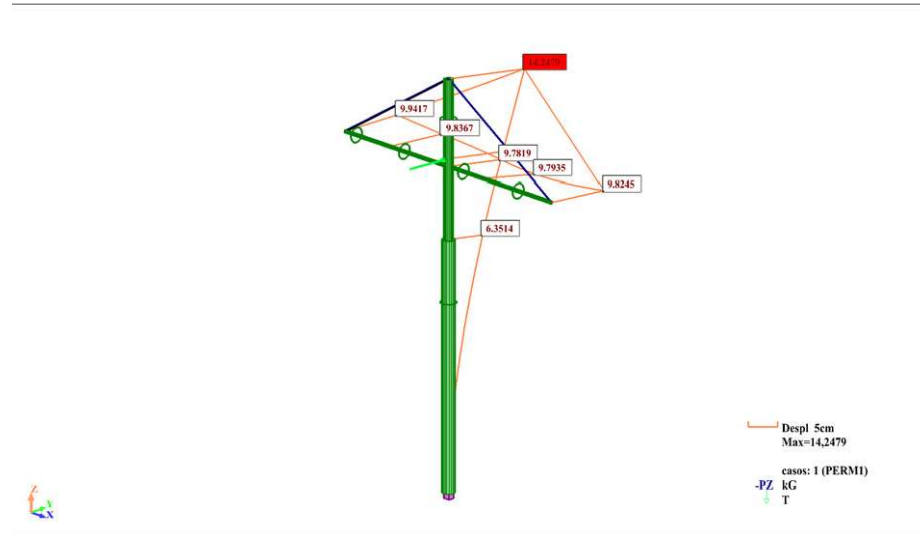
- Caso: 1 (PERM1)

Nudo/Caso	UX (cm)	UY (cm)	UZ (cm)	RX (Deg)
1/ 1	5,8595	13,7430	-0,0019	-1,2830
2/ 1	2,6227	6,1397	-0,0014	-1,0586
3/ 1	0,0	0,0	0,0	0,0
4/ 1	4,0207	9,4454	0,8811	-1,2792
5/ 1	4,0231	9,4454	1,8069	-1,2792
6/ 1	4,0229	9,4454	1,0486	-1,2792
7/ 1	4,0205	9,4454	-0,0017	-1,2792
8/ 1	4,0215	9,4454	-0,3004	-1,2792
9/ 1	4,1800	9,8254	-0,0017	-1,2816

Nudo/Caso	RY (Deg)	RZ (Deg)
1/ 1	0,5552	-0,0000
2/ 1	0,4513	-0,0000
3/ 1	0,0	0,0
4/ 1	-0,6240	-0,0000
5/ 1	0,3535	-0,0000
6/ 1	0,2985	-0,0000
7/ 1	0,5358	-0,0000
8/ 1	-0,3170	-0,0000
9/ 1	0,5392	-0,0000

Solicitud permanente

Vista - Def. exacta; casos: 1 (PERM1)



- Caso: 1 (PERM1)

Filtrar	Nudo	Caso
Lista completa	1A9	1
Selección	1A9	1
Número total	9	1
Número selecciona	9	1

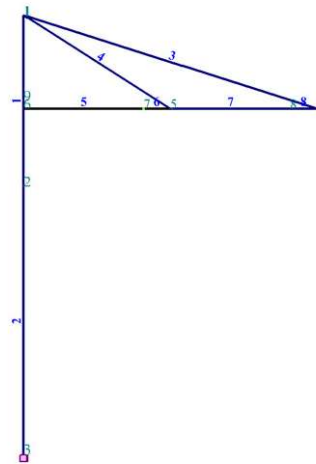
- Caso: 1 (PERM1)

Nudo/Caso	UX (cm)	UY (cm)	UZ (cm)	RX (Deg)
1/ 1	5,7837	13,0213	-0,0019	-1,2176
2/ 1	2,5871	5,8006	-0,0014	-1,0040
3/ 1	0,0	0,0	0,0	0,0
4/ 1	3,9677	8,9411	0,9133	-1,2156
5/ 1	3,9701	8,9411	1,7699	-1,2156
6/ 1	3,9699	8,9411	1,0280	-1,2156
7/ 1	3,9675	8,9411	-0,0017	-1,2156
8/ 1	3,9685	8,9411	-0,2817	-1,2156
9/ 1	4,1250	9,3022	-0,0017	-1,2176

Nudo/Caso	RY (Deg)	RZ (Deg)
1/ 1	0,5483	-0,0000
2/ 1	0,4455	-0,0000
3/ 1	0,0	0,0
4/ 1	-0,6299	-0,0000
5/ 1	0,3462	-0,0000
6/ 1	0,2914	-0,0000
7/ 1	0,5291	-0,0000
8/ 1	-0,3231	-0,0000
9/ 1	0,5325	-0,0000

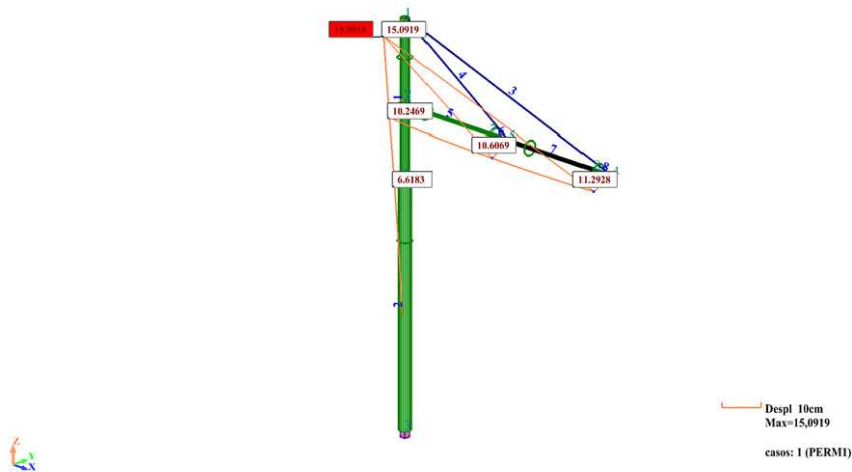
Poste-5a lateral

Aplomada de 1.00° según dirección de anclaje.



Solicitud máxima

Vista - Def. exacta; casos: 1 (PERM1)



- Caso: 1 (PERM1)

Filtrar	Nudo	Caso
Lista completa	1A9	1
Selección	1A9	1
Número total	9	1
Número selecciona	9	1

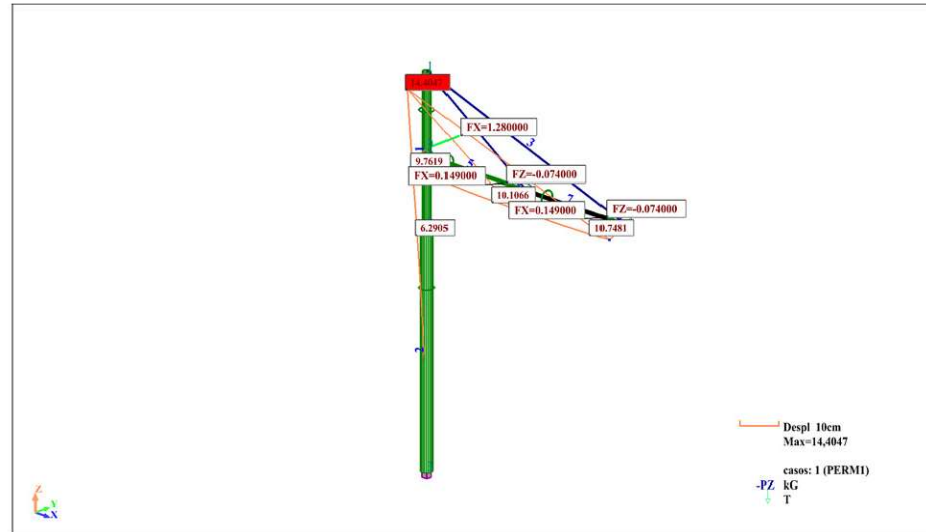
- Caso: 1 (PERM1)

Nudo/Caso	UX (cm)	UY (cm)	UZ (cm)	RX (Deg)
1/ 1	5,9821	-13,8550	-0,1471	1,2939
2/ 1	2,3450	-6,1888	-0,0431	1,0672
3/ 1	0,0	0,0	0,0	0,0
4/ 1	3,7694	-10,7739	-0,5257	1,2913
5/ 1	3,7738	-9,9486	-1,2998	1,2908
6/ 1	3,7861	-9,5214	-0,0852	1,2898
7/ 1	3,7747	-9,8225	-1,3329	1,2905
8/ 1	3,7711	-10,6133	-0,8150	1,2913
9/ 1	3,9669	-9,9045	-0,0905	1,2923

Nudo/Caso	RY (Deg)	RZ (Deg)
1/ 1	0,6818	-0,0043
2/ 1	0,4249	-0,0025
3/ 1	0,0	0,0
4/ 1	-0,3189	-0,1449
5/ 1	-0,0481	-0,1212
6/ 1	0,6026	-0,0048
7/ 1	-0,0003	-0,1097
8/ 1	-0,2684	-0,1444
9/ 1	0,6161	-0,0047

Solicitud permanente

Vista - Def. exacta; casos: 1 (PERM1)



- Caso: 1 (PERM1)

Filtrar	Nudo	Caso
Lista completa	1A9	1
Selección	1A9	1
Número total	9	1
Número selecciona	9	1

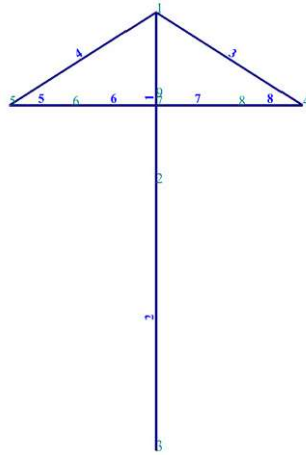
- Caso: 1 (PERM1)

Nudo/Caso	UX (cm)	UY (cm)	UZ (cm)	RX (Deg)
1/ 1	5,9315	-13,1261	-0,1345	1,2279
2/ 1	2,3212	-5,8465	-0,0391	1,0120
3/ 1	0,0	0,0	0,0	0,0
4/ 1	3,7342	-10,2015	-0,4697	1,2270
5/ 1	3,7385	-9,4178	-1,2682	1,2265
6/ 1	3,7507	-9,0122	-0,0777	1,2256
7/ 1	3,7394	-9,2981	-1,3058	1,2263
8/ 1	3,7359	-10,0490	-0,7634	1,2270
9/ 1	3,9302	-9,3762	-0,0826	1,2277

Nudo/Caso	RY (Deg)	RZ (Deg)
1/ 1	0,6772	-0,0040
2/ 1	0,4210	-0,0024
3/ 1	0,0	0,0
4/ 1	-0,3235	-0,1375
5/ 1	-0,0527	-0,1150
6/ 1	0,5981	-0,0045
7/ 1	-0,0049	-0,1041
8/ 1	-0,2730	-0,1371
9/ 1	0,6116	-0,0044

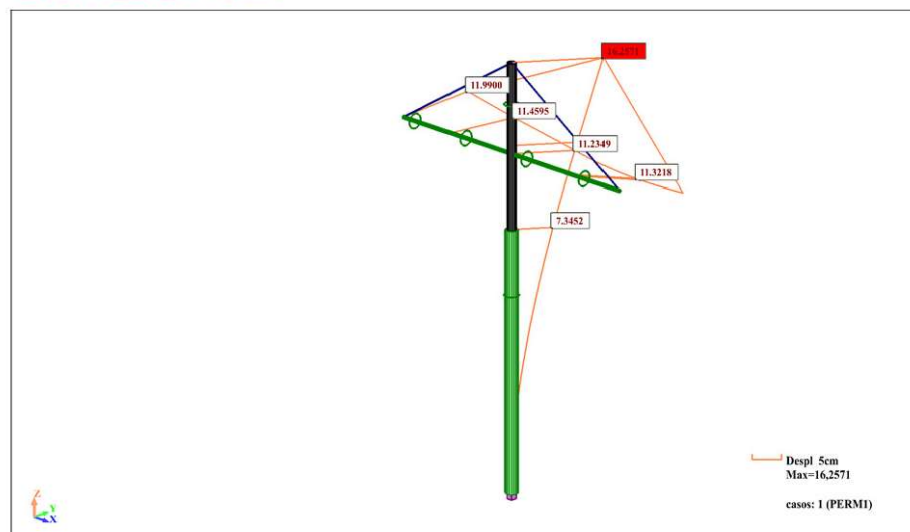
Poste-5a central

Aplomado de 0.88° según la dirección de anclaje.



Solicitud máxima

Vista - Def. exacta; casos: 1 (PERM1)



- Caso: 1 (PERM1)

Filtrar	Nudo	Caso
Lista completa	1A9	1
Selección	1A9	1
Número total	9	1
Número selecciona	9	1

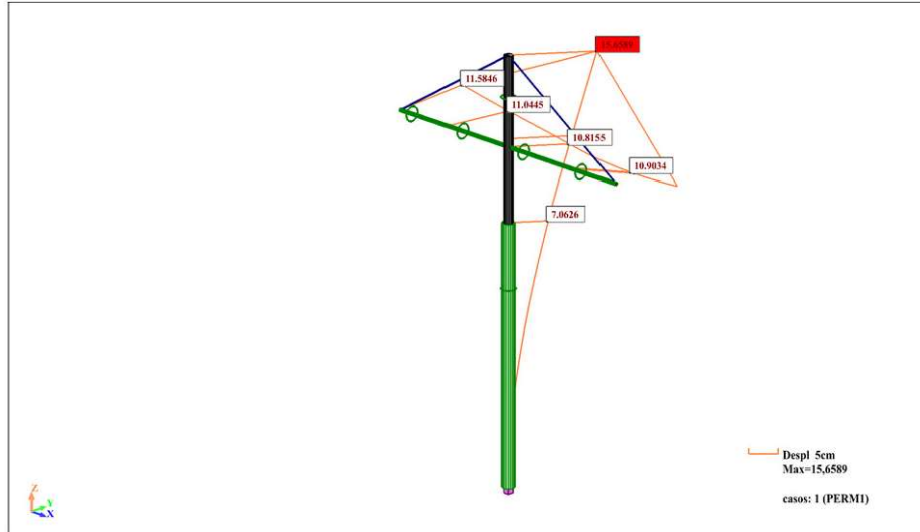
- Caso: 1 (PERM1)

Nudo/Caso	UX (cm)	UY (cm)	UZ (cm)	RX (Deg)
1/ 1	9,5626	13,1472	-0,0021	-1,2149
2/ 1	4,3384	5,9271	-0,0015	-1,0219
3/ 1	0,0	0,0	0,0	0,0
4/ 1	6,6219	9,0776	-1,0106	-1,2116
5/ 1	6,6249	9,0776	4,1797	-1,2116
6/ 1	6,6245	9,0776	2,2436	-1,2116
7/ 1	6,6198	9,0776	-0,0018	-1,2116
8/ 1	6,6228	9,0776	-1,3852	-1,2116
9/ 1	6,8780	9,4375	-0,0019	-1,2137

Nudo/Caso	RY (Deg)	RZ (Deg)
1/ 1	0,8827	-0,0000
2/ 1	0,7463	-0,0000
3/ 1	0,0	0,0
4/ 1	-0,2750	-0,0000
5/ 1	0,8932	-0,0000
6/ 1	0,7765	-0,0000
7/ 1	0,8688	-0,0000
8/ 1	0,0518	-0,0000
9/ 1	0,8713	-0,0000

Solicitud permanente

Vista - Def. exacta; casos: 1 (PERM1)



- Caso: 1 (PERM1)

Filtrar	Nudo	Caso
Lista completa	1A9	1
Selección	1A9	1
Número total	9	1
Número selecciona	9	1

- Caso: 1 (PERM1)

Nudo/Caso	UX (cm)	UY (cm)	UZ (cm)	RX (Deg)
1/ 1	9,4899	12,4556	-0,0021	-1,1529
2/ 1	4,3040	5,5997	-0,0015	-0,9692
3/ 1	0,0	0,0	0,0	0,0
4/ 1	6,5709	8,5922	-0,9801	-1,1512
5/ 1	6,5738	8,5922	4,1424	-1,1512
6/ 1	6,5735	8,5922	2,2232	-1,1512
7/ 1	6,5688	8,5922	-0,0018	-1,1512
8/ 1	6,5718	8,5922	-1,3674	-1,1512
9/ 1	6,8251	8,9342	-0,0019	-1,1529

Nudo/Caso	RY (Deg)	RZ (Deg)
1/ 1	0,8762	-0,0000
2/ 1	0,7407	-0,0000
3/ 1	0,0	0,0
4/ 1	-0,2806	-0,0000
5/ 1	0,8857	-0,0000
6/ 1	0,7692	-0,0000
7/ 1	0,8624	-0,0000
8/ 1	0,0461	-0,0000
9/ 1	0,8649	-0,0000

Poste-5b

Aplomado de 0.93° según azimut indicado en los planos de replanteo.



Solicitud máxima

<p>BAV ROBOT v 18.0.1 Autor : Dirección :</p>	<p>© RoboBAT 1996-2004 Archivo : poste-5b_1.rtd Proyecto : poste-5b_1</p>
------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Desplazamientos:2 - Caso: 1 (PERM1)
 Valores
 1

- Caso: 1 (PERM1)

Filtrar	Nudo	Caso
Lista completa	1A3 6 9	1
Selección	1A3 6 9	1
Número total	5	1
Número selecciona	5	1

- Caso: 1 (PERM1)

Nudo/Caso	UX (cm)	UY (cm)	UZ (cm)	RX (Deg)
1/ 1	1,2193	-17,4373	-0,1943	1,6530
2/ 1	0,5370	-7,6791	-0,0572	1,3260
3/ 1	0,0	0,0	0,0	0,0
6/ 1	0,8322	-11,9005	-0,1140	1,6483
9/ 1	0,8664	-12,3902	-0,1211	1,6517

Nudo/Caso	RY (Deg)	RZ (Deg)
1/ 1	0,1156	-0,0000
2/ 1	0,0927	-0,0000
3/ 1	0,0	0,0
6/ 1	0,1153	-0,0000
9/ 1	0,1155	-0,0000

Fecha : 22/06/05 Página : 2

BAT ROBOT v 18.0.1
 Autor :
 Dirección :

© RoboBAT 1996-2004
 Archivo : poste-5b_I_permanentes.rtd
 Proyecto : poste-5b_I_permanentes

Desplazamientos:3 - Caso: 1 (PERM1)
 Valores
 1

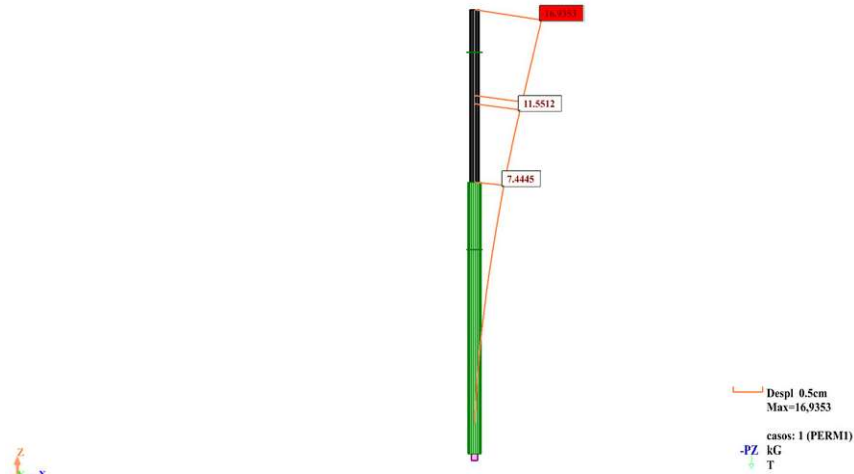
- Caso: 1 (PERM1)

Filtrar	Nudo	Caso
Lista completa	1A3 6 9	1
Selección	1A3 6 9	1
Número total	5	1
Número selecciona	5	1

- Caso: 1 (PERM1)

Nudo/Caso	UX (cm)	UY (cm)	UZ (cm)	RX (Deg)
1/ 1	1,1813	-16,8930	-0,1826	1,6030
2/ 1	0,5193	-7,4262	-0,0536	1,2853
3/ 1	0,0	0,0	0,0	0,0
6/ 1	0,8057	-11,5226	-0,1071	1,5998
9/ 1	0,8390	-11,9978	-0,1137	1,6028

Nudo/Caso	RY (Deg)	RZ (Deg)
1/ 1	0,1121	-0,0000
2/ 1	0,0899	-0,0000
3/ 1	0,0	0,0
6/ 1	0,1119	-0,0000
9/ 1	0,1121	-0,0000



1.4.3. Armamento

1.4.3.1 Consolas

Están formadas por ménsulas tubulares de acero galvanizado en caliente de \varnothing 75 mm y un espesor de 3 mm.

Las ménsulas se montan paralelamente al plano de rodamiento, con un aislador en el pie de ménsula y un tirante de cable parafil, desde el extremo de la ménsula al poste, las suspensiones son deltas aislantes y el atirantado se fija a la ménsula con cable parafil, cumpliendo así la condición de doble aislamiento.

El aislador de pie de ménsula será para una tensión de servicio de 1.500 V.c.c. a pesar de que el tranvía circule a una tensión de 750 V.c.c.

Para facilitar las labores de mantenimiento y unificar repuestos para el tirante de la ménsula, se utiliza un cable parafil de diámetro 11 mm con una carga de rotura de 2.000 Kgf y de la misma sección que el de las suspensiones flotantes.

1.4.4. Suspensiones

1.4.4.1 Suspensiones Tipo Delta

La línea aérea tranviaria, por el hecho de circular por zonas accesibles a los transeúntes, se recomienda que cumpla la condición de doble aislamiento. Para ello, la ménsula tiene un aislador en el pie de la ménsula y un tirante de cable sintético aislante.

El segundo aislamiento se consigue haciendo que tanto las suspensiones como los brazos de atirantado se unan a la ménsula a través de cable sintético aislante de 11 mm de diámetro.

Por lo indicado, las suspensiones de la línea aérea tranviaria están formadas por un trozo de cable aislante que, en el centro de su longitud, se fija a la ménsula o al transversal, y por sus extremos, sujeta uno o dos hilos de contacto, quedando con una forma triangular.

El tipo de suspensión utilizada en el tranvía de Vitoria-Gasteiz es el delta tipo DS 300 para velocidad superior a 60 Km/h.

En caso de que una ménsula soporte dos o más hilos de contacto, se utilizará una suspensión Delta simple DS300T sobre polea para la catenaria más próxima al poste. Esta suspensión se fija a la ménsula en la vertical correspondiente al descentramiento. En la suspensión más alejada al poste se utiliza la suspensión Delta simple DS300T sobre pinza. Se fija el delta a la ménsula a través de una pinza de suspensión y según la dirección que se obtiene de componer el peso y la tensión radial. Así conseguimos que la suspensión más alejada compense, provocando el giro de la ménsula y la suspensión más próxima a

través del giro del delta sobre la polea. Este sistema tiende a descompensar la altura del hilo de contacto en cuanto el cable del delta gire sobre la polea, pero es admisible para catenarias tranviarias dada la baja velocidad de circulación y a que las flechas admisibles para el hilo de contacto en el centro del vano son superiores a las que origina la descompensación de esta suspensión. Estos deltas se fijan al hilo de contacto con grifas 2B Inox. T.

En alineación recta se instalará también brazo de atirantado.

1.4.4.2 Atirantados y Transversales

Los atirantados de los diferentes montajes y los directos desde poste se montan con los deltas simples.

La resistencia del brazo de atirantado es de 350 kg. Cuando la tensión radial es superior a 350 Kg se colocan dos brazos de atirantado desde el eslabón que va a la pinza de atirantado. Estos brazos de atirantado serán de 900 mm de longitud para evitar que el pantógrafo los golpee.

En el resto de perfiles se atirantan con la grifa G1 de ADIF por tener tensión radial inferior a 250 Kg.

El atirantado se fija a la ménsula a través de una abrazadera con una elevación desde el hilo de contacto a la ménsula de 300 mm.

Cuando en el atirantado la relación entre el peso del hilo de contacto y la tensión radial es superior a 0,25, el punto de fijación del brazo de atirantado a la ménsula se baja de forma que siga la dirección de la componente formada entre el peso y la fuerza radial.

1.4.5.Hilo de Contacto

1.4.5.1 Características

Se define un hilo de contacto de Cu electrolítico de 150 mm² de forma circular con un diámetro aparente de 14.50 mm.

1.4.5.2 Cable sintético

Características

Se utiliza un cable tipo parafil, compuesto de un núcleo de fibras paralelas sintéticas de alta resistencia, y enfundado en un material polimérico que aísla eléctricamente.

Se compone de un núcleo de fibra de poliéster blanca cubierto por polietileno negro protegido contra las radiaciones ultravioleta.

Presenta una resistencia a la corrosión elevada, incluso en ambientes salinos y en presencia de la mayoría de los ácidos inorgánicos y disolventes orgánicos.

Tiene un módulo de elasticidad de 100.000 Kg/cm² con una resistencia a la tracción de 6.300 Kg/cm² y un coeficiente de dilatación de 35x10⁻⁶.

Tiene una resistencia eléctrica de 6 x 10⁸ Ω.cm.

Tensión de salto de arco en KV eficaces	Longitud del cable en metros	
	Fibra de 5 toneladas	Fibra de 20 toneladas
123	0,66	0,72
245	1,38	1,39
420	2,00	2,05

Tabla 6. Resultado de ensayar hasta obtener el salto eléctrico

Las fibras se pretensan con un 60 % de la carga nominal de rotura y se dejan relajar durante una hora.

El tipo de parafil que se utiliza es el PA 11 T2 con las siguientes características mecánicas:

Ref.	Diámetro nominal (mm)	Diámetro nominal del núcleo (mm)	Sección del núcleo (mm ²)	Peso aprox. en el aire (Kg/m)	Carga de rotura (daN)	Alargamiento a la rotura (%)
PA 7 T0.5	7	3,7	7,97	3,7	500	5,2
PA 11 T2	11	7,5	31,88	9,4	2000	

1.4.5.3 Cables de acero galvanizado

Características

El acero empleado para la fabricación del alambre se elaborará por cualquiera de los procedimientos siguientes:

- Horno eléctrico
- Horno Siemens
- Convertidor LD

La composición química será la siguiente:

- Carbono 0,5 a 0,75%
- Manganeso 0,5 a 1,10%
- Silicio 0,1 x 0,30%
- Azufre 0,5%
- Fósforo 0,4%

Para cables procedentes de diversas coladas, las diserciones en carbono y manganeso, entre las coladas no resultan superiores a 0,20 y 0,30 respectivamente.

Las características mecánicas, medidas, galvanizado y soldaduras de los alambres responden a lo estipulado en la Norma UNE 21.019.

El galvanizado de los alambres será de la calidad B, según la Norma UNE citada en el párrafo anterior.

El cable debe presentar un cableado uniforme y los alambres están perfectamente tensados. El paso del cableado debe estar comprendido entre 10 y 16 veces el diámetro.

En un cable de acero que tenga varias capas de alambre, la relación de cableado de una capa cualquiera no debe ser superior a la relación de cableado de la capa inmediatamente inferior y subyacente.

Las capas del cable tienen los alambres enrollados helicoidalmente y la tensión de enrollamientos es uniforme y suficiente para asegurar que no se produzca una reducción significativa en el diámetro del cable cuando se le someta a un esfuerzo de tracción equivalente al 10% de la carga de rotura.

Para todas las composiciones, dos capas sucesivas estarán siempre cableadas en sentido contrario, estando la última capa (exterior) cableada a izquierda.

En la tabla siguiente se dan las características de cables más usuales.

Sección mm ²	72	60
Cordones	1	1
Nº hilos por cordón	19	7
Ø de los hilos mm.	2,2	3,3
Ø del cable total mm.	11	10
Peso Kg. aprox./m.	0,630	0,487
Módulo elasticidad Kg/mm ²	2.200	2.200
Coefficiente de alargamiento	13*106	13*106
Carga de rotura mínima Kg.	8.200	7.900

Tabla 7. Características de cables

Sobre las dimensiones se admitirán unas tolerancias del $\pm 3\%$.

Los aisladores han de satisfacer los siguientes valores característicos:

Tensión de prueba a onda de choque 1,2/50 μ s 66 KV. en secr (cresta).

Tensión de ensayo a frecuencia de 50 Hz. en seco, durante un minuto, 60 KV. eficaces.

Tensión de ensayo a frecuencia de 50 Hz. bajo lluvia, durante un minuto, 25 KV. eficaces.

Carta de rotura mecánica, 10 Tm.

1.5. FEEDER DE ACOMPAÑAMIENTO

Se tenderá a lo largo del trazado un feeder de acompañamiento formado por dos cables de aluminio de 240 mm² y con aislamiento 1,8/3 KV no apantallado y con fleje de protección antirroedores (RVFAV).

Se tenderá desde la subestación de Angulema hasta la zona de seccionamiento de lámina de aire ubicada entre las estaciones de Santa Luzia y Iliada donde se instalarán seccionadores de punta de feeder correspondientes a este tendido.

Por otro lado, se tenderá desde la subestación de Salburua hasta la misma zona de seccionamiento donde se ubicarán los seccionadores de punta de feeder correspondientes a este tendido.

1.5.1. Obra Civil Necesaria

Se canalizará a lo largo de toda la traza, con dos tubos de PVC de 160 mm de diámetro, exclusivos para el paso del feeder, que conecten todos los postes, en los cuales se instalarán los seccionadores de alimentación a catenaria.

Desde la arqueta se realizará una canalización con un tubo de PVC de 160 mm de diámetro exterior hasta el centro del macizo de los postes que llevan seccionador.

1.5.2. Tipo de Seccionadores

Se considerará un tipo de seccionador:

- Para instalación en zonas menos transitadas: serán seccionadores de accionamiento eléctrico y de instalación en el alto de poste, tipo RB 7/2000 de MESA o similar con accionamiento AE-35 de MESA o similar. Se instalarán teniendo en cuenta las siguientes indicaciones:
 - Los seccionadores se montarán en una silleta adaptada a la parte superior del poste, con las pletinas de los contactos perpendiculares a la vía.
 - El motor se colocará a 4 m del suelo para evitar accidentes al público.
 - La timonería se apoyará en el poste a través de una abrazadera especial.
 - Los postes se montarán con la ventana de paso de feederes mirando hacia la vía.

- Dado que en esta prolongación correspondiente a la ampliación a Salburua, se deben integrar los seccionadores telemandados extras a lo originariamente contemplado en el proyecto de telemando de energía de la ampliación hacia Universidad. Se consideran las partidas correspondientes al tendido de los cables de fuerza y mando que partirán desde la subestación de Angulema, así como partida para la integración en telemando de energía (PLC y Scada) de varios seccionadores de catenaria más, según se define en el esquema de tracción.

1.5.3.Fuerza y control del telemando

Para el circuito de fuerza para el accionamiento de los seccionadores se define un cable de 2x1x25 mm² Cu RZ1-K 0,6/1 kV.

Para el bucle de control se utilizará un cable EAPSP 4x1x1,4 – Cu – 0,6/1 kV o similar.

Para el control de los seccionadores se usará un controlador lógico modelo Modicon M221 de Schneider o similar.

1.5.4.Conexión al Seccionador

Para los seccionadores instalados en el alto de poste, el feeder de entrada y salida se introducirá por el interior del poste dejando puntas de 3 m saliendo por la ventana que los postes llevan a tal efecto.

Una vez realizada la conexión al seccionador, se mecanizará la tapa para permitir el paso de los cables y se colocará un retén entre el cable y la tapa para impedir la entrada de agua.

Para los seccionadores instalados en la envolvente se canalizará la alimentación desde la conducción general del feeder de acompañamiento bajo la plataforma, hasta alcanzar el seccionador.

1.5.5.Conexiones al Seccionador

A catenaria:

Desde la pala móvil del seccionador (en los seccionadores de instalación en el alto de poste) y mediante cable aislado Cu 240 1,8/3 KV sin pantalla ni fleje, se pasará el feeder a una suspensión de tornillo con un aislador RT-51. La grapa de suspensión se colgará de un soporte que sale de la misma silleta de apoyo del seccionador y dejará fijado el cable entre la grapa de suspensión y la pala móvil del seccionador, al cable aislado se le quitará el aislamiento.

En ambos tipos de seccionadores, alcanzada la ménsula en el alto de poste, se tirará perpendicular a la vía, apoyado en la misma bajando en vertical a conectarse directamente al H.C.

Del motor del seccionador a la red de tierra:

El motor del seccionador deberá conectarse a tierra a través de una derivación del cable de guarda realizada mediante grapa, que será con tornillos siempre y cuando en situación definitiva quede embebida en hormigón que asegure que la unión no se degrade o afloje. El cable de esta derivación deberá de ser de 70 mm² de cobre.

1.6. REPLANTEO DE POSTES

1.6.1. Criterios Generales

Los Postes están definidos e incluidos dentro del Proyecto de Obra Civil. Los cálculos de los esfuerzos están al final del presente anexo.

1.6.1.1 Tensión de Servicio

Se define el esfuerzo de tracción máximo admisible en base a la norma UNE-EN 50119:

$$\sigma_w = \sigma_{\min} \times n \times K_{\text{temperatura}} \times K_{\text{desgaste}} \times K_{\text{hieloviento}} \times K_{\text{esfuerzo}} \times K_{\text{fijación}} \times K_{\text{soldadura}}$$

Siendo:

- σ_w esfuerzo de tracción máximo admisible en el hilo de contacto, en N/mm²
- σ_{\min} esfuerzo de tracción de rotura mínimo = 310 N/mm² de acuerdo a la norma UNE-EN 50149, considerando un hilo de contacto de 150 mm².
- $n = 0,65$. Coeficiente de seguridad.
- $K_{\text{temperatura}} = 1$. Relación entre el esfuerzo de tracción admisible y la temperatura máxima en funcionamiento de un hilo de contacto.
- $K_{\text{desgaste}} = 0,75$. Efecto del desgaste del hilo de contacto.
- $K_{\text{hielo/viento}} = 0,9$. Efecto de las cargas de viento y hielo sobre la fuerza de tracción máxima del hilo de contacto.
- $K_{\text{esfuerzo}} = 1$. Rendimiento de los dispositivos de tensado.
- $K_{\text{fijación}} = 1$. Efecto de los herrajes de conexión.
- $K_{\text{soldadura}} = 1$. Efecto de las juntas por soldadura.

Considerando un hilo de contacto de 150 mm² se obtiene un valor máximo de tensión de servicio de 20,4 kN. De acuerdo con esto es factible utilizar una tensión de servicio de 15 kN (1500 kgf).

1.6.1.2 Acciones

El cálculo mecánico de los elementos constituyentes del tendido eléctrico aéreo de catenaria se efectúa según los supuestos de cargas y sobrecargas que se indican en la ITC-BT-06.

Vitoria-Gasteiz se encuadra dentro de la zona B con una altitud entre 500 y 1000 metros. Las acciones a considerar son:

Cargas permanentes

Se consideran como cargas permanentes las debidas al peso propio de los distintos elementos:

- H.C: 1,34 kg/m
- Ménsula: 10 kg/m
- La tensión mecánica del hilo se considera como carga permanente.

Cargas variables

- Sobrecargas debidas a la presión del viento de acuerdo a las normas UNE-EN 50119 y UNE EN 50341-1.

<i>VIENTO ESFUERZO TRANSVERSAL</i>		
Velocidad básica de viento supuesta 29 m/s. En base a CTE zona C de España:	29	m/s
En base a la norma EN 50341-1 suponemos los siguientes coeficientes y cálculos:		
Tabla 4.1.- categoría de terreno tipo V. Z0 = 1 ; Kr = 0,233		
Altura de referencia (poste) =	9	m
Altura hasta la base del tubo superior =	5,2	m
Z0 =	1	
Kr =	0,233	
Apartado 4.3.2.- Velocidad de viento media =	14,85	m/s
Apartado 4.3.3.- Presión de viento media =	135,07	N/m ²
Apartado 4.3.4.- Intensidad de turbulencia =	0,46	
Apartado 4.3.4.- Presión de viento máxima =	570	N/m ²

Esfuerzo específico máximo en HC por metro de longitud de HC =	7,4	N/m
En base a la norma EN 50119 consideramos un coeficiente de forma de 0,7 para estructuras cilíndricas (postes y ménsulas) =	0,7	
Esfuerzo sobre poste =	1077,3	N

<i>VIENTO ESFUERZO LONGITUDINAL</i>		
Velocidad básica de viento supuesta 29 m/s	29	m/s
En base a la norma EN 50341-1 suponemos los siguientes coeficientes y cálculos:		
Tabla 4.1.- categoría de terreno tipo V. Z0 = 1 ; Kr = 0,233:		
Altura de referencia (poste) =	9	m
Z0 =	1	
Kr =	0,233	
Apartado 4.3.2.- Velocidad de viento media =	13,15	m/s
Apartado 4.3.3.- Presión de viento media =	105,92	N/m ²
Apartado 4.3.4.- Intensidad de turbulencia =	0,51	
Apartado 4.3.4.- Presión de viento máxima =	484,05	N/m ²
Esfuerzo específico máximo en HC por metro de longitud de HC =	7,4	N/m
En base a la norma EN 50119 consideramos un coeficiente de forma de 0,7 para estructuras cilíndricas (postes y ménsulas) =	0,7	
Esfuerzo sobre poste =	914,85	N

1.6.1.3 Vano Máximo tendido

Alineación recta

Se considera la carga de manguito de hielo que durante la explotación no se produce por el rozamiento hilo-pantógrafo pero que en del primer servicio de la mañana puede existir y provocar enganches de pantógrafo.

Se fija una flecha vertical máxima para el H.C. de 30 cm para todos los estados de carga y se obtienen los siguientes vanos máximos para catenaria compensada:

Catenaria compensada:

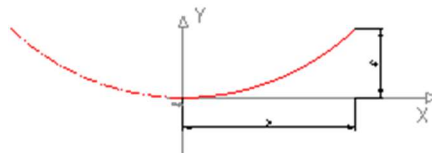
Tensión constante: 1.500 Kgf

Cargas: pp + manguito de hielo (6.85x10⁻⁴ ton/m)

Vano máximo: 44 m

Flecha vertical: 30 cm

Elevaciones de un conductor



$$f = \frac{x^2 \cdot w}{2 \cdot T}$$

Siendo:

- f = Flecha o elevación (m)
- x = Distancia horizontal entre vértice y punto de flecha (m)
- w = Peso por unidad de longitud (kg/m)
- T = Tensión mecánica (Kg)

Hilo de Contacto 150 mm² Tranvía 1500 Kg

w *Peso propio del hilo* *Peso propio del hielo*
 1,335 kg/m 7 N/m
 T *Tense del hilo constante*
 1500 Kg

f (m)	SIN MANGUITO DE HIELO		CON MANGUITO DE HIELO	
	x (m)	Vano (m)	x (m)	Vano (m)
0.70	39.66	79.32	32.01	64.02
0.65	38.22	76.44	30.85	61.70
0.60	36.72	73.44	29.64	59.28
0.55	35.16	70.32	28.38	56.76
0.50	33.52	67.04	27.05	54.10
0.45	31.80	63.60	25.67	51.34
0.40	29.98	59.96	24.20	48.40
0.35	28.04	56.08	22.64	45.28
0.30	25.96	51.92	20.96	41.92
0.25	23.70	47.40	19.13	38.26
0.20	21.20	42.40	17.11	34.22
0.15	18.36	36.72	14.82	29.64
0.10	14.99	29.98	12.10	24.20
0.50	33.52	67.04	27.05	54.10
0.20	21.20	42.40	17.11	34.22

Considerando suspensiones delta de 3000 (3 m), el vano máximo incluso con manguito de hielo podría llegar a 42 + 3 = 45 m

A pesar de que el vano teórico máximo es de 45 metros, se establece en 44 metros por si se detectará algún imprevisto durante la fase de construcción que impidiera la colocación del poste en una posición, tener la posibilidad de aumentar el vano.

Alineación curva

En curva la separación máxima de los soportes viene limitada por la banda de barrido del pantógrafo y el radio de la curva ($Vano\ máx \leq \sqrt{8 \cdot R \cdot Flecha\ máx}$). A continuación, se detalla una tabla con esta limitación para un barrido de 40 cm.

RADIO (m)	VANO (m)	RADIO (m)	VANO (m)
15	6,93	50	12,65
16	7,16	55	13,27
17	7,38	60	13,86
18	7,59	65	14,42
19	7,80	70	14,97
20	8,00	75	15,49
21	8,20	100	17,89
22	8,39	125	20,00
23	8,58	150	21,91
24	8,76	175	23,66
25	8,94	200	25,30
26	9,12	250	28,28
27	9,30	300	30,98
28	9,47	400	35,78
29	9,63	500	40,00
30	9,80		
35	10,58		
40	11,31		
45	12,00		

1.6.1.4 Descentramientos

En alineaciones rectas para evitar el desgaste localizado de la banda de frotamiento de la arcada del pantógrafo se definen un descentramiento de ± 20 cm respecto al eje de vía en cada soporte. En soportes laterales el descentramiento de ambos hilos se realiza hacia el mismo lado (+20/+20 ó -20/-20) mientras que en soportes centrales se definen hacia el lado contrario (-20/+20 ó +20/-20).

En alineaciones curvas se define un descentramiento hacia el exterior de la curva de 25 cm ($5/8 \times 0.4$) de tal forma que hacia el interior de la curva el hilo no se vaya más allá de los 15 cm ($3/8 \times 0.4$) con un barrido de pantógrafo de 40 cm.

1.6.2. Ubicación postes en cruces con vehículos

En caso de colisión entre tranvía y vehículo, el primero tenderá a desplazar al segundo en la dirección de movimiento del tranvía. En caso de que hubiera algún obstáculo fijo como pudiera ser semáforos, postes de catenaria, arboles, bolardos, plataformas de estación, etc. el tranvía atraparà al vehículo contra este obstáculo. Para evitar en la medida de lo posible esta situación es recomendable mantener una distancia de seguridad (gálibo libre de obstáculos) entre los cruces de tranvía con vehículos. Al realizar el replanteo se deberá seguir esta recomendación en la medida de lo posible.

El gálibo libre de obstáculos se define de la siguiente forma:

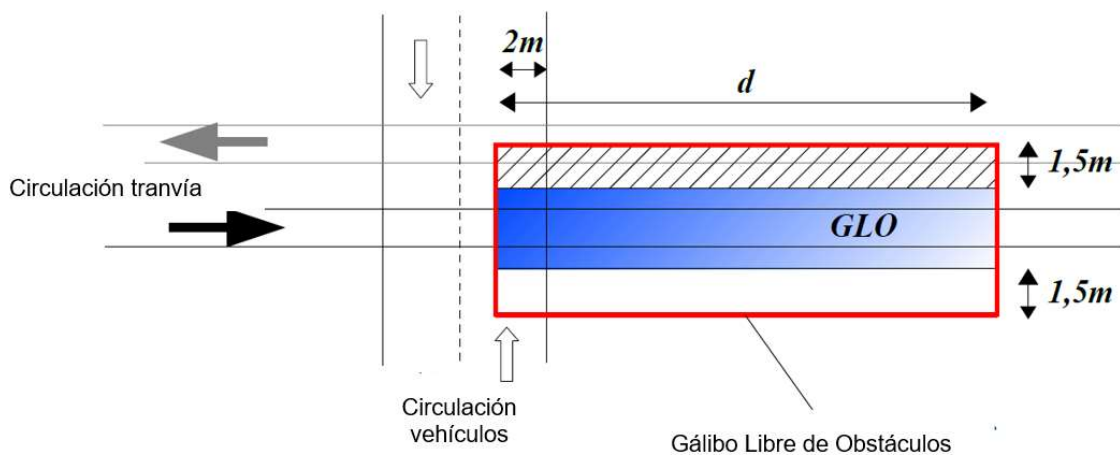


Figura 3. Zona libre de obstáculos en cruce con vehículos

La distancia libre de obstáculos "d" es dependiente de la velocidad de paso del tranvía en dicho cruce, según:

$$d = \frac{v_0^2}{2a} + v_0 \cdot t_r$$

Donde:

- a es la desaceleración de emergencia del tranvía: 2,8 m/s²
- v_0 es la velocidad del tranvía (medida en m/s).
- t_r es el tiempo de reacción del conductor del tranvía: 0,85 s.

Para diferentes valores de la velocidad se obtiene:

Velocidad del tranvía (km/h)	15	20	25	30	35	40	45	50
Distancia libre de obstáculos d (m)	6,6	10,2	14,5	19,5	25,0	31,5	38,5	46,3

Tabla 8. Distancia libre de obstáculos en función de la velocidad del tranvía

1.6.3. Cálculos justificativos

En el anejo 6, se detallan los cálculos realizados para determinar los esfuerzos de cada poste y la flecha del poste para los estados de carga definidos.

1.6.3.1 Postes

Para cada poste se introduce el radio de curva y los vanos anterior y posterior. Si se trata de un poste lateral o central se calcula el momento en la base del poste que produce el peso de catenaria y la fuerza de desviación que se produce en las curvas y en los descentramientos.

También se introducen los valores de descentramientos anterior y posterior aparte del propio valor en el perfil que se calcula.

Igualmente, si hay algún tipo de anclaje en el poste se introduce a mano el valor de la tensión del mismo en la casilla "anclaje", y el ángulo que forma el anclaje con el eje de la vía sería de +/- 6º para anclajes de punto fijo y anclajes de seccionamiento.

Si el poste está en curva, para calcular la tensión radial se utiliza el mayor de los vanos.

Si el poste está en recta, para calcular la tensión radial producida por el descentramiento, se utiliza el vano menor.

Los esfuerzos debidos a los pesos de ménsulas e hilos de contacto tienen en cuenta la longitud de la ménsula, así como la distancia que existe desde cada poste a cada hilo de contacto.

Para calcular los momentos en la base debido a los esfuerzos en el plano horizontal, la carga radial producida por el descentramiento o por la curva (según sea recta o curva) se supone aplicada a 6,4 metros de altura.