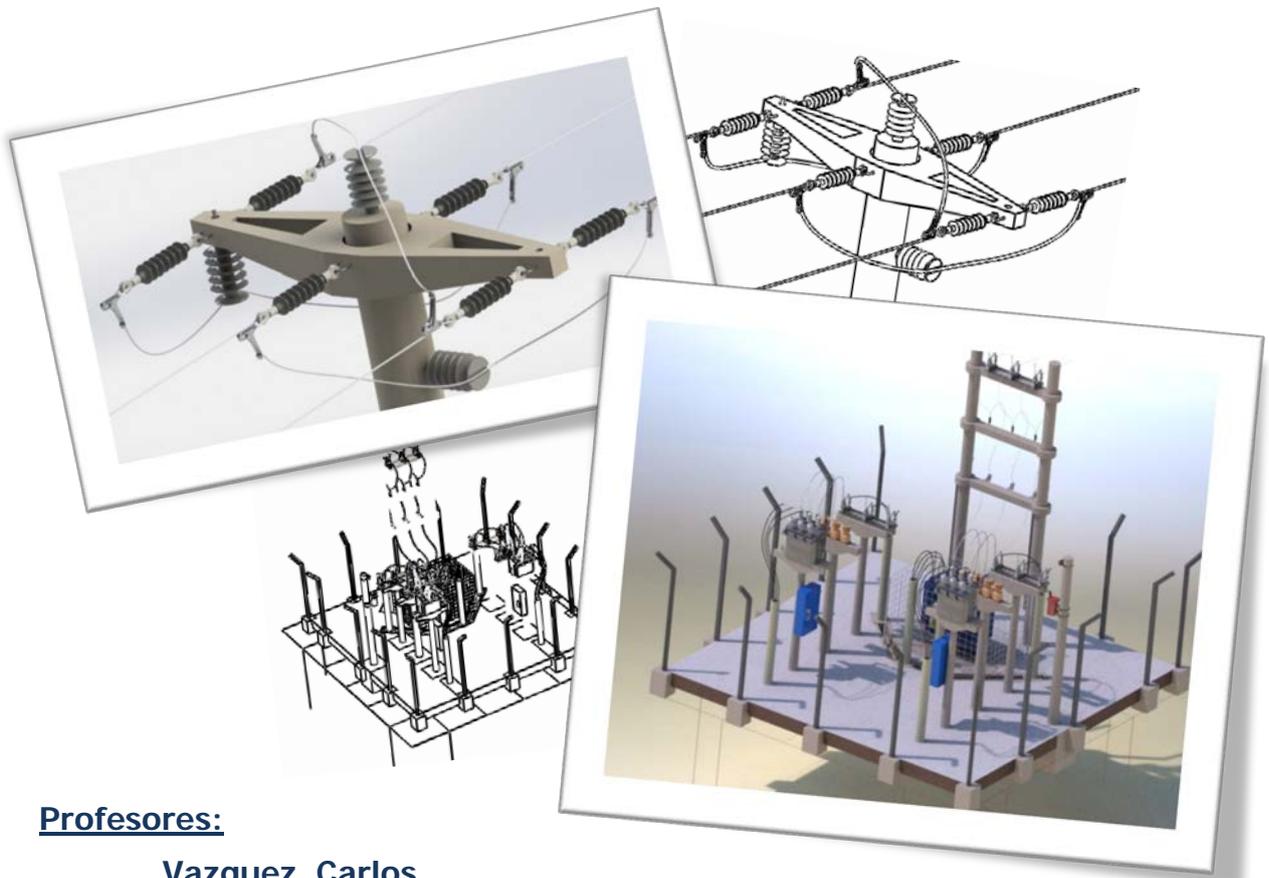


# Mejora del mallado y reparación de líneas de 33 kV en zona norte de Concordia



**Profesores:**

Vazquez, Carlos

Marull, Fernando

**Cátedra:**

Generación, Transmisión y  
Distribución de la energía  
eléctrica

**Integrantes:**

Aguirre Matteo, Cristian

Bignotti, Bruno

Pezzelato, Claudio

Vazquez, Cristhian

Año: 2017

## Índice

<b>1 Memoria descriptiva</b> .....	004
1.1 Introducción.....	004
1.2 Funcionamiento de la Instalación y Zonas de influencia.....	006
1.3 Objetivos.....	008
1.4 Descripción del Problema.....	008
1.5 Solución propuesta.....	009
1.6 Estudios previos.....	010
1.7 Estimación de la demanda.....	010
1.8 Flujo de potencia.....	025
1.9 Tramos de estudio.....	036
<b>2 Cálculo mecánico de conductores</b> .....	073
2.1 Cálculo mecánico de conductores de 70 mm <sup>2</sup> .....	073
2.2 Cálculo mecánico de conductores de 95 mm <sup>2</sup> .....	097
2.3 Cálculo de flechas.....	121
2.4 Cálculo de tablas de tendido.....	136
<b>3 Cálculo de aisladores</b> .....	189
3.1 Aisladores de suspensión .....	189
3.2 Aisladores de retención.....	192
<b>4 Cálculo de distancias eléctricas</b> .....	197
4.1 Consideración sobre el cálculo de las distancias.....	197
4.2 Distancia entre conductores de la misma terna.....	197
4.3 Distancia entre conductores y partes estructurales propias puestas a tierra.....	199
4.4 Distancias verticales a tierra, a objetos bajo la línea y aplicables en cruces entre líneas .....	200
4.5 Distancia libre a edificios o sus partes.....	201
4.6 Distancia respecto a columnas de alumbrado.....	201
4.7 Franja de servidumbre.....	201

<b>5 Cálculo de estructuras</b> .....	204
5.1 Método de proyecto.....	204
5.2 Definición de las cargas de cálculo.....	206
5.3 Hipótesis de cálculo.....	207
5.4 Cálculo de un poste de suspensión.....	214
5.5 Tabla resumen de postes de suspensión.....	226
5.6 Cálculo de un poste de retención simple.....	230
5.7 Tabla resumen de postes de retención simple.....	248
5.8 Cálculo de un poste de retención angular.....	249
5.9 Tabla resumen de postes de retención angular.....	274
5.10 Cálculo de un poste terminal.....	275
5.11 Cálculo de un poste terminal para cruce de ruta 015.....	286
<b>6 Cálculo de fundaciones</b> .....	312
6.1 Método de Sulzberger.....	312
6.2 Método de Pöhl.....	317
6.3 Cálculo de fundación para poste de suspensión.....	322
6.4 Cálculo de fundación para poste de retención simple.....	328
6.5 Cálculo de fundación para poste de retención angular.....	332
6.6 Cálculo de fundación para poste de retención terminal.....	337
6.7 Cálculo de fundación para el poste terminal de cruce de ruta 015....	341
6.8 Cálculo de fundación de un poste por el método de Pöhl.....	347
<b>7 Subestación de rebaje sobre ruta 015</b> .....	351
7.1 Introducción.....	351
7.2 Estudio de carga.....	355
7.3 Cálculo de cortocircuito.....	360
7.4 Determinación de las distancias eléctricas de seguridad.....	402
7.5 Cálculo de puesta a tierra.....	404
7.6 Interruptores.....	414
7.7 Transformadores de medida .....	420
7.8 Protección frente a sobretensiones.....	428
<b>8 Bibliografía</b> .....	439
<b>9 Planos</b> .....	442

## 1 Memoria descriptiva

### 1.1 Introducción

El presente texto tiene como objetivo fundamental expresar las distintas actividades a realizar en el proyecto.

El mismo trata sobre la mejora de la distribución del servicio eléctrico en 33 kV en la zona norte de Concordia, para esto se relevará el estado actual de todas las estructuras así como sus fundaciones y se harán estudios de carga para poder abastecer futuras demandas.

Se realizarán cambios de sección de conductor, recambio de estructuras deterioradas, diseño de nuevas fundaciones, proyección de una nueva subestación y tendido de línea para cierre de anillo, teniendo en cuenta un proyecto viable a 20 años.

El montaje deberá realizarse guardando las normas que imponen las especificaciones correspondientes y el buen arte de construcción.

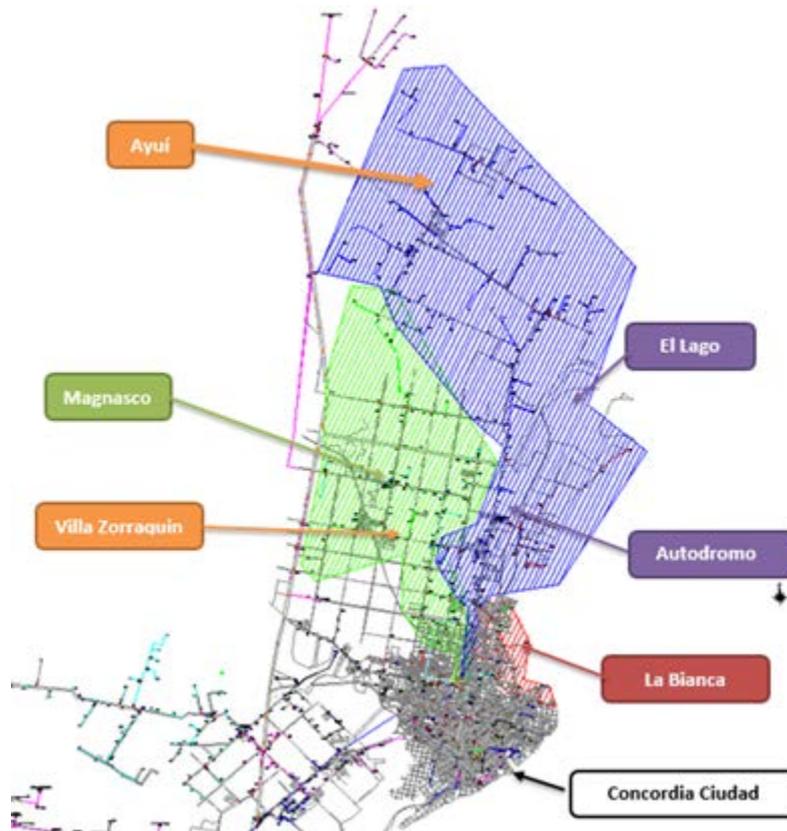
Particularidades de este proyecto:

- ✓ Estudio del estado actual y funcionamiento de las salidas 5 y 7 en 33 kV de central N° 2 hasta ruta 015.
- ✓ Estudio de la demanda actual y futura mediante flujos de carga y proyecciones de demanda.
- ✓ Proyectar un nuevo cierre de anillo en ruta 015 que mejore la distribución actual y futura de energía, con el montaje de 3 km de línea.
- ✓ Recambio de postes de suspensión deteriorados de salida 5 por postes de hormigón, todos los postes de madera de esta salida serán cambiados por hormigón.
- ✓ Recambio de postes de suspensión de madera de salida 7 por postes de madera nuevos
- ✓ Todas las estructuras de retención simple, angulares y terminales en madera se cambian por nuevas en hormigón y las deterioradas de hormigón por nuevas de hormigón.
- ✓ El vano proyectado es de 100 m.
- ✓ Cambio de sección del conductor según los perfiles de carga por secciones de 95 mm<sup>2</sup> en los primeros tramos de ambas salidas y el resto por secciones de 70 mm<sup>2</sup>, utilizando conductores desnudos de aleación de aluminio.

- ✓ Para las estructuras de suspensión se utilizarán aisladores linepost dispuestos con cabezal en tresbolillo.
- ✓ Para las estructuras de retención simple, angulares y terminales se utilizaran aisladores poliméricos con ménsulas de hormigón de disposición coplanar horizontal.
- ✓ Las líneas no dispondrán de hilo de guardia.
- ✓ Diseño de fundaciones por el método de Phöl y Sulzberger según corresponda para las estructuras de hormigón.
- ✓ Diseño de una nueva subestación compacta de rebaje 33/ 13,2 kV sobre ruta 015, esta estará prevista de dos salidas y una potencia de 2,5 MVA, que prevé el cambio por un transformador de 5 MVA en un futuro si es necesario.

### 1.2 Funcionamiento de la Instalación y Zonas de influencia

Actualmente toda la zona norte de Concordia se encuentra alimentada en 33 kV por salida 5 y salida 7 de Central N°2 como se indica en la figura, esto comprende a pueblos como Villa Zorraquin y Osvaldo Magnasco, así mismo se alimentan establecimientos como el Golf Club, Autódromo, la Tortuga Alegre, las Termas, la zona de Ayuí y el lago de Salto Grande, entre otros. Existen dos transformadores de rebaje a 13,2 kV uno en Autódromo y otro en Magnasco ámbos con una potencia de 1 MVA. Todas las subestaciones conectadas a las salidas 5 y 7 se detallan antes de realizar el estudio de flujo de potencia de las mismas.



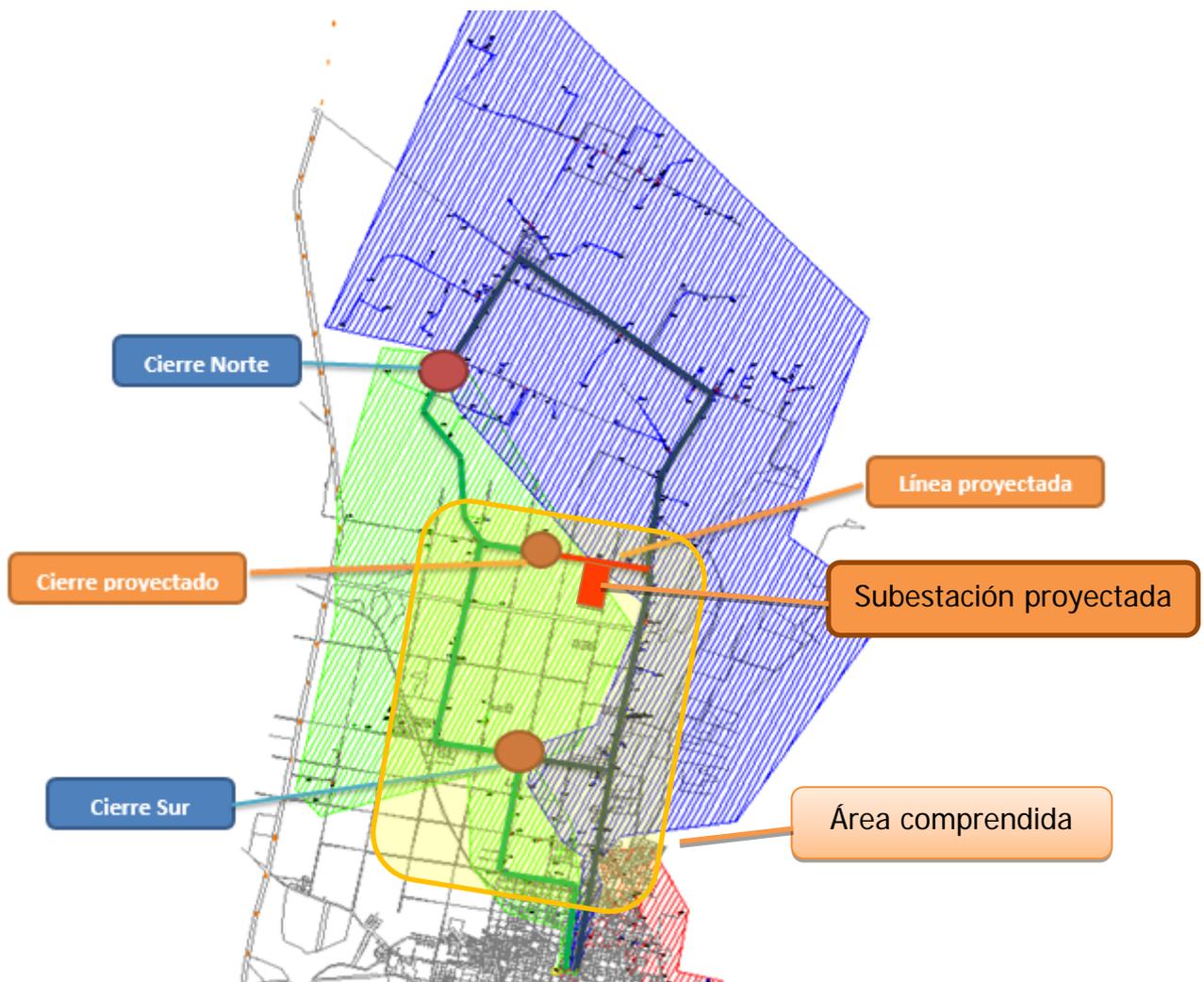
Zonas de influencia:

Rojo = salida 3, Azul = salida 5, Verde = salida 7

Existen dos cierres de anillo entre salida 5 y salida 7, uno ubicado cerca del inicio de las líneas en la zona de Villa Zorraquin y el otro sobre el final de salida 7 en la zona de Ayuí quedando todo el sector medio sin posibilidad de cierre de anillo (ver figura siguiente). Además existe también una conexión con salida 3 que corresponde a la zona de La Bianca, cuyo seccionador está ubicado en la rotonda de Monseñor Rosch y Av. Independencia.

Entre los objetivos de este estudio se proyecta la construcción de una línea ubicada en ruta nacional 015 para poder cerrar el tercer anillo correspondiente

al sector medio de la traza (línea en rojo) y la instalación de una subestación conectada a dicha línea.



Cierre Norte, Cierre Sur y Cierre proyectado

En la actualidad el funcionamiento normal de ambas salidas es radial y dichos anillos se utilizan sólo para mantenimiento de la instalación. El consumo actual de ambas salidas permite alimentar cada una completamente por medio de la otra aunque como se verá más adelante esto no será posible en un futuro cuando dicho consumo crezca.

### *1.3 Objetivos*

Los objetivos de este estudio son reemplazar todas las estructuras de madera que posee la salidas 5 por postes de hormigón desde Consejal Veiga y Los viñedos hasta su continuación por monseñor Rosch y ruta 015, incluyendo también el tramo correspondiente al cierre de anillo sur. Luego cambiar todos los postes de suspensión de salida 7 por postes nuevos de madera y dimensionar los postes de retención simple para toda la salida excepto los correspondientes al tramo que va desde ruta 015 hasta el cierre norte de anillo, angular y terminales de ambas salidas en caso de que necesiten ser cambiados a fin de lograr una mayor vida útil de la instalación y cumplir con el reglamento.

También se proyectan aproximadamente tres kilómetros de tendido de línea nueva sobre la ruta nacional 015 entre el seccionador A5D66 ubicado en la rotonda de ruta 015 y Monseñor Rosch y la subestación transformadora 1081 sobre la ruta 015. Esto tiene como finalidad mejorar la distribución de la energía eléctrica de dicho sector y dará la posibilidad de alimentar la demanda de diferentes formas lo cual es importante durante el mantenimiento.

Además se instalará una nueva subestación transformadora de 33/13,2 kV sobre la nueva línea proyectada a fin de abastecer la zona de los hoteles con una potencia de 2,5 MVA.

### *1.4 Descripción del Problema*

La zona norte de la ciudad de Concordia es eminentemente turística ya que en dicha región se encuentran establecimientos de aguas termales, departamentos para turistas, la zona de playas del lago de Salto Grande, Villa Zorraquin y Osvaldo Magnasco entre otros.

El suministro eléctrico de dicha localidad es vital para asegurar el confort de los turistas y la vida de la población local. La demanda sigue aumentando por los emplazamientos turísticos y la expansión demográfica de la ciudad hacia el norte.

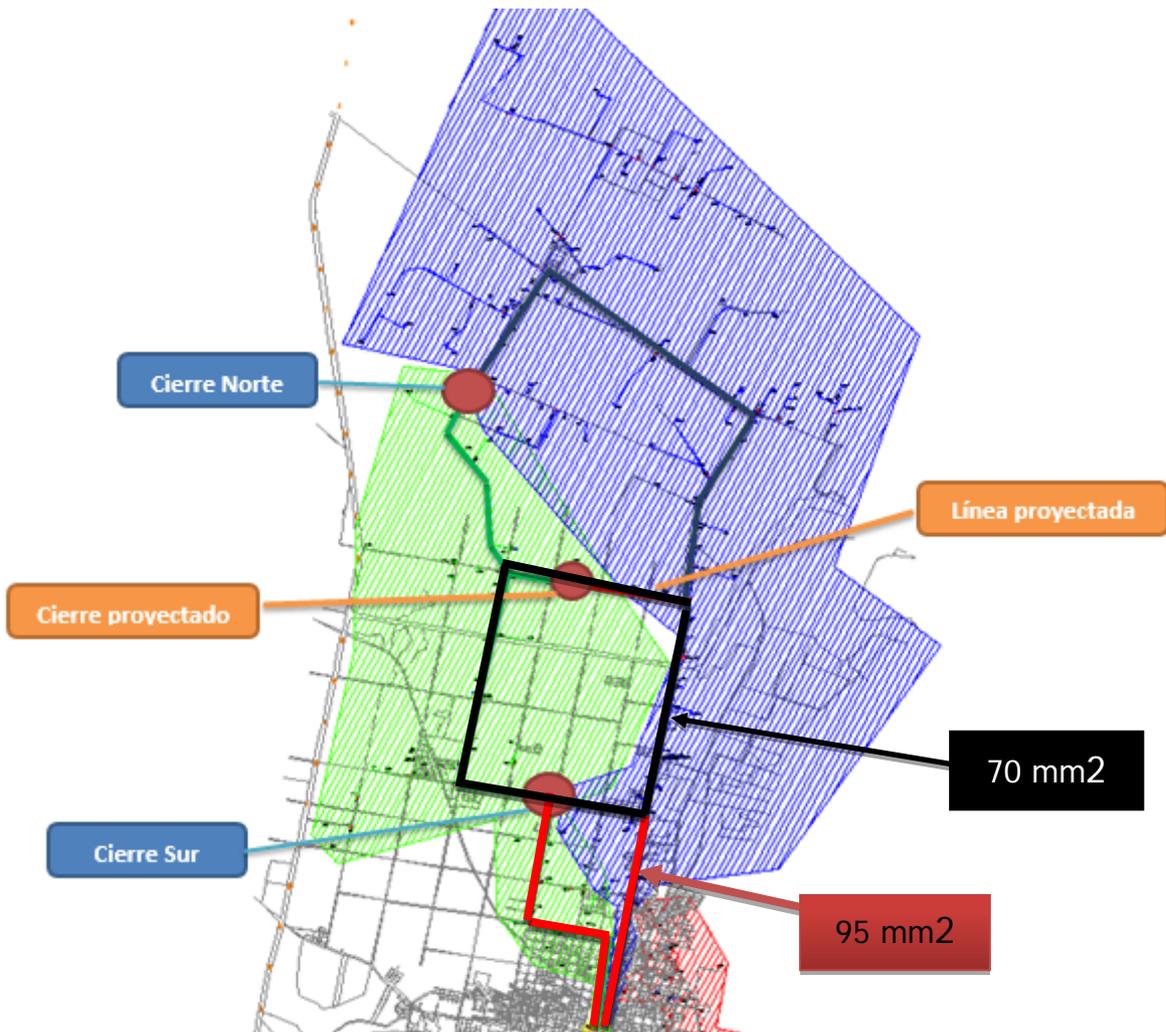
Parte de la red de 33 kV en esta zona se encuentra construida con postes de madera, la mayoría de estos están deteriorados y deben ser reemplazados.

Por otro lado, entre salida 5 y salida 7 de Central N°2 existen dos anillos, uno cercano a la central y otro al final de las líneas, y se quiere cerrar un tercer anillo en el centro el cual es necesario por ser líneas muy extensas.

En la actualidad existe un problema debido a los reconectores marca Nulec instalados en las ramas principales de suministro de salida 5 y 7 de Central N°2. Cada vez que ocurre una falla estos dejan fuera de servicio su línea correspondiente, quedando como único medio de alimentación el retorno por la otra línea mediante el anillo ubicado al final de la línea. Esto tiene como consecuencia la sobrecarga de la línea que queda en servicio y caídas de tensión asociadas.

### 1.5 Solución propuesta

Como primera medida se propone cambiar todos los postes de retención de madera por nuevos postes de madera con aisladores linepost que tienen la particularidad de lograr una línea menos invasiva, también se reemplazará todo conductor de sección menor de 70 mm<sup>2</sup> por uno de aluminio macizo de 70 mm<sup>2</sup>, y los dos primeros tramos de cada salida por 95 mm<sup>2</sup> como indica la siguiente figura, a su vez se cerrará un tercer anillo entre salida 5 y salida 7 realizando el tendido de 3,15 km de línea aérea sobre la ruta 015.



El tendido y la instalación tienen por objeto cubrir la demanda de los futuros 20 años.

### *1.6 Estudios previos*

La proyección de la demanda tiene como base el estudio realizado por los ingenieros Máximo Muller, Hernán Waldbilling y Carla Arostegui sobre la demanda de energía eléctrica en el sistema de distribución de la Cooperativa Eléctrica y O.S. de Concordia.

Existe un vínculo estrecho entre la demanda eléctrica y el crecimiento económico. Como primera aproximación se pueden identificar dos grandes sectores de demanda eléctrica: el consumo residencial y el consumo industrial – comercial.

El consumo residencial varía conforme a la población y depende de su crecimiento vegetativo mientras que el industrial – comercial depende de la situación económica.

Este estudio recolectó datos desde el año 2000 al 2011 y realizó la proyección hasta el 2022, para el proyecto actual se recalculó el consumo para el año 2036.

### *1.7 Estimación de la demanda*

Para estimar la demanda total del sistema se utilizaron tres modelos estimativos:

- ✓ Modelo Econométrico: consiste en proyectar el consumo en base a factores de crecimiento demográfico, económico y de composición de la demanda.
- ✓ Modelo Lineal: es una proyección lineal basada en las mediciones históricas registradas para cada alimentador, que representa el comportamiento a futuro de la demanda en función de sus datos de explotación registrados.
- ✓ Modelo Mixto: relaciona los resultados de los dos anteriores, lo que nos proporciona como resultado un término medio.



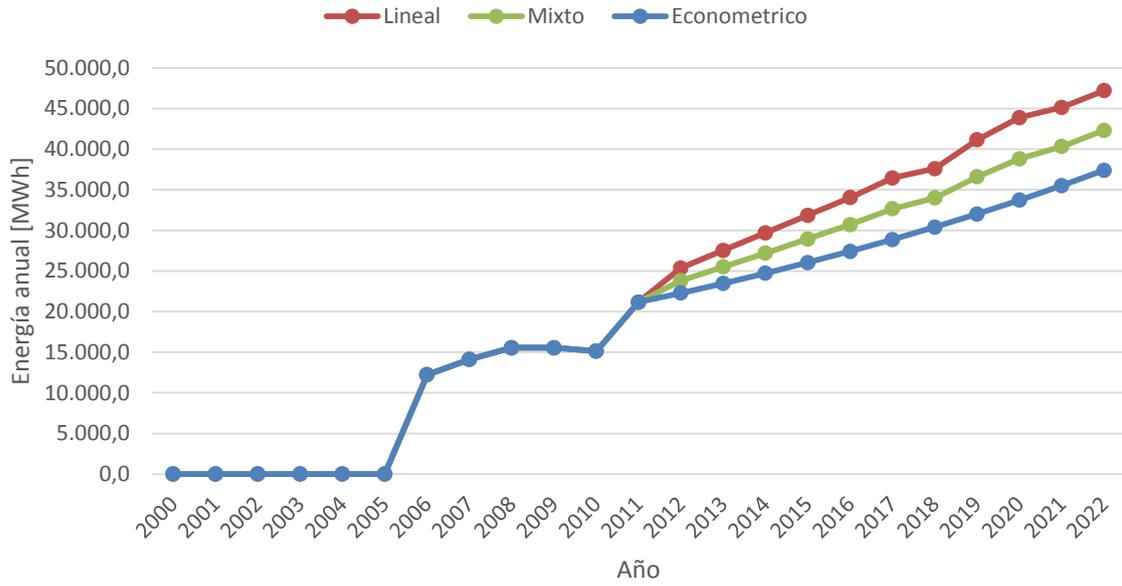
**UTN**

Mejora del mallado y reparación de líneas de 33 kV en zona norte de Concordia

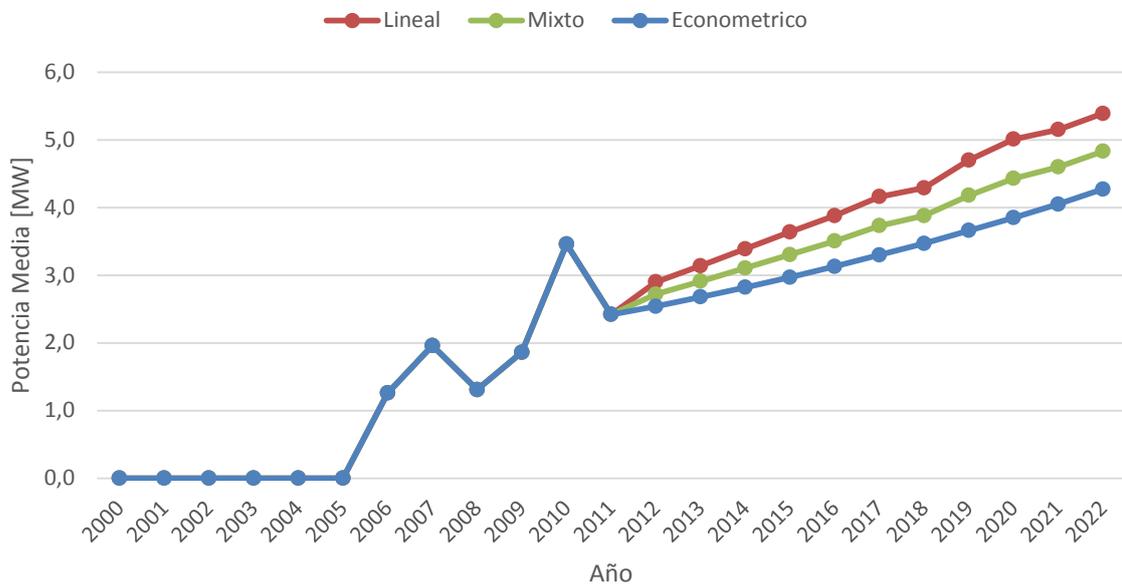
**Salida N°5 - Central 2**

Modelo Econométrico					Modelo Lineal					Modelo Mixto				
	Pot Max	Pot Media	Fc	Energia anual [MWh]		Pot Max	Pot Media	Fc	Energia anual [MWh]		Pot Max	Pot Media	Fc	Energia anual [MWh]
2000	0	0	0	0	2000	0	0	0	0	2000	0,00	0,00	0,00	0
2001	0	0	0	0	2001	0	0	0	0	2001	0,00	0,00	0,00	0
2002	0	0	0	0	2002	0	0	0	0	2002	0,00	0,00	0,00	0
2003	0	0	0	0	2003	0	0	0	0	2003	0,00	0,00	0,00	0
2004	0	0	0	0	2004	0	0	0	0	2004	0,00	0,00	0,00	0
2005	0	0	0	0	2005	0	0	0	0	2005	0,00	0,00	0,00	0
2006	3,42	1,26	0,37	12223	2006	3,42	1,26	0,37	12223	2006	3,42	1,26	0,37	12223
2007	3,88	1,96	0,51	14105	2007	3,88	1,96	0,51	14105	2007	3,88	1,96	0,51	14105
2008	5,27	1,31	0,25	15549	2008	5,27	1,31	0,25	15549	2008	5,27	1,31	0,25	15549
2009	5,27	1,86	0,35	15549	2009	5,27	1,86	0,35	15549	2009	5,27	1,86	0,35	15549
2010	7,04	3,46	0,49	15133	2010	7,04	3,46	0,49	15133	2010	7,04	3,46	0,49	15133
2011	5,91	2,42	0,41	21164	2011	5,91	2,42	0,41	21164	2011	5,91	2,42	0,41	21164
2012	6,43	2,54	0,40	22288	2012	7,32	2,90	0,40	25364	2012	6,88	2,72	0,40	23826
2013	6,77	2,68	0,40	23473	2013	7,94	3,14	0,40	27531	2013	7,36	2,91	0,40	25502
2014	7,13	2,82	0,40	24720	2014	8,57	3,39	0,40	29698	2014	7,85	3,11	0,40	27209
2015	7,51	2,97	0,40	26034	2015	9,19	3,64	0,40	31855	2015	8,35	3,31	0,40	28945
2016	7,91	3,13	0,40	27418	2016	9,82	3,88	0,40	34032	2016	8,87	3,51	0,40	30725
2017	8,27	3,30	0,40	28875	2017	10,44	4,16	0,40	36456	2017	9,36	3,73	0,40	32666
2018	8,95	3,47	0,39	30410	2018	11,07	4,29	0,39	37606	2018	10,01	3,88	0,39	34008
2019	9,10	3,66	0,40	32026	2019	11,69	4,70	0,40	41157	2019	10,40	4,18	0,40	36592
2020	9,45	3,85	0,41	33728	2020	12,32	5,01	0,41	43888	2020	10,89	4,43	0,41	38808
2021	10,18	4,05	0,40	35520	2021	12,94	5,15	0,40	45154	2021	11,56	4,60	0,40	40337
2022	10,75	4,27	0,40	37408	2022	13,57	5,39	0,40	47207	2022	12,16	4,83	0,40	42308

### Consumo de energía proyectado salida 5

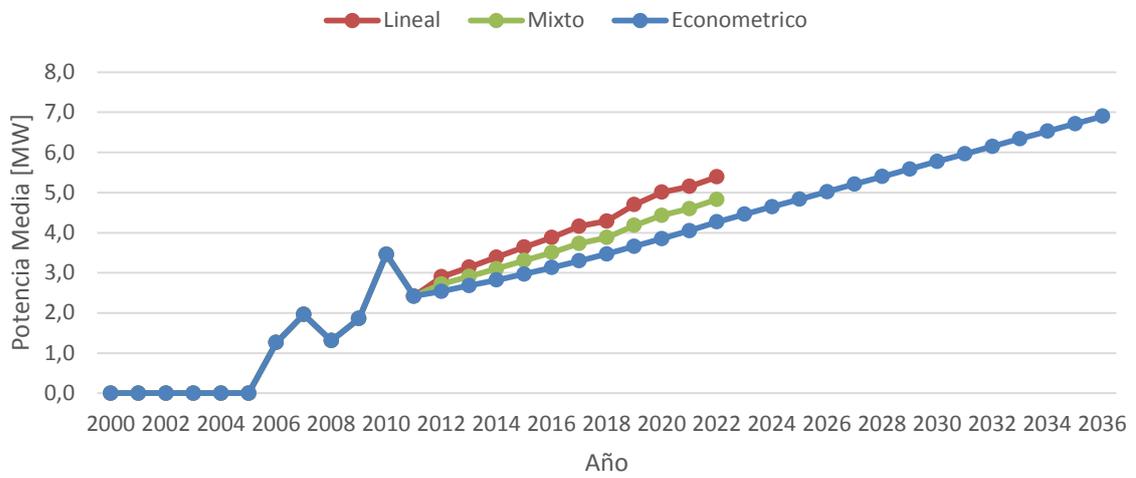


### Potencia proyectada salida 5



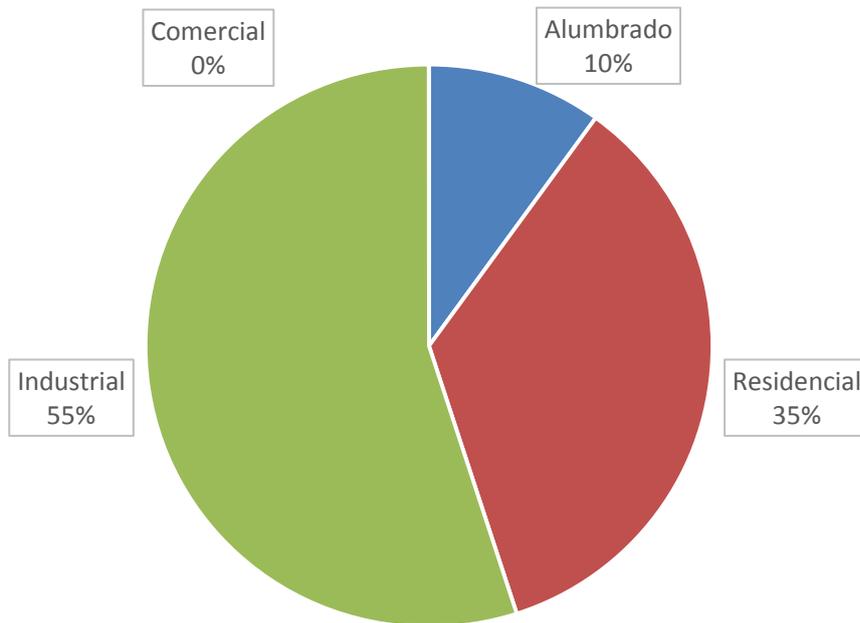
Extendiendo la proyección para el año 2036 tenemos

Potencia proyectada salida 5 año 2036



El consumo según la categoría nos da idea de que el sector industrial es el predominante para salida 5, con el consumo residencial en segundo lugar.

Demanda por categoría salida 5





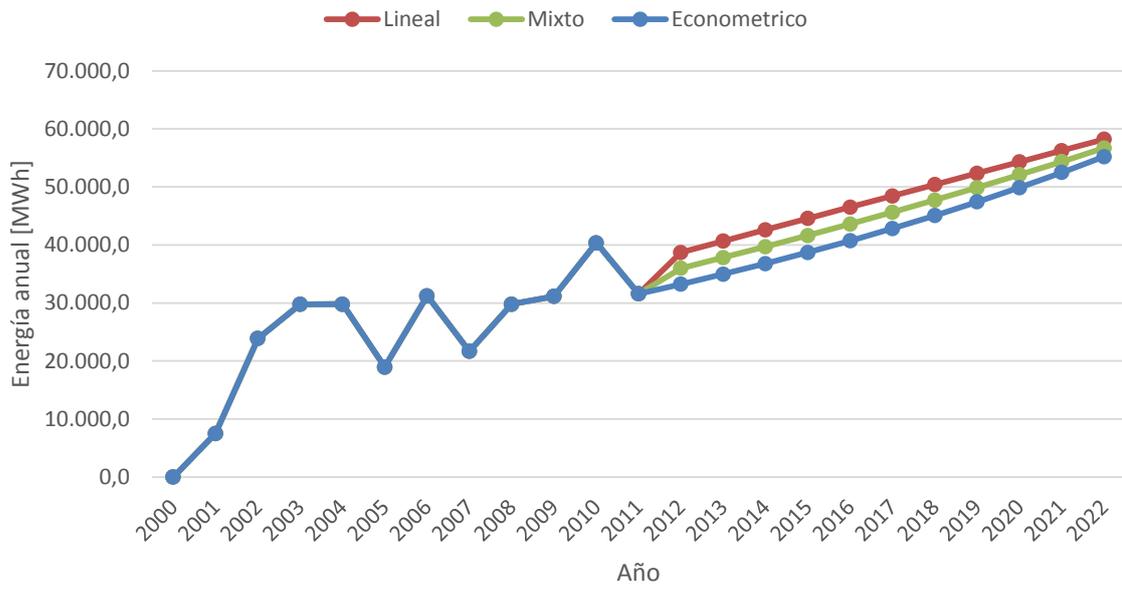
UTN

Mejora del mallado y reparación de líneas de 33 kV en zona norte de Concordia

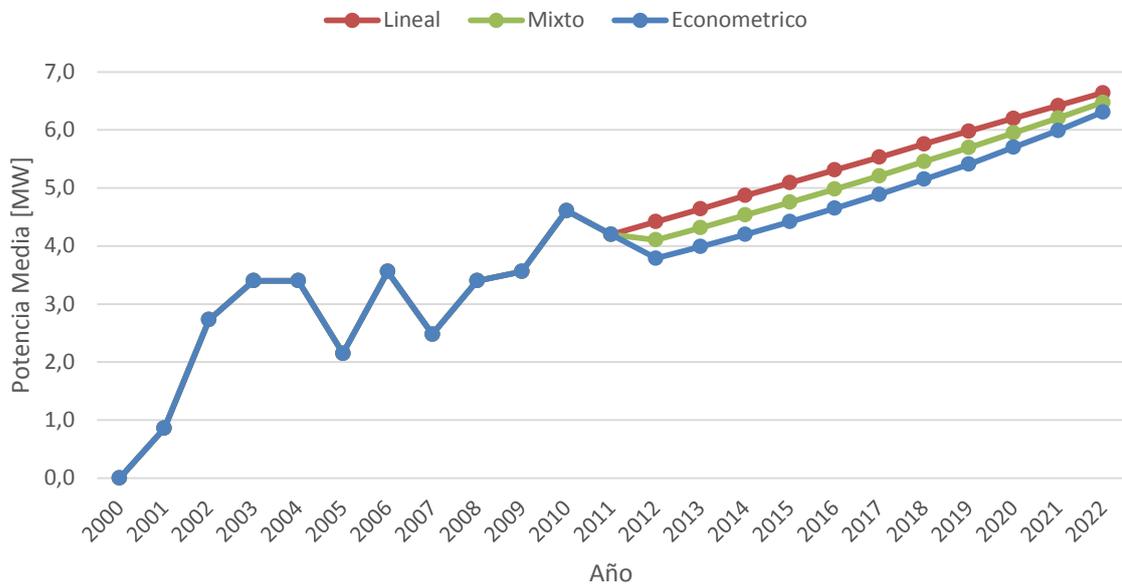
Salida N°7 - Central 2

Modelo Econométrico					Modelo Lineal					Modelo Mixto				
	Pot Max	Pot Media	Fc	Energia anual [MWh]		Pot Max	Pot Media	Fc	Energia anual [MWh]		Pot Max	Pot Media	Fc	Energia anual [MWh]
2000	3	0	0	0	2000	3	0	0	0	2000	3,00	0,00	0,66	0,00
2001	1,3	0,86	0,56	7516	2001	1,3	0,86	0,56	7516	2001	1,30	0,86	0,66	7516,00
2002	4,13	2,73	0,56	23878	2002	4,13	2,73	0,56	23878	2002	4,13	2,73	0,66	23878,00
2003	5,15	3,4	0,56	29775	2003	5,15	3,4	0,56	29775	2003	5,15	3,40	0,66	29775,00
2004	5,15	3,4	0,56	29798	2004	5,15	3,4	0,56	29798	2004	5,15	3,40	0,66	29798,00
2005	3,28	2,15	0,56	18963	2005	3,28	2,15	0,56	18963	2005	3,28	2,15	0,66	18963,00
2006	5,4	3,56	0,56	31220	2006	5,4	3,56	0,56	31220	2006	5,40	3,56	0,66	31220,00
2007	3,75	2,48	0,56	21681	2007	3,75	2,48	0,56	21681	2007	3,75	2,48	0,66	21681,00
2008	5,15	3,4	0,56	29798	2008	5,15	3,4	0,56	29798	2008	5,15	3,40	0,66	29798,00
2009	5,35	3,56	0,56	31151	2009	5,35	3,56	0,56	31151	2009	5,35	3,56	0,66	31151,00
2010	6,96	4,61	0,56	40354	2010	6,96	4,61	0,56	40354	2010	6,96	4,61	0,66	40354,00
2011	6,36	4,2	0,56	31595	2011	6,36	4,2	0,56	31595	2011	6,36	4,20	0,66	31595,00
2012	5,75	3,79	0,56	33241	2012	6,7	4,42	0,66	38725	2012	6,23	4,11	0,66	35983,00
2013	6,05	3,99	0,56	34972	2013	7,04	4,64	0,66	40673	2013	6,55	4,32	0,66	37822,50
2014	6,36	4,2	0,56	36794	2014	7,37	4,87	0,66	42621	2014	6,87	4,54	0,66	39707,50
2015	6,7	4,42	0,56	38710	2015	7,71	5,09	0,66	44570	2015	7,21	4,76	0,66	41640,00
2016	7,04	4,65	0,66	40727	2016	8,05	5,31	0,66	46518	2016	7,55	4,98	0,66	43622,50
2017	7,42	4,89	0,66	42848	2017	8,38	5,53	0,66	48467	2017	7,90	5,21	0,66	45657,50
2018	7,8	5,15	0,66	45080	2018	8,72	5,76	0,66	50415	2018	8,26	5,46	0,66	47747,50
2019	8,2	5,41	0,66	47429	2019	9,06	5,98	0,66	52363	2019	8,63	5,70	0,66	49896,00
2020	8,63	5,7	0,66	49899	2020	9,39	6,2	0,66	54312	2020	9,01	5,95	0,66	52105,50
2021	9,08	5,99	0,66	52498	2021	9,73	6,42	0,66	56260	2021	9,41	6,21	0,66	54379,00
2022	9,55	6,31	0,66	55233	2022	10,07	6,64	0,66	58209	2022	9,81	6,48	0,66	56721,00

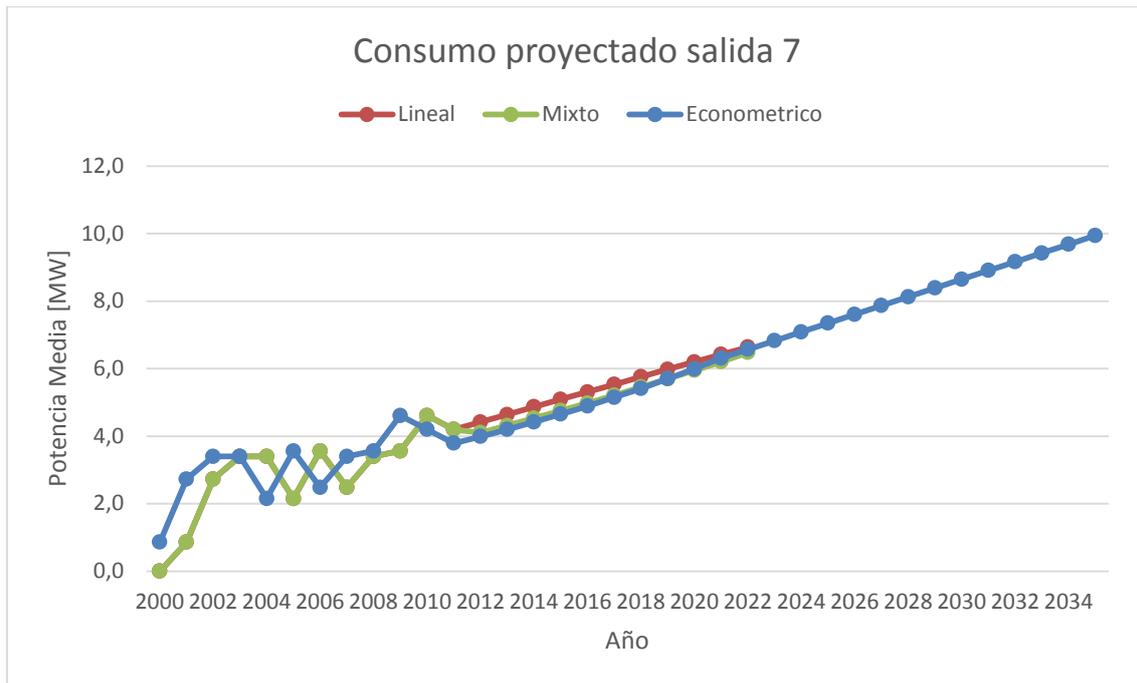
Consumo de energía proyectado salida 7



Potencia proyectada salida 7



Extendiendo la proyección para el año 2036 tenemos



Para el caso de salida 7 predomina el consumo residencial



La estimación de la demanda es clave en el cálculo del flujo de potencia, el estudio previo nos entrega un estimado de dicha demanda en los próximos años pero es referido a lo medido en bornes de Central N°2. Para el cálculo se

hace necesario distribuir dicha demanda entre todas las cargas de forma coherente, para esto se tomó como criterio asignar a cada subestación transformadora un porcentaje del consumo estimado según su potencia nominal, en caso de que la potencia estimada exceda el nominal de la subestación se reparte el excedente en dos o tres puntos a lo largo de la línea según su perfil de carga.

La carga utilizada para el modelado es la de potencia media, esta es una proyección lineal referida al año 2036 a fin de lograr un proyecto de 20 años. Además con el objetivo de verificar los datos del estudio se comparó los datos estimados de la proyección para el 2016 con los datos reales del mismo año y dicha proyección de potencia media se encuentra por encima del máximo anual del mismo año por lo cual resulta un pronóstico conservador.

A continuación se expone la lista de las subestaciones de 33 kV monofásicas y trifásicas conectadas a salida 5 y salida 7 con su tensión y potencia nominal, además se expone la potencia activa y reactiva asignada en el modelado de flujo de potencia así como el excedente o residual que se reparte en dos cargas puntuales a lo largo de la línea.

Las potencias expuestas a continuación son las proyectadas en el año 2036, pero para estudiar los diferentes casos que se pueden presentar al hacer maniobras en las líneas también se expone un modelado con las cargas del 2016.

## Subestaciones conectadas a salida 5

Listado de subestaciones conectadas a salida 5				Pot. media 2036 [MW]	Pot. media 2036 [MVar]	Pot. media 2036 [MVA]
N°	Tensión	kVA	Dirección			
190	33000/400-231	200	Chile y calle 143	0,081	0,050	0,095
405	33000/400-231	500	Mons. Tavella y calle 159	0,201	0,125	0,237
199	33000/400-231	315	Bombeo cloacal CAFESG (C Veiga y Sara Neira)	0,127	0,079	0,149
130	33000/400-231	315	Mons. Rosh y Bvd. Ayuí (Bertoni)	0,127	0,079	0,149
154	33000/400-231	315	Avda. Independencia y R. Rosch (Ex. Garamendi)	0,127	0,079	0,149
213	19100/231	25	Camino Garamendy (Pastorini)	0,010	0,006	0,012
209	19100/231	5	Piquete 23 (Colonia Elía) (Al oeste Ex. Fca. Garamendi)	0,002	0,001	0,002
433	33000/400-231	100	Valle del Ayuí	0,040	0,025	0,047
143	33000/400-231	200	Mons. Rösch (Struck)	0,081	0,050	0,095
156	33000/400-231	500	Pte. Illía y Fátima	0,201	0,125	0,237
319	33000/400-231	500	Vuelta de Obligado y H. Primo (V. Zorraquín)	0,201	0,125	0,237
1156	33000/400-231	150	Asc. Gremial Docente Universitario	0,060	0,037	0,071
320	33000/400-231	315	Vuelta de Obligado y Gualeguay	0,127	0,079	0,149
305	33000/400-231	315	Negri -Rossi (Gualeguay, 500m al sur de V. Obligado-Ex B. Robinson))	0,127	0,079	0,149
1079	33000/400-231	315	Agromur S.A. (V Obligado y Gualeguay)	0,127	0,079	0,149
380	33000/400-231	100	Vuelta de Obligado y Bvar. Yuquerí	0,040	0,025	0,047
1179	33000/400-231	100	Mons. Rösch 4799 (Itaku S.R.L.)	0,040	0,025	0,047
1177	33000/400-231	100	Chile y Facundo Quiroga	0,040	0,025	0,047
132	33000/400-231	500	Mons. Rosch y J.M de Rosas (Villa Zorraquin)	0,201	0,125	0,237
409	33000/400-231	630	Mons. Rosch (Empaque Ayuí)	0,254	0,157	0,298
1112	33000/400-231	200	Club Los Yaros	0,081	0,050	0,095
306	33000/400-231	315	Autódromo	0,127	0,079	0,149



UTN

Mejora del mallado y reparación de líneas  
de 33 kV en zona norte de Concordia



UTN

Mejora del mallado y reparación de líneas  
de 33 kV en zona norte de Concordia

299	33000/400-231	100	Mons. Rosch (Club Profesionales)	0,040	0,025	0,047
1183	33000/400-231	63	A°P° Mons. Rosch	0,025	0,016	0,030
133	33000/400-231	160	Aeropuerto Pierrestegui	0,064	0,040	0,076
397	33000/400-231	500	Mons. Rosch y Acceso a Salto Grande	0,201	0,125	0,237
159	33000/400-231	25	Ex Ruta 14 y Ayuí Grande (Perilli)	0,010	0,006	0,012
370	19100/231	25	Colonia Ayuí (Pascualini)	0,010	0,006	0,012
346	19100/231	10	Colonia Ayuí (Mika)	0,004	0,002	0,005
480	33000/400-231	100	Colonia Ayuí (Zipitria)	0,040	0,025	0,047
425	19100/231	5	Ex Ruta 14 y Ayuí Grande (antes de Taguchi)	0,002	0,001	0,002
325	33000/400-231	63	Ex Ruta 14 (Taguchi)	0,025	0,016	0,030
171	33000/400-231	50	Ex. Ruta 14 (Granja La Angélica, Ex Ruso Marco)	0,020	0,012	0,024
104	19100/231	5	Garona - Luzuriaga	0,002	0,001	0,002
140	19100/231	5	Ex. Ruta 14 (Larocca) (Ayuí Grande)	0,002	0,001	0,002
357	33000/400-231	100	Empaque Larocca Hnos - Ayuí Grande	0,040	0,025	0,047
467	19100/231	5	Colonia Ayuí (Marchi)	0,002	0,001	0,002
173	33000/400-231	50	Ex. Ruta 14 (Quinta Los Padres)	0,020	0,012	0,024
456	19100/231	5	Ex. Ruta 14 (La Granja - Delor)	0,002	0,001	0,002
169	33000/400-231	25	Ex. Ruta 14 y 128 (Bordillon)	0,010	0,006	0,012
1089	19100/231	10	Fundación MAEVIA (ex Ruta 14, al Norte de Ruta Prov. 128)	0,004	0,002	0,005
413	19100/231	5	Eca - Lemesoff 2 (Colonia Ayuí)	0,002	0,001	0,002
412	33000/400-231	40	Eca - Lemesoff 1 (Colonia Ayuí)	0,016	0,010	0,019
1088	19100/231	5	Francolini Alfredo	0,002	0,001	0,002
170	33000/400-231	50	Ruta 28 (Moneta)	0,020	0,012	0,024
445	33000/400-231	25	Pinar del Lago (La Flor)	0,010	0,006	0,012
338	19100/231	10	Lemesoff (Pinar del Lago)	0,004	0,002	0,005
336	19100/231	10	Locker (Lago)	0,004	0,002	0,005
347	33000/400-231	63	Pinar del Lago	0,025	0,016	0,030



**UTN**

Mejora del mallado y reparación de líneas  
de 33 kV en zona norte de Concordia

<b>292</b>	33000/400-231	25	Ruta 128 (Quinta Besol)	0,010	0,006	0,012
<b>293</b>	19100/231	10	V. Vizcacha (Ruta 128 - Ex ruta 14 y 128)	0,004	0,002	0,005
<b>432</b>	33000/400-231	25	Colonia Ayuí - Putruelle Gotte	0,010	0,006	0,012
<b>384</b>	19100/231	10	Colonia Ayuí - Miguel Ruso	0,004	0,002	0,005
<b>174</b>	33000/400-231	16	Goitisoló - Colonia Ayuí - Gualeguaycito	0,006	0,004	0,008
<b>202</b>	33000/400-231	100	Chacon-Loteo Quinta San Joaquín (Colonia Ayuí)	0,040	0,025	0,047
<b>291</b>	33000/400-231	16	Ayuí y Ruta 128 (Quinta Salto Chico)	0,006	0,004	0,008
<b>155</b>	33000/400-231	25	Ruta 128 (Quinta Salto Grande)	0,010	0,006	0,012
<b>257</b>	19100/231	10	Brizolara (Col. Ayuí)	0,004	0,002	0,005
<b>172</b>	33000/400-231	200	Camino Vecinal 9 de Julio (Miñones)	0,081	0,050	0,095
<b>296</b>	19100/231	5	Cam.Vec. 9 de Julio (Peliquero - Rosatelli)	0,002	0,001	0,002
<b>217</b>	33000/400-231	160	Leonardelli - Challiol - Pavón (Camino Vec. 9 de Julio)	0,064	0,040	0,076
<b>457</b>	19100/231	10	Alumbrado Público Colonia Ayuí	0,004	0,002	0,005
<b>339</b>	33000/400-231	160	Ruta 128 - Zampedri	0,064	0,040	0,076
<b>406</b>	19100/231	5	Ruta 128 - Boto San Bonifacio	0,002	0,001	0,002
<b>235</b>	33000/400-231	315	Ruta 128 - Colonia La Lata	0,127	0,079	0,149
<b>461</b>	33000/400-231	200	Colonia Ayuí - Barrio Nuevo	0,081	0,050	0,095
<b>358</b>	19100/231	25	Cerro de la Cañada (Col Ayuí)	0,010	0,006	0,012
<b>470</b>	19100/231	10	Colonia Ayuí - Goya Piana	0,004	0,002	0,005
<b>460</b>	19100/231	5	Colonia Ayuí (Piana)	0,002	0,001	0,002
<b>1054</b>	19100/231	5	Alumbrado Público Colonia Ayuí (Bomba cloacal)	0,002	0,001	0,002
<b>1166</b>	19100/231	5	Roncaglia Omar Alfredo (Av. Roma (N) S/N - C. Ayuí)	0,002	0,001	0,002
<b>1091</b>	33000/400-231	63	Citrular S.A.A.I.C.A. (Colonia Ayuí)	0,025	0,016	0,030
<b>165</b>	33000/400-231	100	Colonia Ayuí - Gualeguaycito (García) Yatch Club	0,040	0,025	0,047
<b>1158</b>	19100/231	10	Santaolalla Carlos	0,004	0,002	0,005
<b>417</b>	19100/231	10	Denis-Fornes-Novello (Colonia Ayuí camino al Yatcht Club)	0,004	0,002	0,005
<b>395</b>	19100/231	16	Los Cerrillos- (Colonia Ayuí camino al Yatcht Club)	0,006	0,004	0,008



UTN

Mejora del mallado y reparación de líneas  
de 33 kV en zona norte de Concordia

1157	19100/231	5	El Alba Forestal S.A. 2	0,002	0,001	0,002
332	33000/400-231	160	Colonia Ayuí (Schatz)	0,064	0,040	0,076
387	33000/400-231	40	Alba forestal (Colonia Ayuí)	0,016	0,010	0,019
1108	7620/231	5	Villagra de Flores Nelida (Colonia Yerua)	0,002	0,001	0,002
455	19100/231	5	Velasco Pocho (C Ayuí, antes del Yatch Club)	0,002	0,001	0,002
469	33000/400-231	63	Colonia Ayuí (Velazco)	0,025	0,016	0,030
1117	33000/400-231	160	Quinta El Amanecer 4 (Citricola Ayui - Cnia. Ayui)	0,064	0,040	0,076
1116	33000/400-231	160	Quinta El Amanecer 3 (Citricola Ayui - Cnia. Ayui)	0,064	0,040	0,076
466	19100/231	25	Colonia Ayuí -(El Amanecer 2) Citrícola Ayuí	0,010	0,006	0,012
1163	33000/400-231	63	Trebol Pampa II S.A.	0,025	0,016	0,030
1132	33000/400-231	63	Trebol Pampa S.A. (Quinta La Lata- Cnia. Ayuí)	0,025	0,016	0,030
1164	33000/400-231	160	Trebol Pampa III S.A.	0,064	0,040	0,076
1165	33000/400-231	63	Trebol Pampa IV S.A.	0,025	0,016	0,030
153	33000/400-231	500	Colonia Ayuí - 9 de Julio	0,201	0,125	0,237
193	33000/400-231	100	Sábato (aserr. 9 de julio)	0,040	0,025	0,047
188	33000/400-231	100	Blueberries "1" ( 9 de Julio)	0,040	0,025	0,047
1110	33000/400-231	100	Blueberries"8" (Colonia Ayuí)	0,040	0,025	0,047
1111	33000/400-231	100	Blueberries"9" (Colonia Ayuí)	0,040	0,025	0,047
258	33000/400-231	100	Blueberries"2" ( 9 de Julio)	0,040	0,025	0,047
259	33000/400-231	63	Blueberries"3" ( 9 de Julio)	0,025	0,016	0,030
1060	19100/231	5	Blueberries"7" (Colonia Ayuí)	0,002	0,001	0,002
276	33000/400-231	160	Blueberries"5" ( 9 de Julio)	0,064	0,040	0,076
211	33000/400-231	63	9 de Julio (Elio Rodriguez)	0,025	0,016	0,030
260	33000/400-231	200	Blueberries"4" ( 9 de Julio)	0,081	0,050	0,095
419	33000/400-231	40	9 de Julio (Dalzoto)	0,016	0,010	0,019
372	33000/400-231	63	9 de Julio (Lafourcade)	0,025	0,016	0,030
1098	33000/400-231	200	Quinta LA GABI (Arandanos de la Mesopotamia)C. Ayuí P. los Vecinos	0,081	0,050	0,095

376	19100/231	5	Dalzoto (Colonia Ayuí)	0,002	0,001	0,002
459	19100/231	5	9 de Julio (Larocca R)	0,002	0,001	0,002
423	19100/231	25	9 de Julio (Larocca A)	0,010	0,006	0,012
401	33000/400-231	50	9 de Julio (Squarzon)	0,020	0,012	0,024
422	19100/231	10	Larocca Ramon Hector ( C Ayuí)	0,004	0,002	0,005
436	33000/400-231	63	Zordan (Colonia Ayuí)	0,025	0,016	0,030
1069	19100/231	10	Elviretti Damián (Zona Colonia Ayuí)	0,004	0,002	0,005
		12,00		4,83	3,00	5,69

### Subestaciones conectadas a salida 7

Listado de subestaciones conectadas a salida 7				Potencia Activa[MW]	Potencia Reactiva [MVar]	Potencia Aparente [MVA]
N°	Tensión	kVA	Dirección			
127	33000/400-231	315	Los Viñedos y Chile (Barrio San Pantaleón)	0,268	0,166	0,315
451	33000/400-231	315	Los Viñedos y Federación	0,268	0,166	0,315
391	33000/400-231	315	Los Viñedos y Villaguay	0,268	0,166	0,315
287	33000/400-231	315	P. A. de Sarmiento y Mario Gato (Gugliermone o Cocar)	0,268	0,166	0,315
266	19100/231	16	P. A. de Sarmiento y Bvar. Ayuí	0,014	0,008	0,016
206	33000/400-231	100	Bvar. Ayuí y Calle 50	0,085	0,053	0,1
142	33000/400-231	500	Bvar. Ayuí y Bvar. Yuquerí (Apicola Don Marcelo)	0,425	0,263	0,5
356	33000/400-231	100	Bvar. Yuquerí (Olivieri)	0,085	0,053	0,1
297	19100/231	5	Bvar. Yuquerí y Las Palmeras - (Ing. Pellegrini)	0,004	0,003	0,005
327	33000/400-231	80	Camino Garamendy (Gotte)	0,068	0,042	0,08
1174	19100/231	25	Diamante y Los Cerros	0,021	0,013	0,025



UTN

Mejora del mallado y reparación de líneas de 33 kV en zona norte de Concordia



UTN

Mejora del mallado y reparación de líneas  
de 33 kV en zona norte de Concordia

1096	19100/231	25	Los Ceibos y Diamante (Barrio Golf Club) -Tanque de agua-	0,021	0,013	0,025
219	19100/231	16	Piquete 24 y 25 Colonia Elía - Gualaguay y Las Palmeras	0,014	0,008	0,016
240	19100/231	16	Piquete 22 y 23 (Santo Tomé)	0,014	0,008	0,016
192	19100/231	10	Bvar. Yuquerí (Worszack)	0,009	0,005	0,01
203	33000/400-231	100	Bvard. Yuquerí (Granja Robinson)(Villa Zorraquín)	0,085	0,053	0,1
482	33000/400-231	16	Bvar. Yuquerí (Tisoco)	0,014	0,008	0,016
421	19100/231	10	Bvar. Yuquerí (Ragone)	0,009	0,005	0,01
330	19100/231	10	Bvar. Yuquerí y Vuelta de Obligado	0,009	0,005	0,01
465	33000/400-231	200	Montichelli (Vuelta de Obligado y Fátima)	0,170	0,105	0,2
462	33000/400-231	40	Opel (Vuelta de Obligado y Fátima)	0,034	0,021	0,04
458	19100/231	5	Chiarello (400 mt al norte de Opel)	0,004	0,003	0,005
284	33000/400-231	160	Guiffrey Hugo (V. Obligado - 8 vanos antes doblar a Magn)	0,136	0,084	0,16
283	33000/400-231	63	Vuelta de Obligado (O. Magnasco) (Romero - Ojeda)	0,054	0,033	0,063
138	33000/400-231	315	Oswaldo Magnasco (Policía)	0,268	0,166	0,315
137	19100/231	16	Oswaldo Magnasco (Morales)	0,014	0,008	0,016
264	19100/231	10	Morales 2 (Oswaldo Magnasco)	0,009	0,005	0,01
186	19100/231	10	Oswaldo Magnasco (Afranchino-Vivanco)	0,009	0,005	0,01
247	19100/231	5	Vuelta de Obligado (Garran) (O. Magnasco)	0,004	0,003	0,005
334	19100/231	5	Vuelta de Obligado (Eca)	0,004	0,003	0,005
248	33000/400-231	100	Oswaldo Magnasco (Dimeo)	0,085	0,053	0,1
340	33000/400-231	200	Colonia Roca (Domínguez) Agroberries	0,170	0,105	0,2
341	19100/231	10	Colonia Roca (Dr. Ríos) Mirasol	0,009	0,005	0,01
214	33000/400-231	315	Oswaldo Magnasco (Wallingre)	0,268	0,166	0,315
218	33000/400-231	50	O. Magnasco (Estación de FFCC)	0,043	0,026	0,05
1090	33000/400-231	25	Salerno Roberto (O. Magnasco)	0,021	0,013	0,025
195	33000/400-231	63	Oswaldo Magnasco (Lopez Jose, Ex Galli)	0,054	0,033	0,063
286	33000/400-231	16	Oswaldo Magnasco (Nejanky) (Pasarello)	0,014	0,008	0,016



UTN

Mejora del mallado y reparación de líneas  
de 33 kV en zona norte de Concordia

1081	33000/400-231	25	Aranzul (Ruta Nac. 015 - Km 3,5)	0,021	0,013	0,025
241	33000/400-231	80	Acceso a Salto Grande(Zanandrea)	0,068	0,042	0,08
223	19100/231	5	Acc. Salto Grande (Jaureguiberry)	0,004	0,003	0,005
331	19100/231	10	Colonia Ayuí (Díaz-Zboron)	0,009	0,005	0,01
464	33000/400-231	16	Colonia Ayuí (Putruelle)	0,014	0,008	0,016
449	19100/231	25	Colonia Ayuí (Zubizarreta)	0,021	0,013	0,025
448	19100/231	5	Galván Gustavo Raul	0,004	0,003	0,005
486	19100/231	10	Valentin - Ester (Colonia Ayuí)	0,009	0,005	0,01
483	19100/231	16	Colonia Ayuí (Taylor)	0,014	0,008	0,016
345	19100/231	10	Colonia Ayuí (Pérez-Moix)	0,009	0,005	0,01
279	19100/231	25	Colonia Ayuí (Dirié)	0,021	0,013	0,025
428	19100/231	16	Colonia Ayuí - Diaz	0,014	0,008	0,016
1094	19100/231	10	Calvo Gustavo y Multare Nancy (Ruta Nac 14 km 270,5)	0,009	0,005	0,01
244	33000/400-231	63	Colonia Ayuí (Arfrut - Maya Carlos)	0,054	0,033	0,063
1063	33000/400-231	100	Varela, Paula (Col. Ayuí)	0,085	0,053	0,1
1075	33000/400-231	160	Petelin Jose (Col. Ayuí)	0,136	0,084	0,16
1097	33000/400-231	315	Quinta Martin Fierro II (Ayuí)	0,268	0,166	0,315
242	19100/231	10	Quinta Martín Fierro (Citrícola Ayuí) (9 de Julio)	0,009	0,005	0,01
		4,80		4,08	2,53	4,80
			Potencia excedente	3,53	2,19	4,16

### 1.8 Flujo de potencia

Para el cálculo de flujo es necesario saber la potencia activa y reactiva consumida en cada barra, establecer una barra como libre y definir los parámetros de línea para las distintas secciones de la misma.

#### Parámetros de línea

Los parámetros de línea se calculan para dos modelos de poste diferentes, uno de distribución rural y otra urbana. Dichos parámetros varían con la disposición de la línea así como con la altura del poste de modo que para facilitar el cálculo se utilizó la altura media.

El detalle de los cálculos se encuentra en el capítulo de la Subestación transformadora de ruta 015. A continuación los valores obtenidos

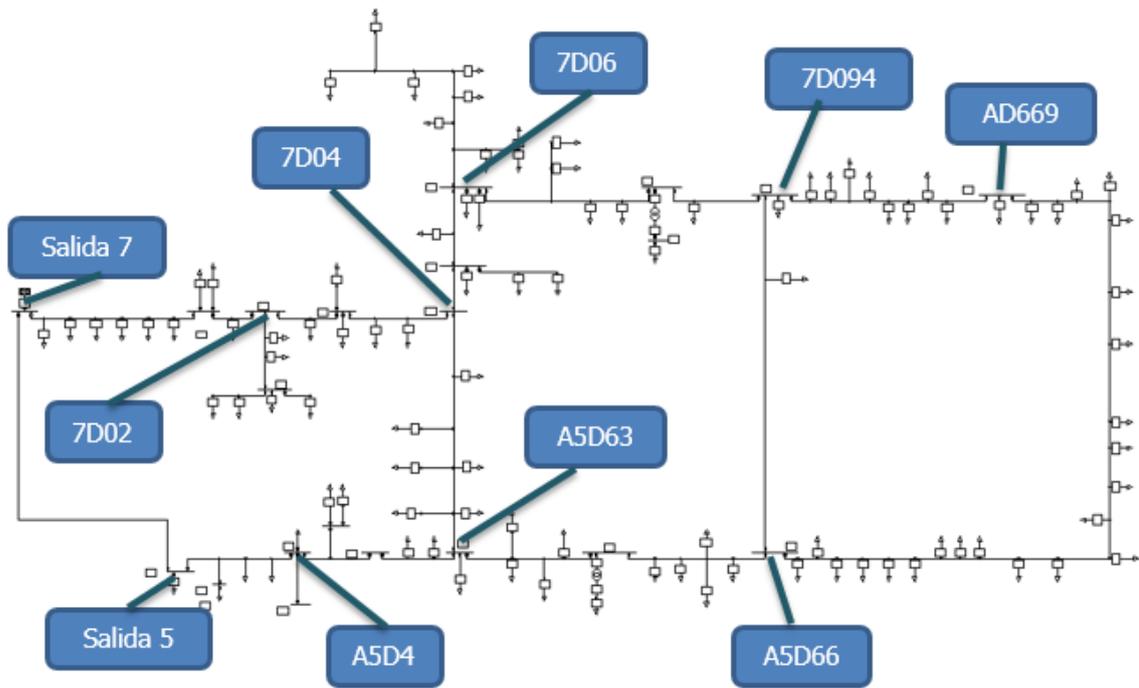
Tipo de línea	Resistencia [Ω/km]	Reactancia directa e inversa [Ω/km]	Reactancia homopolar [Ω/km]	Capacidad directa e inversa [nF/km]	Capacidad homopolar [nF/km]
Rural de 70 mm <sup>2</sup>	0,484	0,364	0,856	10,02	4,159
Rural de 95 mm <sup>2</sup>	0,352	0,354	0,846	10,32	4,209
Urbana de 70 mm <sup>2</sup>	0,484	0,364	0,894	10,02	3,982
Urbana de 95 mm <sup>2</sup>	0,352	0,354	0,884	10,32	4,028

#### Casos de estudio

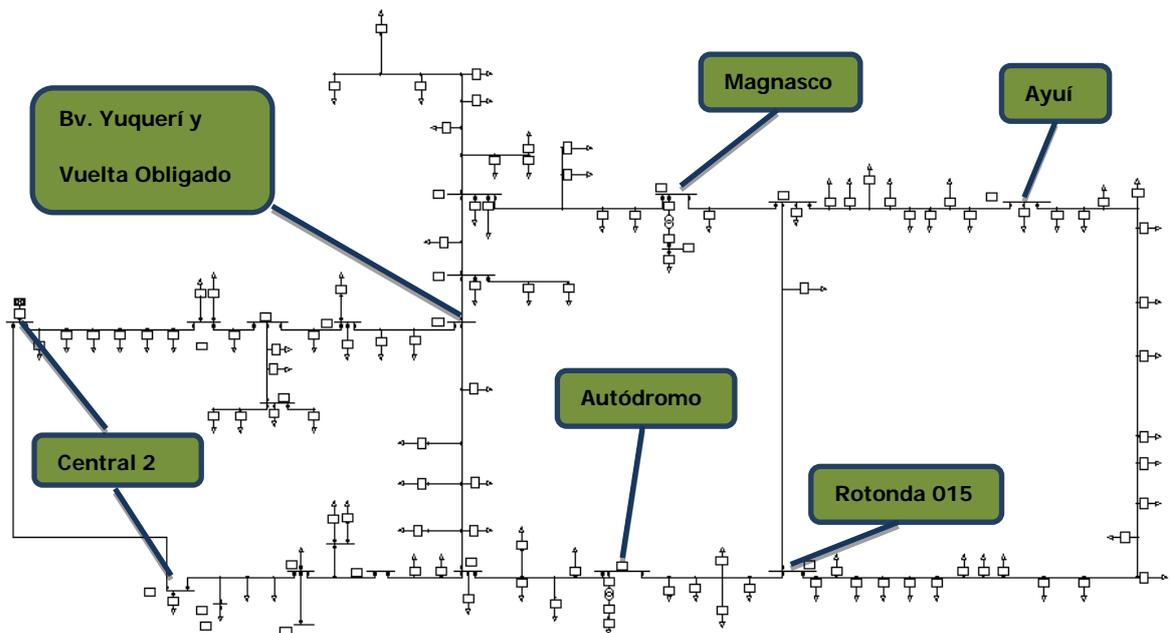
La simulación tiene dos perfiles de carga diferentes, uno corresponde a los máximos presentados durante el año 2016 y otro a los proyectados para el 2036. Debido a que el consumo en este último año es mucho mayor no se puede hacer maniobras que dejen fuera de servicio una salida por completo y ser alimentada por otra, por lo tanto se estudian maniobras extremas como esta con los perfiles de carga del año 2016 y se estudian por separado maniobras un tanto menores para los perfiles de carga del año 2036. Se suponen 2,5 MVA de la carga del año 2036 concentrada en la nueva subestación a construir y el resto distribuida.

La barra libre siempre estará ubicada en Central N°2, tanto salida 5 como salida 7 tienen la misma barra en común dentro de la central y en todo momento el anillo con salida 3 permanecerá abierto.

La siguiente figura representa algunas de las barras con las cuales se pueden realizar distintas maniobras para seccionar las líneas.



La siguiente figura muestra la ubicación de algunas de las barras citadas

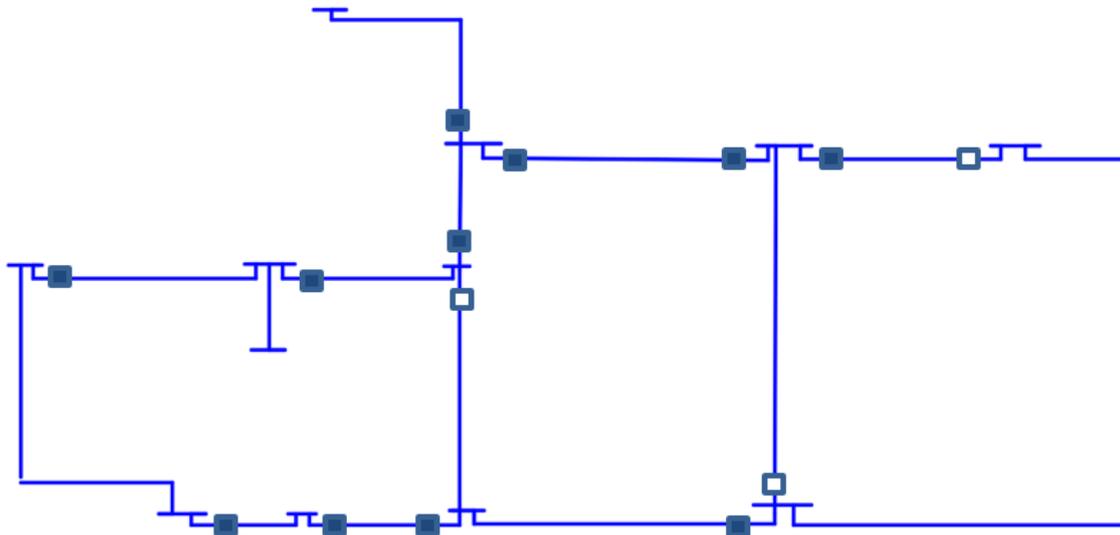


De esta manera se presenta aquí cada caso junto con sus valores de tensión y corriente más comprometidos.

### Caso 1: Funcionamiento normal año 2016

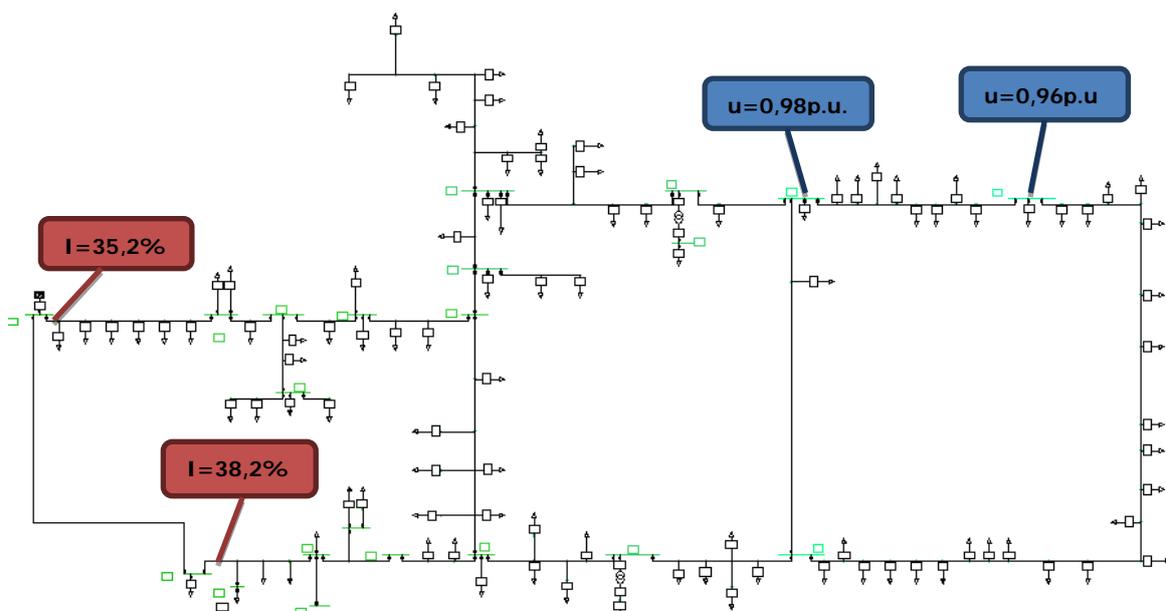
Seccionadores abiertos: A5D63, A5D66, AD669

Para facilitar la comprensión de los diferentes casos de estudios se plantea el siguiente diagrama simplificado



En este caso en particular se representa la red en su funcionamiento normal, es decir alimentada en forma radial con la potencia máxima registrada en el año 2016.

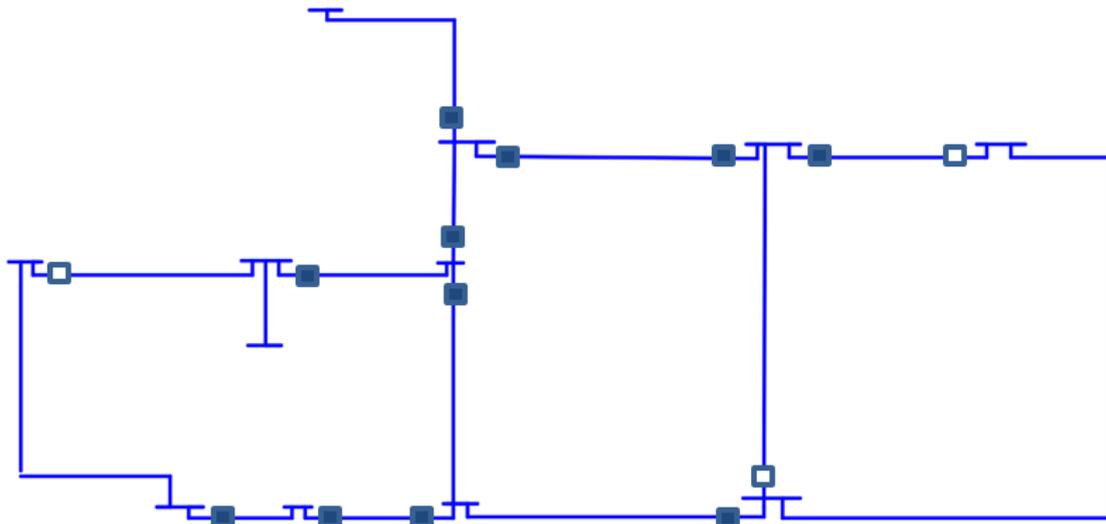
La siguiente figura muestra los valores de tensión y corriente más comprometidos para cada salida.



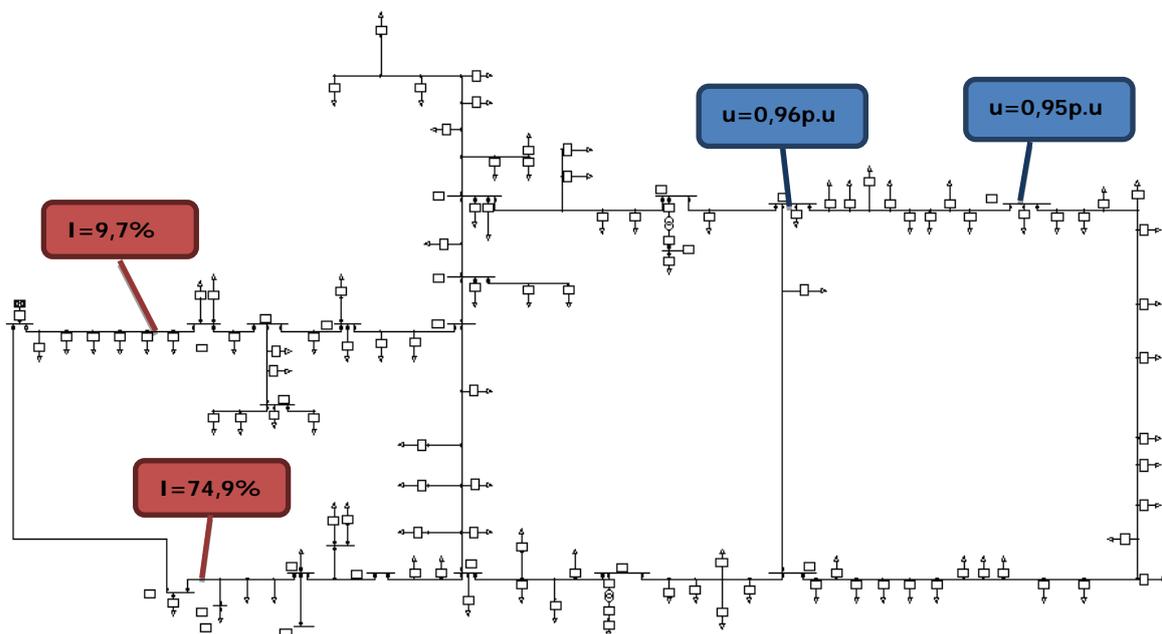
Caso 2: Alimentado solo desde salida 5, año 2016

Seccionadores abiertos: Salida 7, A5D66, AD669

Esto simula la alimentación de todo el sistema mediante salida 5 solamente con el cierre del primer anillo



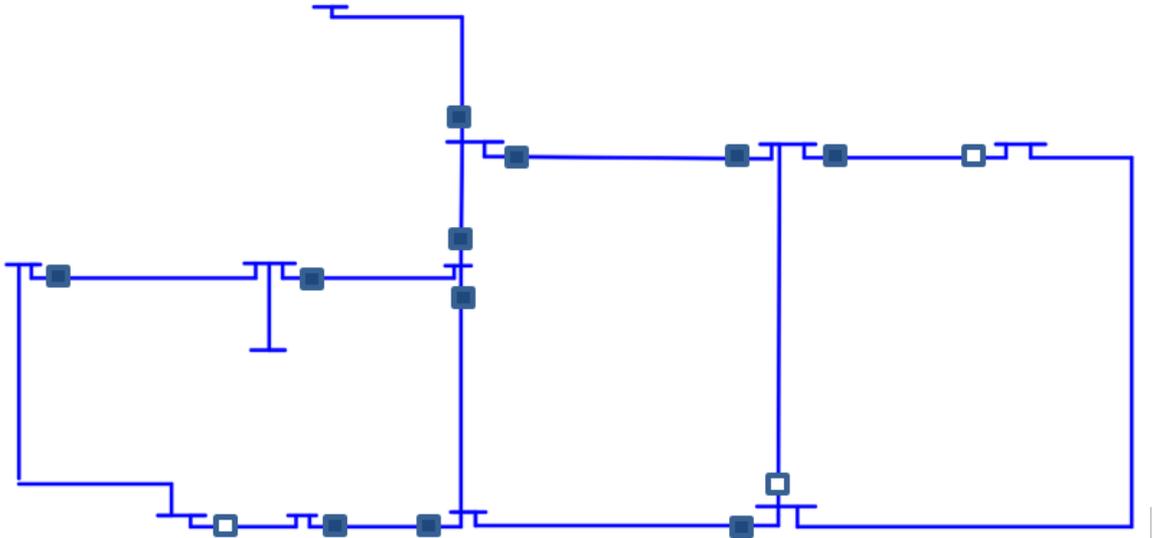
Los valores de tensión y corriente más comprometidos son:



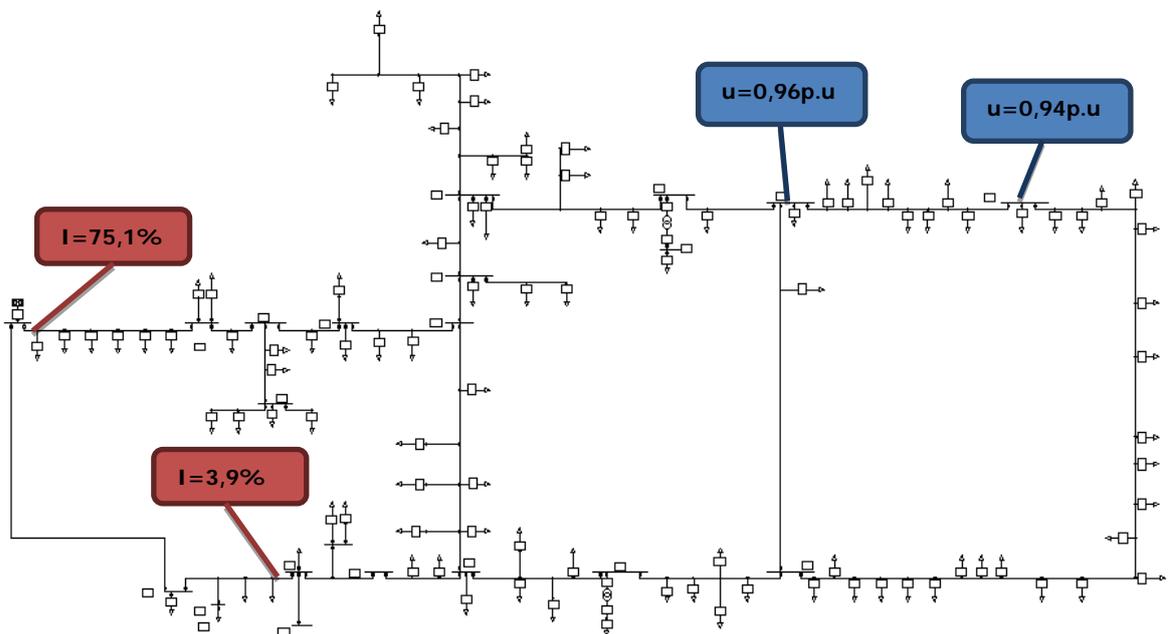
### Caso 3: Alimentado solo desde salida 7, año 2016

Seccionadores abiertos: Salida 5, A5D66, AD669

Carga completamente alimentada desde salida 7 según los máximos valores registrados en el año 2016



Los valores de tensión y corriente más comprometidos son:

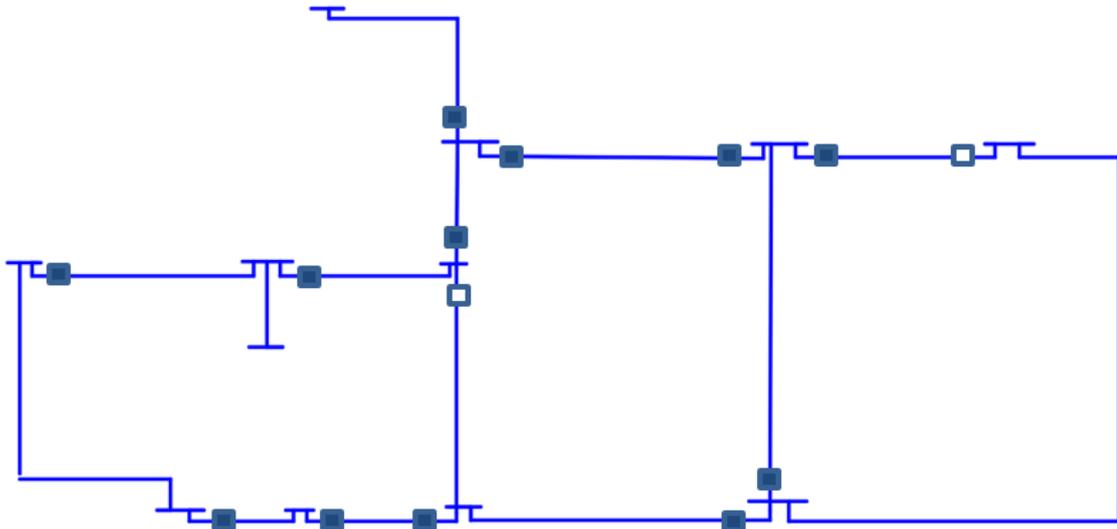


Como puede observarse si bien los valores de corriente se mantienen dentro del rango nominal la máxima caída de tensión es del 6%, esta maniobra deberá efectuarse en momentos donde el consumo sea relativamente bajo si es que se quiere mantener la calidad del servicio.

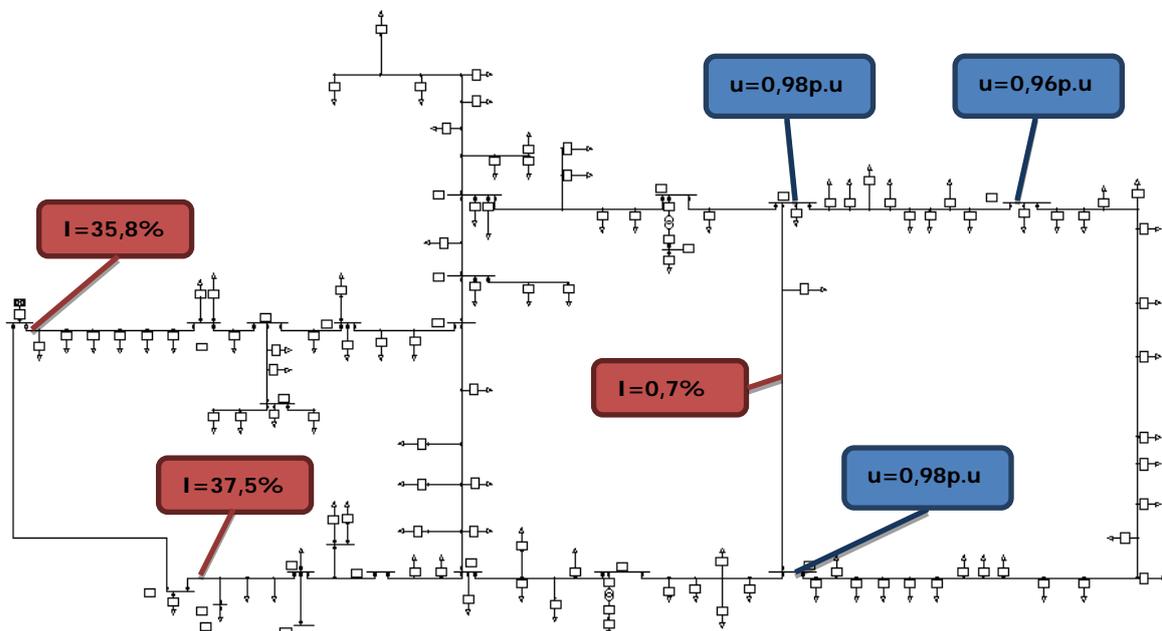
Caso 4: carga máxima año 2016 con cierre de anillo proyectado

Seccionadores abiertos: A5D63, AD669

Esto muestra la mejora en la calidad de servicio si se cierra el anillo proyectado por este estudio, carga correspondiente al máximo registrado en el año 2016



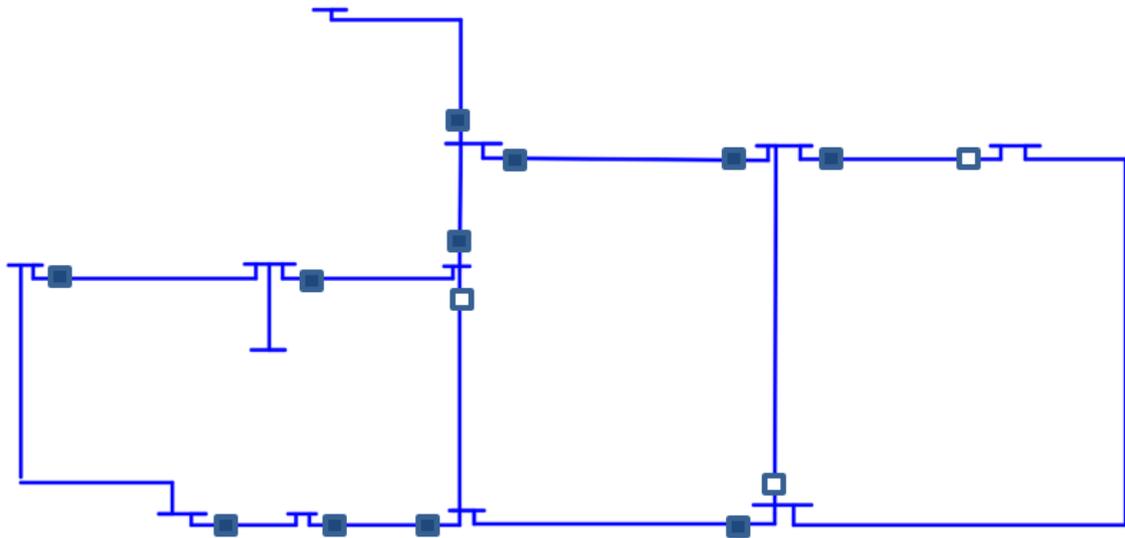
Algunos de los niveles de tensión y corriente:



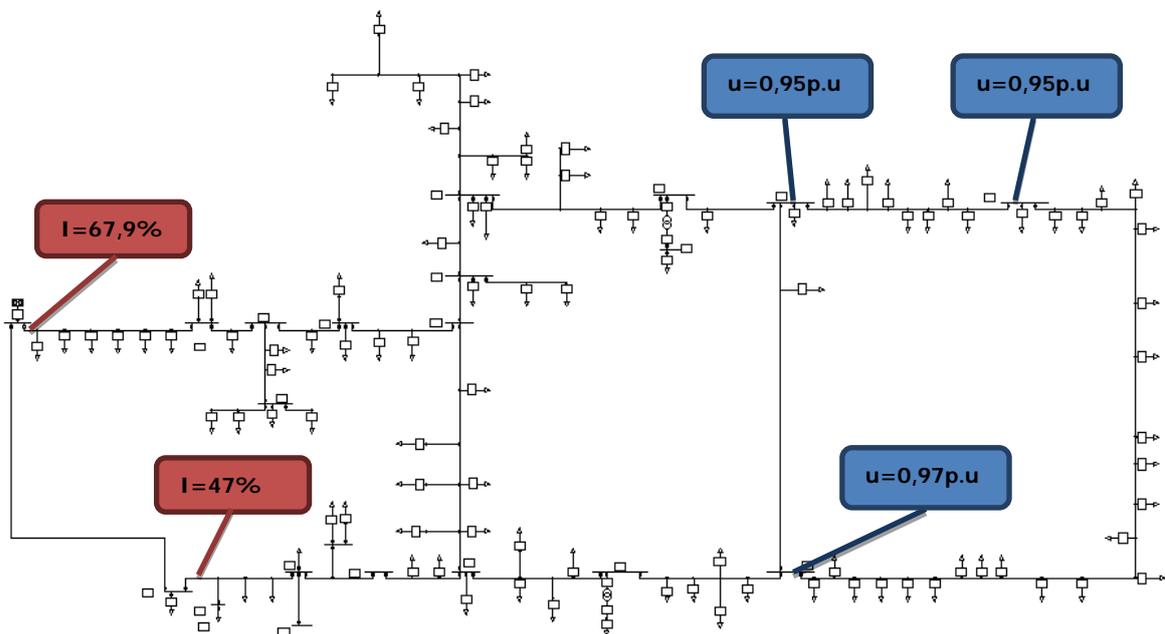
Caso 5: carga nominal año 2036

Seccionadores abiertos: A5D63, A5D66, AD669

Este es el caso de funcionamiento normal de la red según la carga proyectada para el año 2036, alimentación radial.



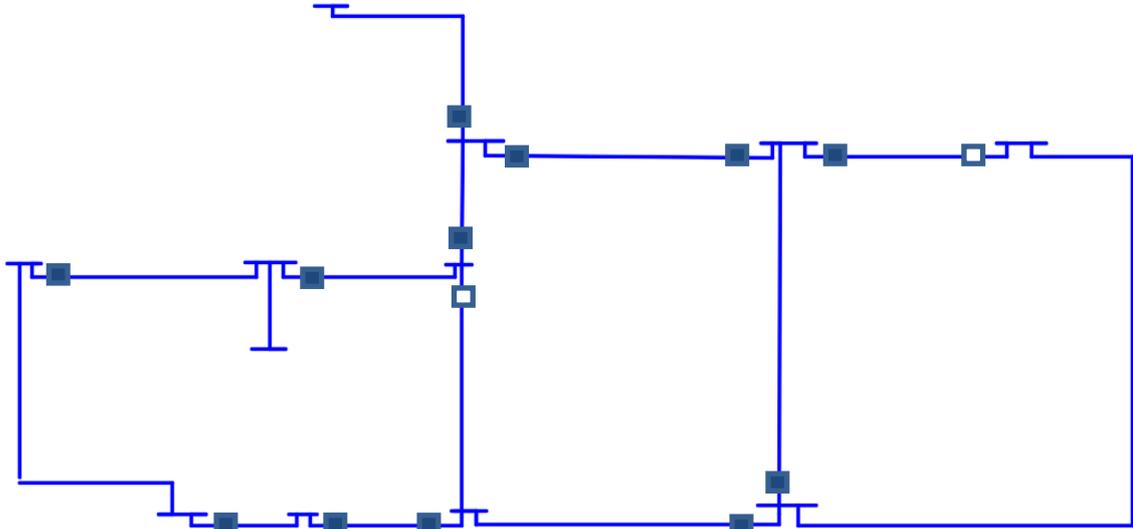
Algunos de los niveles de tensión y corriente:



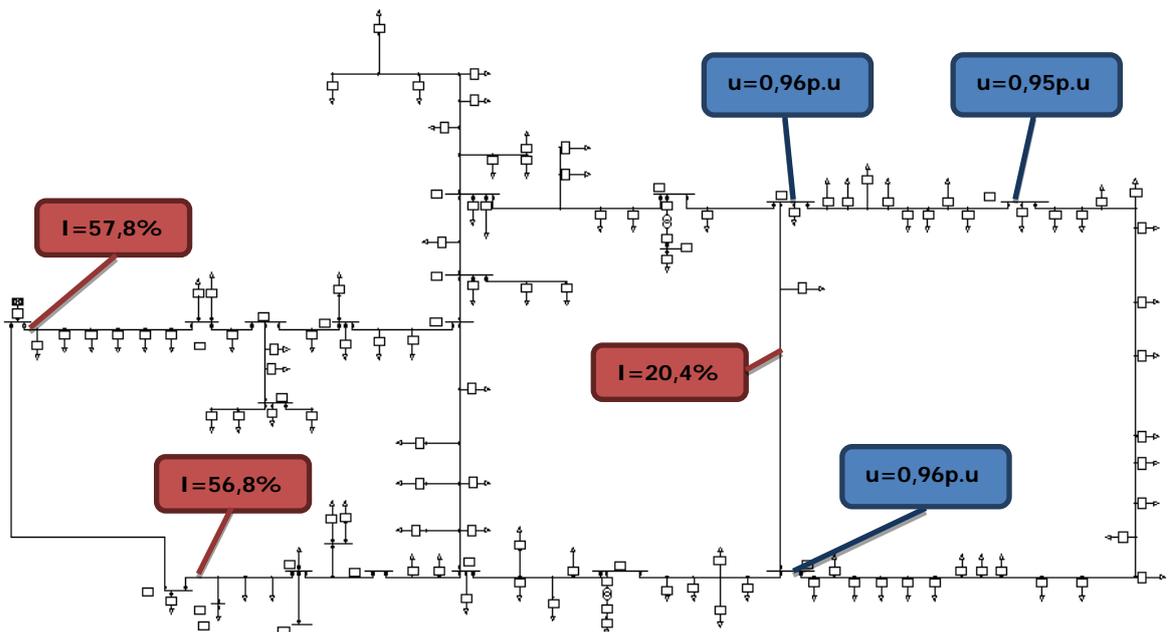
Caso 6: carga nominal año 2036 con cierre de anillo

Seccionadores abiertos: A5D63, AD669

Este es el caso de funcionamiento normal de la red según la carga proyectada para el año 2036, con cierre del anillo central proyectado.



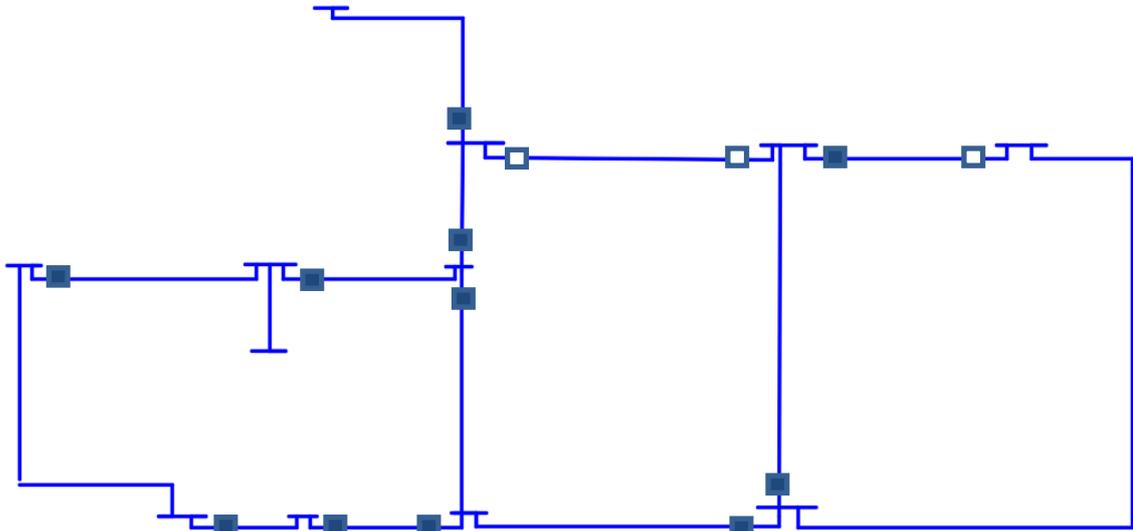
Algunos de los niveles de tensión y corriente:



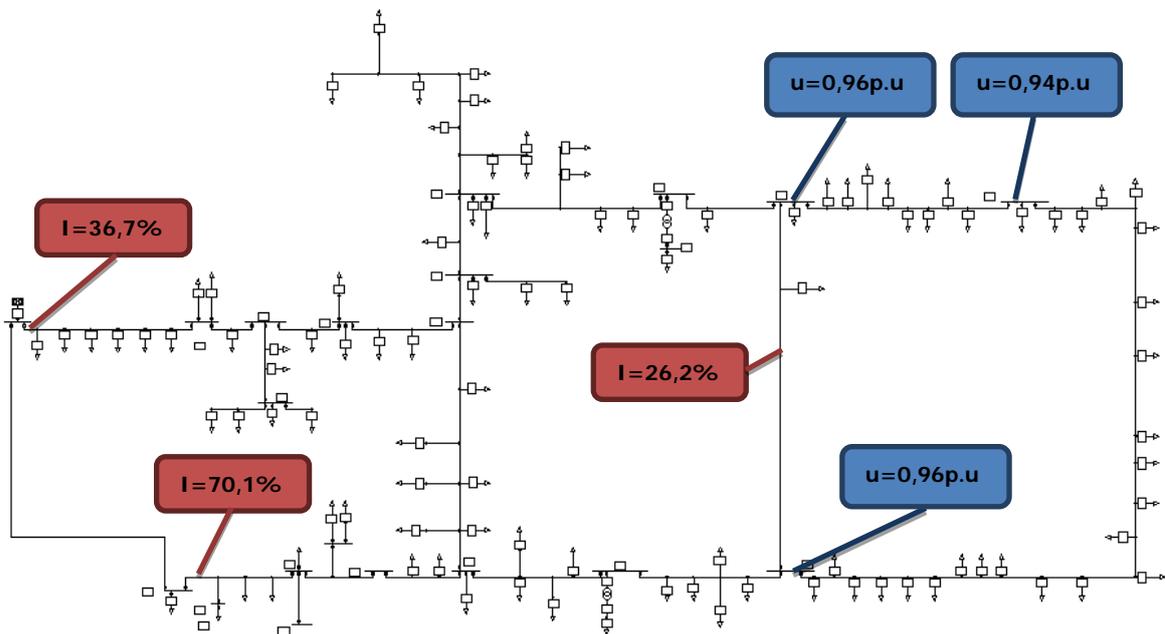
Caso 7: carga nominal año 2036 maniobra de mantenimiento

Seccionadores abiertos: 7D094, 7D06, AD669

Este es el caso de funcionamiento normal de la red según la carga proyectada para el año 2036, con cierre del anillo central proyectado.



Algunos de los niveles de tensión y corriente:

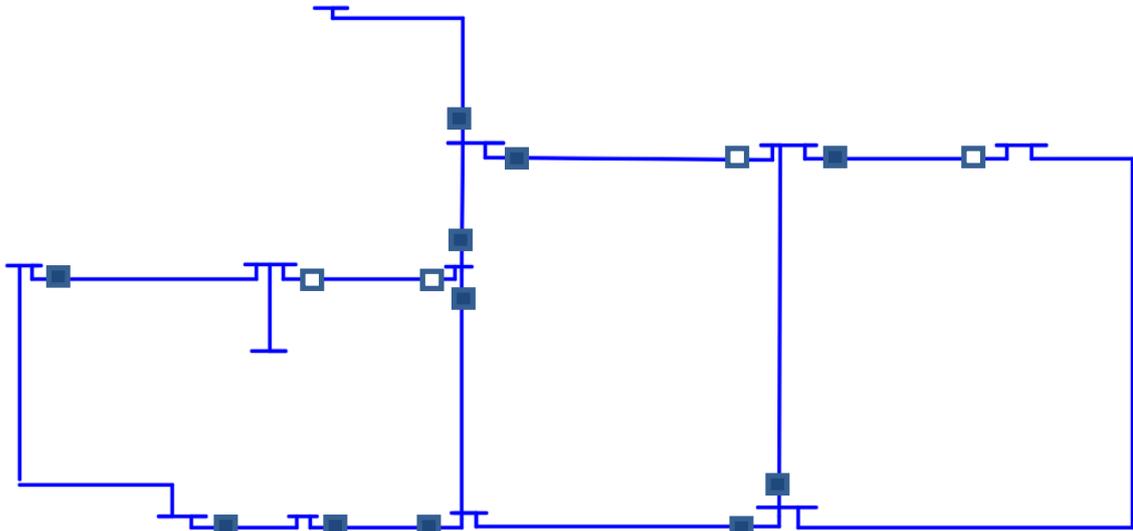


Como puede observarse si bien los valores de corriente se mantienen dentro del rango nominal la máxima caída de tensión es del 6%, esta maniobra deberá efectuarse en momentos donde el consumo sea relativamente bajo si es que se quiere mantener la calidad del servicio.

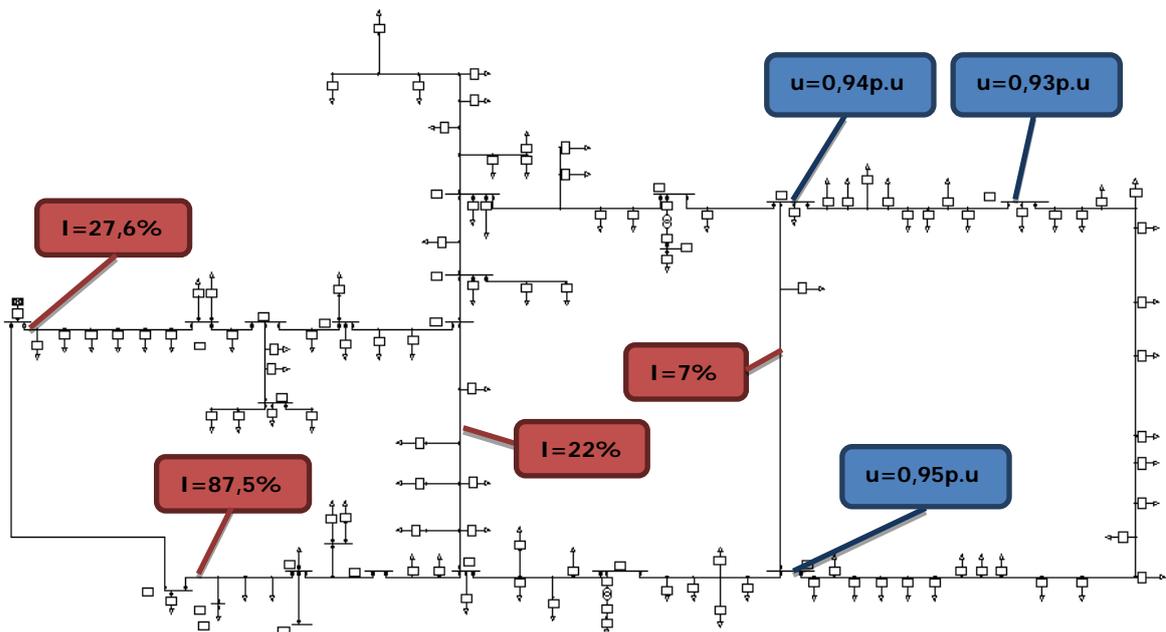
### Caso 8: carga nominal año 2036 maniobra de mantenimiento

Seccionadores abiertos: 7D02, 7D04, 7D094

Es la simulación de alimentar toda la carga con salida 5 de forma radial según la carga proyectada para el año 2036.



Algunos de los niveles de tensión y corriente:



Como puede observarse si bien los valores de corriente se mantienen dentro del rango nominal la máxima caída de tensión es del 7%, esta maniobra deberá efectuarse en momentos donde el consumo sea relativamente bajo si es que se quiere mantener la calidad del servicio, aunque sigue cumpliendo con lo establecido por el EPRE la caída es muy pronunciada.

Una sección menor a 95 mm<sup>2</sup> en los primeros tramos de la línea compromete esta maniobra y una sección menor a 70 mm<sup>2</sup> en el resto de la línea compromete la caída de tensión en los puntos más alejados.

### 1.9 Tramos de estudio

Las líneas se dividen por tramos para facilitar su estudio.

#### Salida 5

Tramo	Calles
1-2	Por calle Cjal. Veiga desde "de los Viñedos" hasta "Boulevard Ayuí"
2-3	Por calle Cjal. Veiga desde "Boulevard Ayuí" hasta "Los Fresnos"
3-4	Por calle Monseñor Rösch desde "Los Fresnos" hasta "Carlos Kobalchu"
4-5	Por calle Monseñor Rösch desde "Carlos Kobalchu" hasta "Vuelta de Obligado"
5-6	Por calle Monseñor Rösch desde "Vuelta de Obligado" hasta "La Delfina"
6-7	Por calle Monseñor Rösch desde "La Delfina" hasta "Javier Bordagaray"
7-8	Por calle Monseñor Rösch desde "Javier Bordagaray" hasta "Aeropuerto"
8-9	Por calle Monseñor Rösch desde "Aeropuerto" hasta "Rotonda 015"
5-10	Por calle Vuelta de Obligado desde "Av. Monseñor Rosch" hasta "Gualeguay"
10-11	Por calle Gualeguay desde "Vuelta de Obligado" hasta "Transformador Negri-Rossi ExBodega Robinson"
10-12	Por Calle Vuelta de Obligado desde "Gualeguay" hasta "Seccionador 69"

#### Salida 7

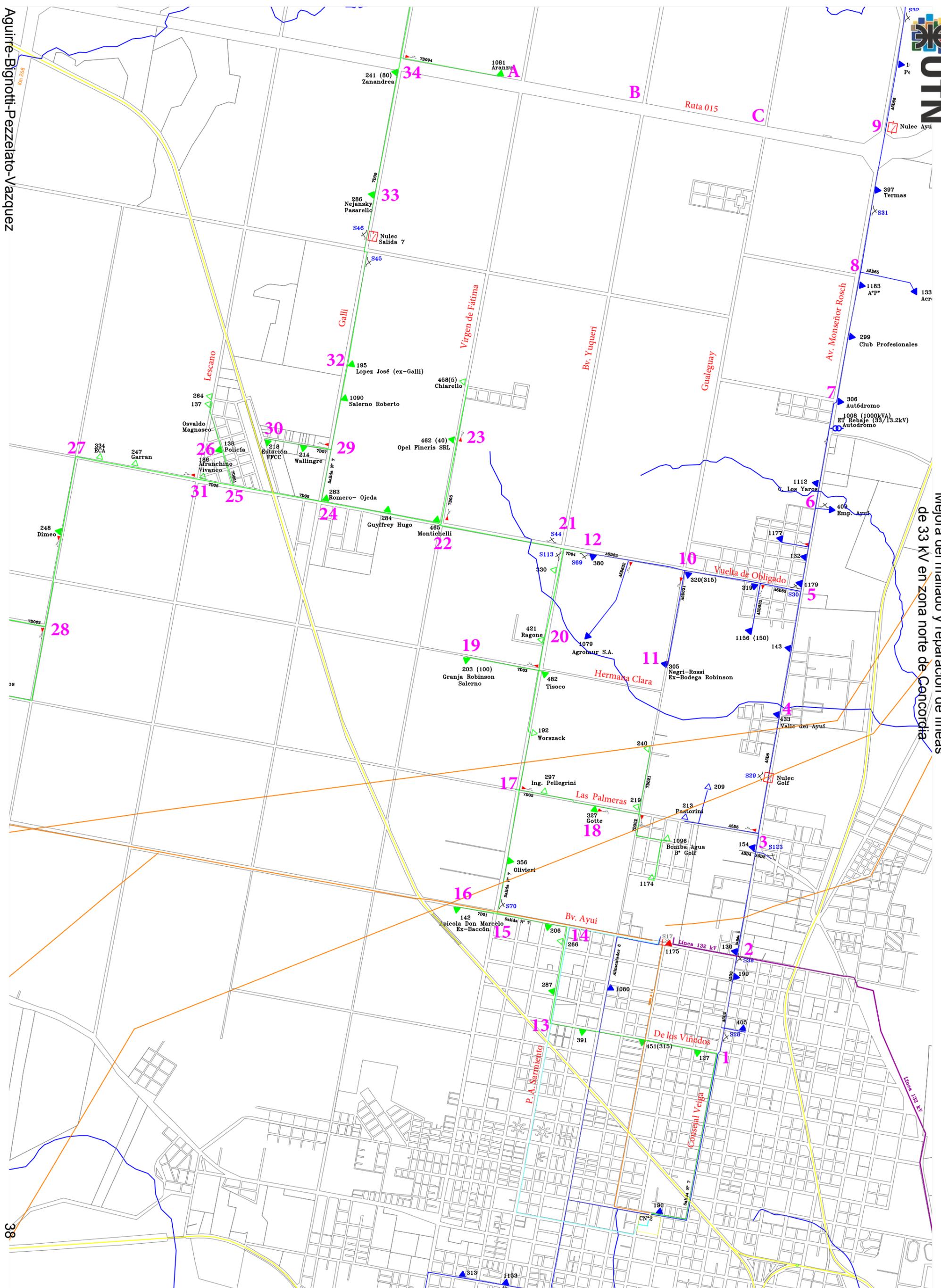
Tramo	Calles
1-13	Por calle "de los Viñedos" desde "Cjal Veiga" hasta "P. A. de Sarmiento"
13-14	Por calle P. A. de Sarmiento desde "de los Viñedos" hasta "Boulevard Ayuí"
14-16	Por calle Boulevard Ayuí desde "P. A. de Sarmiento" hasta "Trafo Apícola Don Marcelo"
15-17	Por calle Boulevard Yuquerí desde "Boulevard Ayuí" hasta "Las Palmeras"
17-18	Por calle Las Palmeras desde "Boulevard Yuquerí" hasta "Trafo Gotte"
17-20	Por calle Boulevard Yuquerí desde "Las Palmeras" hasta "Trafo Ragone"
19-20	Por calle Hermana Clara desde "Boulevard Yuquerí" hasta "Trafo Granja Robinson Salerno"

20-21	Por calle Boulevard Yuquerí desde "Trafo Ragone" hasta "Vuelta de Obligado"
12-22	Por calle Vuelta de Obligado desde "Seccionador 69" hasta "Virgen de Fatima"
22-23	Por calle Virgen de Fatima desde "Vuelta de Obligado" hasta "Trafo Opel Fincris SRL"
22-24	Por calle Vuelta de Obligado desde "Virgen de Fatima" hasta "Galli"
24-31	Por calle Vuelta de Obligado desde "Galli" hasta "José A. Lescano"
25-26	Por calle 3 desde "Vuelta de Obligado" hasta "trafo Policia"
31-27	Por calle Vuelta de Obligado desde "Jose A. Lescano" hasta "Cruce 90 ° en dirección a trafo Dimeo"
27-28	Desde Cruce 90 ° en dirección a trafo Dimeo" hasta el desvío a "Trafo Dominguez Agroberris"
24-29	Por calle Galli desde "Vuelta de Obligado" hasta "Chacho Peñaloza"
29-30	Por calle "Chacho Peñaloza" desde "Galli" hasta "Trafo Estación FFCC"
29-32	Por calle "Galli" desde "Chacho Peñaloza" hasta "Trafo Lopez Jose (ex Galli)"
32-33	Por calle "Galli" desde "Trafo Lopez Jose (ex Galli)" hasta "Trafo Najansky Passarello"
33-34	Por calle "Galli" desde "Trafo Najansky Passarello" hasta "Trafo Zanandrea "

## Cierre de anillo

Tramo	Calles
A-B	Por ruta nacional 015 desde "Tranformador 1081" hasta "Bv. Yuqueri"
B-C	Por ruta nacional 015 desde "Bv. Yuqueri" hasta calle Gualeguay
C-9	Por ruta nacional 015 desde calle Gualeguay hasta "Av. Moseñor Rosch"

Mejora del mallado y reparación de líneas de 33 kV en zona norte de Concordia



Aguirre-Bignotti-Pezelato-Vazquez

38

Salida 5 Tramo 1-2

---

Zona: urbana

Tipo de poste suspensión: Hormigón

Sección del conductor: 95 mm<sup>2</sup>

Nº	Tipo		Poste	Vano	Acumulado	Cota
1	R	Existente	1 (Desvío y cruce de calle)	0	0	36,00
2	R	Existente	2 (Poste de desvío)	80	32	36,00
3	S	Nueva	3 (Poste de suspensión)	100	132	34,96
4	R	Nueva	4 Seccionador 28	100	232	33,67
5	S	Nueva	5 (Poste de suspensión)	91	323	32,50
6	S	Existente	6 (Poste de suspensión)	103	426	33,10
7	S	Nueva	7 (Poste de suspensión)	100	526	33,20
8	S	Nueva	8 (poste de suspensión)	85,5	611,5	31,48
9	S	Nueva	9 (Poste de suspensión)	85,5	697	31,00
10	R	Existente	10 Seccionador 39	100	797	30,11
11	S	Existente	11 (Transformador y 2 postes de suspensión)	32	829	29,90

Salida 5 Tramo 2-3

---

Zona: urbana

Tipo de poste suspensión: Hormigón

Sección del conductor: 95 mm<sup>2</sup>

Nº	Tipo		Poste	Vano	Acumulado	Cota
11	S	Existente	1 (Transformador)	0	0	29,90
12	S	Nueva	2 (Poste de suspensión)	100	100	27,10
13	S	Nueva	3 (Poste de suspensión)	100	200	25,60
14	S	Nueva	4 (Poste de suspensión)	100	300	24,50
15	S	Existente	5 (Poste de suspensión)	71	371	23,50
16	R	Nueva	6 (Transposición)	71	442	24,10
17	S	Nueva	7 (Poste de suspensión)	100	542	25,60
18	S	Nueva	8 (Poste de suspensión)	100	642	30,10
19	S	Nueva	9 (Poste de suspensión)	100	742	34,40
20	S	Nueva	10 (Poste de suspensión)	100	842	29,20
21	S	Nueva	11 (Poste de suspensión)	70	912	27,80

Salida 5 Tramo 3-4

---

Zona: urbana

Tipo de poste suspensión: Hormigón

Sección del conductor: 95 mm<sup>2</sup>

Nº	Tipo		Poste	Vano	Acumulado	Cota
21	S	Nueva	1 (Poste de suspensión)	0	0	27,80
22	S	Nueva	2 (Poste de suspensión)	100	100	25,80
23	S	Existente	3 (Poste de suspensión)	54	154	25,00
24	S	Nueva	4 (Poste de suspensión)	100	254	26,00
25	S	Nueva	5 (Poste de suspensión)	100	354	29,30
26	R	Existente	6 (Seccionador 29, sin NULEC)	66	420	30,70
27	S	Nueva	7 punto de suspensión	67,5	487,5	31,90
28	R	Nueva	CRUCE 500	67,5	555	31,40
29	S	Nueva	CRUCE 500	68	623	31,74
30	S	Nueva	9 (Poste de suspensión)	97	720	31,00
31	S	Nueva	10 (Poste de suspensión)	100	820	24,60
32	S	Nueva	CRUCE 500	100	920	23,00
33	S	Nueva	CRUCE 500	58	978	22,10
34	S	Nueva	CRUCE 500	47	1025	22,25
35	R	Existente	13 (Transformador y Transposición)	35	1060	22,60

Salida 5 Tramo 4-5

---

Zona: urbana

Tipo de poste suspensión: Hormigón

Sección del conductor: 95 mm<sup>2</sup>

Nº	Tipo		Poste	Vano	Acumulado	Cota
35	R	Existente	1 (Transformador y Transposición)	0	0	22,60
36	S	Nueva	2 (Poste de suspensión)	100	100	25,10
37	S	Nueva	3 (Poste de suspensión)	90	190	25,00
38	S	Nueva	4 (Poste de suspensión)	100	290	27,10
39	S	Nueva	5 (Poste de suspensión)	100	390	29,50
40	S	Nueva	6 (Poste de suspensión)	100	490	31,80
41	S	Nueva	7 (Poste de suspensión)	69	559	35,90
42	S	Nueva	8 (Poste de suspensión)	69	628	40,70
43	S	Nueva	9 (Poste de suspensión)	100	728	41,80
44	S	Nueva	10 (Poste de suspensión)	100	828	37,20
45	R	Nueva	11 (Poste de Retención)	110	938	36,30
46	S	Existente	12 (Desvío y poste de suspensión)	82	1020	38,10

Salida 5 Tramo 5-6

---

Zona: urbana

Tipo de poste suspensión: Hormigón

Sección del conductor: 70 mm<sup>2</sup>

Nº	Tipo		Poste	Vano	Acumulado	Cota
46	S	Existente	1 (Transformador y Poste de Suspensión)	0	0	38,10
47	S	Nueva	2 (Poste de suspensión)	66,5	66,5	38,10
48	S	Nueva	3 (Poste de suspensión)	66,5	133	38,50
49	S	Nueva	4 (Poste de suspensión)	110	243	38,20
50	S	Nueva	5 (Poste de suspensión)	100	343	38,50
51	S	Nueva	6 (Poste de suspensión)	77	420	36,60
52	S	Nueva	7 (Poste de suspensión)	100	520	34,70
53	S	Nueva	8 (Poste de suspensión)	81	601	33,60
54	R	Existente	9 (Retención y desvío a 90° a Ayuí)	80	681	32,20

Salida 5 Tramo 6-7

---

Zona: urbana

Tipo de poste suspensión: Hormigón

Sección del conductor: 70 mm<sup>2</sup>

Nº	Tipo		Poste	Vano	Acumulado	Cota
54	R	Existente	1 (Retención y desvío a 90° a Ayuí)	0	0	32,20
55	S	Nueva	2 (Poste de suspensión)	95	95	30,22
56	S	Nueva	3 (Poste de suspensión)	105	200	32,30
57	S	Nueva	4 (Poste de suspensión)	100	300	34,10
58	S	Nueva	5 (Poste de suspensión)	100	400	34,90
59	S	Nueva	6 (Poste de suspensión)	86	486	36,14
60	S	Nueva	7 (Poste de suspensión)	77	563	37,40
61	S	Nueva	8 (Poste de suspensión)	100	663	40,22
62	S	Nueva	9 (Poste de suspensión)	100	749	41,70
63	S	Nueva	10 (Poste de suspensión)	100	849	40,00
64	R	Existente	11 (Desvío a 90° y cruce de calle)	52	901	39,70

Salida 5 Tramo 7-8

---

Zona: urbana

Tipo de poste suspensión: Hormigón

Sección del conductor: 70 mm<sup>2</sup>

Nº	Tipo		Poste	Vano	Acumulado	Cota
64	R	Existente	1 (Desvío a 90, cruce de calle)	0	0	39,70
65	R	Existente	2 (Transformador y desvío a 90°)	23	23	41,00
66	S	Nueva	3 (Poste de suspensión)	100	123	39,90
67	S	Nueva	4 (Poste de suspensión)	100	223	38,20
68	S	Nueva	5 (Poste de suspensión)	100	323	35,90
69	S	Nueva	6 (Poste de suspensión)	70	393	33,50
70	S	Nueva	7 (Poste de suspensión)	80	473	34,11
71	S	Nueva	8 (Poste de suspensión)	100	573	36,04
72	S	Nueva	9 (Poste de suspensión)	87	660	39,00
73	S	Nueva	10 (Poste de suspensión)	100	760	39,50
74	S	Nueva	11 (Poste de suspensión)	100	860	39,80
75	S	Nueva	12 (Poste de suspensión)	100	960	41,00
76	S	Nueva	13 (Poste de suspensión)	60	1020	41,00
77	R	Existente	14 (Desvío al Aeropuerto y retención)	80	1100	39,80

Salida 5 Tramo 8-9

---

Zona: urbana

Tipo de poste suspensión: Hormigón

Sección del conductor: 70 mm<sup>2</sup>

Nº	Tipo		Poste	Vano	Acumulado	Cota
77	R	Existente	1 (Desvío al Aeropuerto y retención)	0	0	39,80
78	S	Nueva	2 (Poste de suspensión)	100	100	35,50
79	S	Nueva	3 (Poste de suspensión)	100	200	31,70
80	S	Nueva	4 (Poste de suspensión)	100	300	32,80
81	S	Nueva	5 (Poste de suspensión)	100	400	36,00
82	S	Nueva	6 (Poste de suspensión) seccionador 31	100	500	34,31
83	S	Nueva	7 (Poste de suspensión)	94	594	32,50
84	S	Nueva	8 (Poste de suspensión)	80	674	30,69
85	S	Nueva	9 (Poste de suspensión)	90	764	29,10
86	S	Nueva	10 (Poste de suspensión)	90	854	29,00
87	R	Existente	11 (Retención)	41	895	29,20
88	R	Existente	12 (Retención y seccionador )	155	1050	31,50

Salida 5 Tramo 5-10

---

Zona: urbana

Tipo de poste suspensión: Hormigón

Sección del conductor: 70 mm<sup>2</sup>

Nº	Tipo		Poste	Vano	Acumulado	Cota
46	S	Existente	1 (Desvío y Poste de suspensión)	0	0	38,10
89	R	Existente	2 (Retención angular y seccionador 30)	10	10	38,10
90	S	Nueva	3 (Poste de suspensión)	90	100	38,50
91	S	Nueva	4 (Poste de suspensión)	100	200	38,50
92	S	Nueva	5 (Poste de suspensión)	100	300	39,90
93	S	Nueva	6 (Poste de suspensión)	75	375	39,05
94	S	Nueva	7 (Poste de suspensión)	90	465	37,40
95	S	Nueva	8 (Poste de suspensión)	90	555	35,60
96	S	Nueva	9 (Poste de suspensión)	100	655	37,60
97	S	Nueva	10 (Poste de suspensión)	100	755	38,20
98	S	Nueva	11 (Poste de suspensión)	100	855	40,00
99	S	Existente	13 (Transformador y poste de suspensión)	89	944	44,40

Salida 5 Tramo 10-11

---

Zona: urbana

Tipo de poste suspensión: Hormigón

Sección del conductor: 70 mm<sup>2</sup>

Nº	Tipo		Poste	Vano	Acumulado	Cota
99	S	Existente	1 (Transformador y poste de suspensión)	0	0	44,40
100	R	Existente	2 (Poste Retención angular)	13	13	44,10
101	S	Nueva	3 (Poste de suspensión)	100	113	42,60
102	S	Nueva	4 (Poste de suspensión)	100	213	41,00
103	S	Nueva	5 (Poste de suspensión)	100	313	40,30
104	S	Nueva	6 (Poste de suspensión)	100	413	37,40
105	S	Nueva	7 (Poste de suspensión)	100	513	34,90
106	S	Nueva	8 (Poste de suspensión)	100	613	33,70
107	S	Nueva	9 (Poste de suspensión)	83	696	33,00
108	R	Existente	10 (Transformador y poste retención)	83	779	33,80

Salida 5 Tramo 10-12

---

Zona: urbana

Tipo de poste suspensión: Hormigón

Sección del conductor: 70 mm<sup>2</sup>

Nº	Tipo		Poste	Vano	Acumulado	Cota
99	S	Existente	1 (Transformador y poste de suspensión)	0	0	44,40
109	R	Nueva	2 (Poste de retención)	100	100	47,20
110	S	Nueva	3 (Poste de suspensión)	100	200	47,80
111	S	Nueva	4 (Poste de suspensión)	100	300	46,20
112	S	Nueva	5 (Poste de suspensión)	110	410	43,30
113	S	Nueva	6 (Poste de suspensión)	100	510	42,70
114	S	Nueva	7 (Poste de suspensión)	100	610	44,60
115	S	Nueva	8 (Poste de suspensión)	86	696	46,80
116	R	Existente	9 (Transformador y Seccionador 69)	75	771	47,80

Salida 7 Tramo 1-13

---

Zona: Urbana

Tipo de poste suspensión: Hormigón

Sección del conductor: 95 mm<sup>2</sup>

Nº	Tipo		Poste	Vano	Acumulado	Cota
1	R	Existente	1 (Desvío y cruce de calle)	0	0	36,00
117	S	Nueva	2 (Poste de suspensión)	100	100	38,90
118	S	Existente	3 (Transformador)	77	177	39,10
119	S	Nueva	4 (Poste de suspensión)	100	277	36,60
120	S	Nueva	5 (Poste de suspensión)	100	377	32,70
121	S	Nueva	6 (Poste de suspensión)	80	457	32,10
121b	S	Nueva	7 (Poste de suspensión)	80	537	34,00
122	S	Existente	8 (Transformador)	60	597	34,40
123	S	Nueva	9 (Poste de suspensión)	100	697	37,40
124	R	Existente	10 (Retención)	72	769	40,00
125	S	Nueva	11 (Poste de suspensión)	100	869	38,30
126	S	Nueva	12 (Poste de suspensión)	100	969	38,00
127	S	Nueva	13 (Poste de suspensión)	101	1070	40,00
128	S	Existente	14 (Transformador)	50	1120	41,70
129	S	Nueva	15 (Poste de suspensión)	100	1220	43,70
130	S	Nueva	16 (Poste de suspensión)	100	1320	46,20
131	R	Existente	17 (Desvío 90°)	60	1380	47,60

Salida 7 Tramo 13-14

---

Zona: Urbana

Tipo de poste suspensión: Hormigón

Sección del conductor: 95 mm<sup>2</sup>

Nº	Tipo		Poste	Vano	Acumulado	Cota
131	R	Existente	1 (Desvío 90°)	0	0	47,60
132	S	Nueva	2 (Poste de suspensión)	110	110	45,78
133	S	Nueva	3 (Poste de suspensión)	110	220	46,24
134	S	Nueva	4 (Poste de suspensión)	110	330	45,00
135	S	Nueva	5 (Poste de suspensión)	102	432	46,00
136	S	Nueva	6 (Poste de suspensión)	100	532	46,90
137	S	Nueva	7 (Poste de suspensión)	100	632	45,80
138	S	Nueva	8 (Poste de suspensión)	100	732	46,50
139	R	Existente	9 (Desvío 90°)	67	799	47,20

Salida 7 Tramo 14-16

---

Zona: Rural

Tipo de poste suspensión: Madera

Sección del conductor: 95 mm<sup>2</sup>

			Poste	Vano	Acumulado	Cota
139	R	Existente	1 (Desvío 90°)	0	0	47,20
140	S	Nueva	2 (Poste de suspensión)	100	100	48,60
141	S	Existente	3 (Transformador)	64	164	49,30
142	S	Nueva	4(Poste de suspensión)	100	264	46,70
143	S	Nueva	5 (Poste de suspensión)	90	354	44,50
144	S	Nueva	6 (Poste de suspensión)	109	463	44,90
145	R	Existente	7 (Desvío 90°)	109	572	44,30
146	S	Nueva	8 (Poste de suspensión)	110	682	46,80
147	S	Nueva	9 (Poste de suspensión)	110	792	48,50
148	R	Existente	10 trafo apicola don marcelus	106	898	49,10

Salida 7 Tramo 15-17

---

Zona: Rural

Tipo de poste suspensión: Madera

Sección del conductor: 95 mm<sup>2</sup>

Nº	Tipo		Poste	Vano	Acumulado	Cota
145	R	Existente	1 (Desvío 90°)	0	0	44,30
149	R	Existente	2 Seccionador 70	75	75	46,81
150	S	Nueva	Cruce 500	50	125	46,56
151	S	Nueva	Cruce 500	100	225	48,71
152	S	Nueva	cruce 500	105	330	50,02
153	S	Existente	6 Transformador	110	440	48,40
154	S	Nueva	7 (Poste de suspensión)	100	540	47,50
155	S	Nueva	8 (Poste de suspensión)	100	640	46,50
156	S	Nueva	9 (Poste de suspensión)	100	740	45,40
157	S	Nueva	10 (Poste de suspensión trasposicion)	110	850	43,08
158	S	Nueva	11 (Poste de suspensión)	100	950	42,00
159	R	Nueva	12 (Retención de madera)	110	1060	43,30

Salida 7 Tramo 17-18

---

Zona: Rural

Tipo de poste suspensión: Madera

Sección del conductor: 95 mm<sup>2</sup>

Nº	Tipo		Poste	Vano	Acumulado	Cota
160	R	Nueva	1 Poste Terminal	0	0	43,80
161	R	Nueva	2 Retención de madera	42	42	42,40
162	S	Nueva	3 (Poste de suspensión)	100	142	40,80
163	S	Nueva	4(Poste de suspensión)	100	242	40,60
164	S	Nueva	5 (Poste de suspensión)	100	342	39,70
165	S	Nueva	6 (Poste de suspensión)	100	442	42,30
166	R	Nueva	7 (Cruce de calle 120°)	65	507	42,60
167	R	Nueva	8 (Cruce de calle 120°)	25	532	42,60
168	S	Nueva	9 (Poste de suspensión)	100	632	42,60
169	R	Existente	10 Transformador y poste terminal	46	678	41,10

Salida 7 Tramo 17-20

---

Zona: Rural

Tipo de poste suspensión: Madera

Sección del conductor: 95 mm<sup>2</sup>

Nº	Tipo		Poste	Vano	Acumulado	Cota
159	R	Nueva	1 Retención de madera	0	0	43,30
170	S	Nueva	Cruce 500	80	80	44,57
171	S	Nueva	Cruce 500	90	170	44,50
172	S	Nueva	Cruce 500	90	260	45,40
173	S	Nueva	Poste suspensión	70	330	45,90
174	R	Existente	5 Cruce de calle 90°	106	436	42,70
175	R	Existente	6 Cruce de calle 90°	21	457	43,40
176	S	Nueva	7 (Poste de suspensión)	100	557	41,40
177	S	Nueva	8 (Poste de suspensión)	100	657	44,10
178	S	Nueva	9 (Poste de suspensión)	100	757	45,80
179	S	Nueva	10 (Poste de suspensión)	100	857	45,30
180	S	Nueva	11 (Poste de suspensión)	100	957	45,90
181	S	Nueva	12 (Poste de suspensión)	110	1067	42,60
182	R	Nueva	13 Retención en madera con trafo monofásico	103	1170	36,00

Salida 7 Tramo 19-20

---

Zona: Rural

Tipo de poste suspensión: Madera

Sección del conductor: 95 mm<sup>2</sup>

Nº	Tipo		Poste	Vano	Acumulado	Cota
183	R	Existente	1 poste terminal	0	0	44,50
184	R	Nueva	2 Retención en madera con fusibles	60	60	47,30
185	S	Nueva	3 (Poste de suspensión)	100	160	48,40
186	S	Nueva	4 (Poste de suspensión)	100	260	47,40
187	S	Nueva	5 (Poste de suspensión)	100	360	48,90
188	S	Nueva	6 (Poste de suspensión)	100	460	49,20
189	S	Nueva	7 (Poste de suspensión)	100	560	48,30
190	R	Existente	8 Transformador	64	624	48,70

Salida 7 Tramo 20-21

---

Zona: Rural

Tipo de poste suspensión: Madera

Sección del conductor: 95 mm<sup>2</sup>

Nº	Tipo		Poste	Vano	Acumulado	Cota
182	R	Nueva	1 retención de madera	0	0	36,00
191	S	Nueva	2 (Poste de suspensión)	100	100	34,00
192	S	Nueva	3 (Poste de suspensión)	100	200	34,60
193	S	Nueva	4 (Poste de suspensión)	100	300	39,10
194	S	Nueva	5 (Poste de suspensión)	100	400	38,40
195	S	Nueva	6 (Poste de suspensión)	110	510	41,60
196	S	Nueva	7 (Poste de suspensión)	110	620	46,10
197	R	Existente	8 seccionador 113	106	726	44,80
198	R	Nueva	9 Retención angular	86	812	43,80

Salida 7 Tramo 12-22

---

Zona: Rural

Tipo de poste suspensión: Madera

Sección del conductor: 70 mm<sup>2</sup>

Nº	Tipo		Poste	Vano	Acumulado	Cota
116	R	Existente	1 Transformador y seccionador 69	0	0	47,80
199	S	Nueva	2 (Poste de suspensión)	100	100	47,50
200	S	Nueva	3 (Poste de suspensión)	100	200	46,10
198	R	Nueva	4 Retención angular	52	252	43,80
201	R	Nueva	5 Seccionador 44	81	333	44,40
202	S	Nueva	6 (Poste de suspensión)	100	433	48,20
203	S	Nueva	7 (Poste de suspensión)	100	533	48,30
204	S	Nueva	8 (Poste de suspensión)	100	633	50,40
205	S	Nueva	9 (Poste de suspensión)	100	733	51,50
206	S	Nueva	10 (Poste de suspensión)	100	833	49,70
207	S	Nueva	11 (Poste de suspensión)	100	933	48,80
208	S	Nueva	12 (Poste de suspensión)	110	1043	50,30
209	S	Nueva	13 (Poste de suspensión)	110	1153	53,40
210	R	Existente	14 Desvío	107	1260	51,60

Salida 7 Tramo 22-23

---

Zona: Rural

Tipo de poste suspensión: Madera

Sección del conductor: 70 mm<sup>2</sup>

Nº	Tipo		Poste	Vano	Acumulado	Cota
210	R	Existente	1 Desvío	0	0	51,60
211	R	Existente	2 retención	31	31	51,10
212	S	Nueva	3 (Poste de suspensión)	100	131	51,00
213	S	Nueva	4 (Poste de suspensión)	100	231	52,00
214	S	Nueva	5 (Poste de suspensión)	100	331	49,00
215	S	Nueva	6 (Poste de suspensión)	100	431	47,10
216	S	Nueva	7 (Poste de suspensión)	100	531	48,60
217	S	Nueva	8 (Poste de suspensión)	100	631	50,60
218	R	Existente	9 Transformador y poste terminal	100	731	52,10

Salida 7 Tramo 22-24

---

Zona: Urbana

Tipo de poste suspensión: Madera

Sección del conductor: 70 mm<sup>2</sup>

Nº	Tipo		Poste	Vano	Acumulado	Cota
210	R	Existente	1 Desvío	0	0	51,60
219	R	Nueva	2 (Poste de Retención)	30	30	51,10
220	S	Nueva	3 (Poste de suspensión)	95	125	52,80
221	S	Nueva	4 (Poste de suspensión)	110	235	54,50
222	S	Nueva	5 (Poste de suspensión)	110	345	54,50
223	S	Existente	6 Transformador	105	450	51,40
224	S	Nueva	7 (Poste de suspensión)	110	560	48,70
225	S	Nueva	8 (Poste de suspensión)	110	670	49,00
226	S	Nueva	9 (Poste de suspensión)	110	780	50,90
227	S	Nueva	10 (Poste de suspensión)	100	880	51,40
228	R	Existente	11 Transformador, retención y desvío	102	982	52,20

Salida 7 Tramo 24-31

---

Zona: Rural

Tipo de poste suspensión: Hormigón

Sección del conductor: 70 mm<sup>2</sup>

Nº	Tipo		Poste	Vano	Acumulado	Cota
228	R	Existente	1 Transformador, retención y desvío	0	0	52,20
229	S	Nueva	2 (Poste de suspensión)	100	100	52,80
230	S	Nueva	3 (Poste de suspensión)	100	200	52,70
231	S	Nueva	4 (Poste de suspensión)	100	300	50,60
232	R	Existente	5 Retención con fusibles cruce ferrocarril	68	368	50,40
233	R	Existente	6 Retención cruce ferrocarril	50	418	50,70
234	S	Nueva	7 (Poste de suspensión)	100	518	53,30
235	S	Nueva	8 (Poste de suspensión)	90	608	54,80
236	S	Nueva	9 (Poste de suspensión)	100	708	55,90
237	S	Nueva	10 (Poste de suspensión)	100	808	56,10
238	S	Nueva	11 (Poste de suspensión)	100	908	57,50
239	S	Nueva	12 (Poste de suspensión)	100	1008	58,44

Salida 7 Tramo 31-27

---

Zona: Rural

Tipo de poste suspensión: Madera

Sección del conductor: 70 mm<sup>2</sup>

Nº	Tipo		Poste	Vano	Acumulado	Cota
239	S	Nueva	1 (Poste de suspensión)	0	0	58,50
240	R	Nueva	2 Retención	36	36	57,40
241	S	Nueva	3 (Poste de suspensión)	100	136	53,70
242	S	Nueva	4 (Poste de suspensión)	100	236	52,60
243	S	Nueva	5 (Poste de suspensión)	100	336	52,70
244	S	Nueva	6 (Poste de suspensión)	100	436	51,30
245	S	Nueva	7 (Poste de suspensión)	100	536	48,40
246	S	Nueva	8 (Poste de suspensión)	100	636	46,50
247	S	Nueva	9 (Poste de suspensión)	100	736	47,20
248	S	Nueva	10 (Poste de suspensión)	100	836	50,00
249	S	Nueva	11 (Poste de suspensión)	100	936	50,90
250	R	Nueva	12 Retención y desvío 90°	76	1012	51,70

Salida 7 Tramo 27-28

---

Zona: Rural

Tipo de poste suspensión: Madera

Sección del conductor: 70 mm<sup>2</sup>

Nº	Tipo		Poste	Vano	Acumulado	Cota
250	R	Nueva	1 Retención y desvío 90°	0	0	51,70
251	S	Nueva	2 (Poste de suspensión)	100	100	49,10
252	S	Nueva	3 (Poste de suspensión)	100	200	46,90
253	S	Nueva	4 (Poste de suspensión)	100	300	45,60
254	S	Nueva	5 (Poste de suspensión)	100	400	44,80
255	S	Nueva	6 (Poste de suspensión)	100	500	43,70
256	R	Existente	7 Transformador con retención	65	565	42,80
257	R	Nueva	8 Retención con fusibles	51	616	41,90
258	S	Nueva	9 (Poste de suspensión)	100	716	41,20
259	S	Nueva	10 (Poste de suspensión)	100	816	39,80
260	S	Nueva	11 (Poste de suspensión)	100	916	38,60
261	R	Nueva	12 Cruce de calle	81	997	39,30
262	R	Nueva	13 Cruce de calle	43	1040	39,00
263	S	Nueva	14 (Poste de suspensión)	100	1140	39,90
264	S	Nueva	15 (Poste de suspensión)	100	1240	38,60
265	R	Nueva	16 Desvío 90°	60	1300	38,30

Salida 7 Tramo 25-26

---

Zona: Urbana

Tipo de poste suspensión: Hormigón

Sección del conductor: 70 mm<sup>2</sup>

Nº	Tipo		Poste	Vano	Acumulado	Cota
266	R	Existente	1 Poste terminal	0	0	57,10
267	S	Nueva	2 (Poste de suspensión)	100	100	55,20
268	S	Nueva	3 (Poste de suspensión)	100	200	53,70
269	R	Existente	Transformador	64	264	53,10

Salida 7 Tramo 24-29

---

Zona: Urbana

Tipo de poste suspensión: Hormigón

Sección del conductor: 70 mm<sup>2</sup>

Nº	Tipo		Poste	Vano	Acumulado	Cota
228	R	Existente	1 Transformador, retención y desvío	0	0	52,20
270	S	Nueva	2 (Poste de suspensión)	100	100	54,20
271	S	Nueva	3 (Poste de suspensión)	110	210	55,20
272	S	Nueva	4 (Poste de suspensión)	110	320	55,70
273	S/r	Existente	5 Poste terminal y suspensión	107	427	56,10

Salida 7 Tramo 29-30

---

Zona: Urbana

Tipo de poste suspensión: Hormigón

Sección del conductor: 70 mm<sup>2</sup>

Nº	Tipo		Poste	Vano	Acumulado	Cota
273	s/R	Existente	1 Poste terminal y suspensión	0	0	56,10
274	S	Nueva	2 (Poste de suspensión)	90	90	56,20
275	S	Nueva	3 (Poste de suspensión)	90	180	54,30
276	R	Existente	4 Transformador con retención	56	236	53,00
277	S	Nueva	5 (Poste de suspensión)	100	336	51,20
278	S	Nueva	6 (Poste de suspensión)	100	436	49,70
279	R	Existente	7 Transformador con poste terminal	109	545	50,30

Salida 7 Tramo 29-32

---

Zona: Rural

Tipo de poste suspensión: Madera

Sección del conductor: 70 mm<sup>2</sup>

Nº	Tipo		Poste	Vano	Acumulado	Cota
273	S/r	Existente	1 Poste terminal y suspensión	0	0	56,10
280	S	Nueva	2 (Poste de suspensión)	90	90	55,60
281	S	Nueva	3 (Poste de suspensión)	90	180	54,10
282	S	Nueva	4 (Poste de suspensión)	90	270	53,30
283	S	Existente	5 Transformador suspensión	78	348	52,10
284	S	Nueva	6 (Poste de suspensión)	90	438	51,60
285	S	Nueva	7 (Poste de suspensión)	90	528	51,40
286	R	Nueva	8 retención de madera	86	614	50,50
287	S	Nueva	9 Poste de suspensión	90	704	49,20
288	S	Nueva	10 Poste de suspensión	90	794	47,40
289	S	Existente	11 Transformador y poste de suspensión	77	871	45,40

Salida 7 Tramo 32-33

---

Zona: Rural

Tipo de poste suspensión: Madera

Sección del conductor: 70 mm<sup>2</sup>

Nº	Tipo		Poste	Vano	Acumulado	Cota
289	S	Existente	1 Transformador y poste de suspensión	0	0	45,40
290	S	Nueva	2 (Poste de suspensión)	100	100	42,60
291	S	Nueva	3 (Poste de suspensión)	100	200	41,00
292	S	Nueva	4 (Poste de suspensión)	100	300	38,80
293	S	Nueva	5 (Poste de suspensión)	100	400	37,60
294	S	Nueva	6 (Poste de suspensión)	100	500	37,90
295	S	Nueva	7 (Poste de suspensión)	100	600	39,20
296	R	Existente	8 Seccionador 45	81	681	39,80
297	R	Existente	9 Desvío 90°	68	749	39,50
298	R	Existente	10 Desvío 90	19	768	38,90
299	R	Existente	11 Seccionador 46	37	805	39,00
300	S	Nueva	12 Poste de suspensión	110	915	40,70
301	S	Nueva	13 Poste de suspensión	110	1025	43,00
302	S	Nueva	14 Poste de suspensión	110	1135	42,30
303	S	Existente	15 Transformador y poste de suspensión	105	1240	40,50

Salida 7 Tramo 33-34

---

Zona: Rural

Tipo de poste suspensión: Madera

Sección del conductor: 70 mm<sup>2</sup>

Nº	Tipo		Poste	Vano	Acumulado	Cota
303	S	Existente	1 Transformador y poste de suspensión	0	0	40,50
304	S	Nueva	2 (Poste de suspensión)	110	110	40,30
305	S	Nueva	3 (Poste de suspensión)	110	220	41,00
306	R	Nueva	4 (Poste de retención)	100	320	41,60
307	S	Nueva	5 (Poste de suspensión)	100	420	41,60
308	S	Nueva	6 (Poste de suspensión)	100	520	39,86
309	S	Nueva	7 (Poste de suspensión)	106	626	38,70
310	S	Nueva	8 (Poste de suspensión)	100	726	38,90
311	S	Nueva	9 (Poste de suspensión)	100	826	35,80
312	S	Nueva	10 (Poste de suspensión)	100	926	34,50
313	R	Existente	11 Transformador y poste de retención	104	1030	33,90

## Cierre de anillo Tramo A-B

---

Zona: Rural

Tipo de poste suspensión: Hormigón

Sección del conductor: 70 mm<sup>2</sup>

Cierre anillo

Nº	Tipo		Poste	Vano	Acumulado	Cota
314	R	Nueva	Retención y trafo	0	0	39,00
315	S	Nueva	poste de suspensión	100	100	37,50
316	S	Nueva	poste de suspensión	100	200	35,20
317	S	Nueva	poste de suspensión	100	300	32,70
318	S	Nueva	poste de suspensión	100	400	30,10
319	S	Nueva	poste de suspensión	100	500	25,90
320	S	Nueva	poste de suspensión	100	600	25,00
321	S	Nueva	poste de suspensión	100	700	28,00
322	S	Nueva	poste de suspensión	100	800	28,30
323	S	Nueva	poste de suspensión	100	900	31,60
324	S	Nueva	poste de suspensión	100	1000	35,40
325	R	Nueva	poste de retención	100	1100	39,30

## Cierre de anillo Tramo B-C

---

Zona: Rural

Tipo de poste suspensión: Hormigón

Sección del conductor: 70 mm<sup>2</sup>

Cierre anillo

Nº	Tipo		Poste	Vano	Acumulado	Cota
325	R	Nueva	poste de retención	0	0	39,30
326	S	Nueva	Poste de suspensión	100	100	42,00
327	S	Nueva	Poste de suspensión	100	200	45,10
328	S	Nueva	Poste de suspensión	100	300	44,60
329	S	Nueva	Poste de suspensión	100	400	43,00
330	S	Nueva	Poste de suspensión	100	500	38,30
331	S	Nueva	Poste de suspensión	100	600	36,30
332	S	Nueva	Poste de suspensión	100	700	35,70
333	S	Nueva	Poste de suspensión	100	800	30,70
334	S	Nueva	Poste de suspensión	100	900	26,80
335	S	Nueva	Poste de suspensión	100	1000	25,30
336	R	Nueva	poste de retención	100	1100	23,60

## Cierre de anillo Tramo C-9

---

Zona: Rural

Tipo de poste suspensión: Hormigón

Sección del conductor: 70 mm<sup>2</sup>

Cierre anillo

Nº	Tipo		Poste	Vano	Acumulado	Cota
336	R	Nueva	poste de retención	0	0	23,60
337	S	Nueva	Poste de suspensión	100	100	22,10
338	S	Nueva	Poste de suspensión	100	200	22,00
339	S	Nueva	Poste de suspensión	100	300	22,20
340	S	Nueva	Poste de suspensión	100	400	23,10
341	S	Nueva	Poste de suspensión	100	500	25,70
342	S	Nueva	Poste de suspensión	100	600	28,10
343	S	Nueva	Poste de suspensión	100	700	29,10
344	S	Nueva	Poste de suspensión	75	775	28,70
345	R	Nueva	retención angular	75	850	30,30
88	R	Nueva	retención y seccionador	102	952	31,50

## 2 Cálculo mecánico de conductores

Para la verificación mecánica de los conductores se seguirá la reglamentación de líneas aéreas exteriores de media tensión y alta tensión AEA 95301.

El cálculo mecánico de conductores es el primer eslabón de la parte mecánica del diseño de las líneas. Para esto deben determinarse la sección de conductores, las condiciones atmosféricas, sus consecuentes sobrecargas y las tensiones admisibles del material para cada estado atmosférico. Esto implica la aplicación del criterio determinístico el que no responde a la concepción mas moderna del cálculo pero es el que hasta la actualidad se ha venido empleando en el cálculo mecánico.

### 2.1 Cálculo mecánico de conductores de 70 mm<sup>2</sup>

#### Características de conductores de fase

Marca	PRYSMIAN
Modelo	PRYSAL
Material	Aleación de aluminio
Sección nominal	70 mm <sup>2</sup>
Formación	19 x 2,15 mm
Diámetro aproximado	10,8 mm
Masa aproximada	190 kg/km
Carga de rotura calculada	1965 kg
Resistencia eléctrica máxima a 20°C y c.c	0,484 ohm/km
Resistencia eléctrica máxima a 80°C y c.a	0,588 ohm/km
Intensidad de corriente admisible	235 A
Sección total	68,97 mm <sup>2</sup>
Módulo de elasticidad	5700 daN/mm <sup>2</sup>
Coefficiente de dilatación térmica	23 x 10 <sup>-6</sup> 1/°C
Norma	IRAM 2212

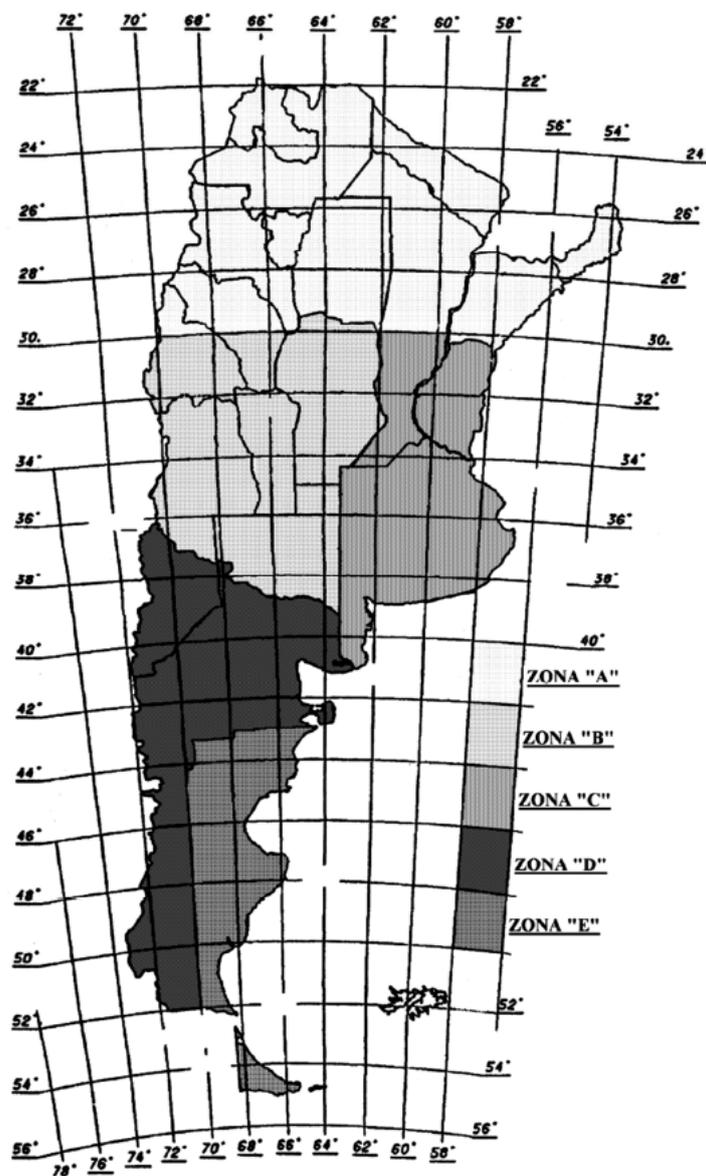
#### Estados atmosféricos

Para el cálculo de la línea, es necesario conocer los estados de carga a que estarán sometidos los conductores, debidos a la presencia de viento (en las regiones que corresponda, también hielo), como así también las diversas temperaturas, que influirán sobre la tensión al producir contracción o dilatación en los cables. Para el cálculo de la tensión, se tienen en cuenta estados atmosféricos típicos desde el punto de vista de generar condiciones extremas o más representativas. En general, se especifican los siguientes estados:

ESTADO	CARACTERÍSTICA	COMENTARIO
I	Máxima temperatura	Flecha máxima en el cable (mínima tensión)
II	Mínima temperatura	Elevada tensión (contracción térmica)
III	Máximo viento	Elevada tensión (máxima carga específica)
IV	Viento moderado, hielo	Elevada tensión (combinación de temperatura relativamente baja, con sobrecarga por hielo y viento).
V	Temperatura media anual	Tensión moderada, pero comprometida por fenómeno de fatiga.

Este proyecto se realiza dentro de la zona C según el mapa de zonas climáticas de la República Argentina (Anexo B de la norma).

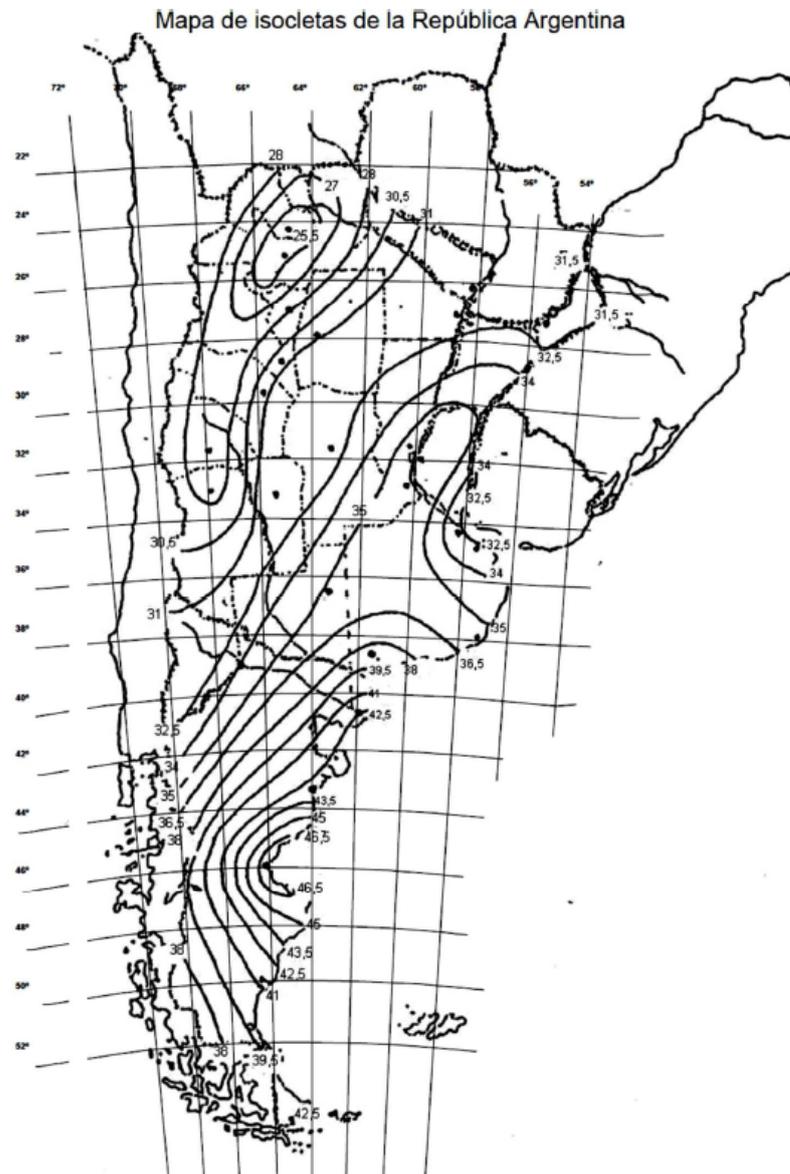
Mapa de zonas climáticas de la República Argentina



De acuerdo a la Tabla 10.2-a de estados atmosféricos de la norma, corresponde para dicha zona los siguientes valores:

Estado	Temperatura (°C)	Viento (km/h)
I	+45	0
II	-10	0
III	+15	Viento máximo
IV	- 5	Viento medio
V	+16	0

El valor de viento máximo se obtiene del mapa de isotacas de la República Argentina (Anexo C de la norma) y vale 35 m/s. Al no contar con datos directos para la determinación del viento medio la norma indica tomar el 40 % de la velocidad del viento máximo de diseño, es decir 14 m/s.



Los cinco estados atmosféricos son representativos desde determinado punto de vista. El estado I, produce el máximo descenso del conductor en el centro del vano, por lo que es condicionante de la altura de las estructuras. En el estado II, III o IV se producirá la máxima tensión dependiendo del valor del vano. En el estado V la situación también puede ser crítica por tensiones de fatiga.

### Tensiones admisibles

Deben establecerse distintas tensiones admisibles según los tipos de sollicitación, asociados a los respectivos estados atmosféricos. El Estado I, de máxima temperatura, no genera esfuerzos significativos en los conductores. No se especifica normalmente una tensión máxima para este estado, ya que siempre el conductor va a trabajar a menor tensión que en cualquier otro.

#### *Tensión admisible para los estados de máxima sollicitación*

Para los estados que provocan máximo esfuerzo (II, III y IV), la norma establece (sección 6.5.3) el límite del 70 % de la tensión de rotura.

$$\sigma_{rot} := \frac{1965 \text{ kgf} \cdot 9.81 \frac{\text{N}}{\text{kgf}}}{68.97 \text{ mm}^2} = 27.95 \frac{\text{daN}}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma_{admII} := 0.7 \cdot \sigma_{rot} = 19.565 \frac{\text{daN}}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma_{admII} = 19.565 \frac{\text{daN}}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma_{admIII} := 0.7 \cdot \sigma_{rot} = 19.565 \frac{\text{daN}}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma_{admIII} = 19.565 \frac{\text{daN}}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma_{admIV} := 0.7 \cdot \sigma_{rot} = 19.565 \frac{\text{daN}}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma_{admIV} = 19.565 \frac{\text{daN}}{\text{mm}^2}$$

#### *Tensión admisible con relación a procesos de fatiga*

Se producen sollicitaciones alternativas de flexión, en las proximidades de los puntos de suspensión del conductor, producto de la vibración originada por vientos suaves y persistentes. Estos esfuerzos son repetitivos y originan fenómenos de fatiga; por lo tanto la tensión de trabajo en estas circunstancias debe ser reducida. Se establece por esta causa un valor límite de tensión (tensión media anual) para el estado atmosférico de temperatura media anual.

Muchos estudios se han realizado con el objeto de conocer mejor el comportamiento de los conductores en los distintos estados característicos. Consecuencia de ello se han seleccionado tensiones admisibles relativamente elevadas para los estados que representan condiciones extremas entendiéndose que en pocas ocasiones durante la vida útil de la línea los conductores se verán

sometidos a tales tensiones. Simultáneamente se seleccionan reducidos valores para la tensión media anual, ya que el conductor se ve sometido una buena parte de su vida útil a tensiones de ese orden, en condiciones propicias (vientos suaves) para entrar en vibración. Esta vibración se produce cuando en las proximidades de las frecuencias naturales de oscilación se verifica la perturbación aerodinámica.

Como la excitación aerodinámica requiere un flujo laminar, la velocidad del viento debe ser inferior a un valor aproximado de los 30 km/h. Se ha determinado que son menos propicios a entrar en vibración los conductores que disipan internamente la energía de la vibración y la amortiguan, es decir que tienen un mayor coeficiente de fricción. En ese sentido, es mejor el conductor de aluminio que sus aleaciones, y que el conductor de aluminio - acero.

Se ha determinado que la vibración en la línea es muy dependiente del medio en que está tendida. Una línea instalada en un terreno llano, sin obstáculos, al estar sometida a vientos más constantes y sin torbellinos, está más expuesta a sufrir los fenómenos de vibración y la consecuente fatiga.

Las medidas mas eficaces para evitar la producción de vibraciones son: limitar la tensión mecánica, reducir el vano y utilizar dispositivos antivibratorios. En nuestro caso utilizaremos los dos primeros.

La norma indica para el estado V un valor de tensión mecánica máxima del 25 % de la rotura del conductor. No existe un valor universalmente adoptado para la tensión admisible. Se toma en diversos países entre 15 % a 20 % de la tensión de rotura y aún valores mayores.

$$\sigma_{admV} := 0.2 \cdot \sigma_{rot} = 5.59 \frac{daN}{mm^2}$$

$$\sigma_{admV} = 5.59 \frac{daN}{mm^2}$$

Para conductores de fase de 70 mm<sup>2</sup>, Martínez Fayó ("Diseño de líneas aéreas") recomienda un vano promedio de 110 m y un vano máximo de 120 m.

### **Determinación de la fuerza del viento sobre conductores**

#### *Velocidad de viento de cálculo*

La reglamentación de la AEA establece utilizar el viento indicado en el mapa de isocletas de la República Argentina (Anexo C). Este mapa indica la velocidad de referencia, en m/s, correspondiente al promedio de velocidades máximas con un período de retorno de 50 años, sobre intervalos de 10 minutos en exposición abierta y altura de 10 m.

$$V := 35 \frac{m}{s}$$

### *Factor de carga*

Se modificará la velocidad del viento definida en el mapa de isocletas, multiplicandola por el factor de carga de la tabla 10.2-b teniendo en cuenta un período de retorno de 50 años.

$$F_c := 1$$

### *Densidad del aire*

El factor de densidad del aire Q convierte la energía cinética del aire en presión.

$$Q := 0.0613$$

### *Factor del terreno*

El factor del terreno modifica la velocidad del viento máximo teniendo en cuenta los efectos de la exposición al perfil del terreno y la altura de los objetos sobre el mismo según tres categorías de exposición:

Exposición B: zonas onduladas o forestadas con numerosas obstrucciones de espacios cerrados con altura de las casas domésticas de promedio no superior a 10 m (zonas industriales o suburbios de grandes ciudades).

Exposición C: zonas llanas, poco onduladas con obstrucciones dispersas como cercas, arboles o construcciones muy aisladas (campo abierto, granjas o sembrados) .

Exposición D: Llanuras planas con poca o ninguna obstrucción (fajas costeras, llanuras sin árboles, mesetas desérticas o pantanos).

Este proyecto abarca zonas de exposición B y C. De tabla 10.2-f de la norma se obtienen los factores:

$$Z_{pB} := 0.79 \quad \text{para exposición B y altura de la línea de 15 m}$$

$$Z_{pC} := 1.03 \quad \text{para exposición C y altura de la línea de 10 m}$$

### *Factor de ráfaga*

El factor de ráfaga se aplica a líneas aéreas de clase "C", "D" y "E". En las de clase "B" se aplica solo en los casos de vanos de longitud similar a los típicos de las de clase "C" o mayores, o cuando por servicios se las considere como de transmisión o subtransmisión.

$$G_W := 1$$

### *Viento medio*

De no contar con datos directos para la determinación de los vientos medios se tomará el 40 % de la velocidad del viento determinada con el mapa de isocletas.

$$V_m := 0.4 \cdot V = 14 \frac{m}{s}$$

### *Coefficiente de forma*

$$C_F := 1 \quad (\text{vale 1 para todos los diámetros})$$

### *Ángulo del viento con el eje perpendicular de la línea*

$$\psi := 0^\circ$$

### *Área proyectada*

Es el área longitudinal del conductor donde incide el viento perpendicularmente. Esta área es igual al producto del diámetro del conductor por la longitud del vano.

$$a := 100 \text{ m} \quad \text{vano típico de este proyecto}$$

$$d_c := 10.8 \text{ mm} \quad \text{diámetro del conductor}$$

$$A := a \cdot d_c = 1.08 \text{ m}^2$$

### *Fuerza del viento sobre conductores*

Para un vano típico de 100 m se tiene:

$$F_{cB} := \left( Q \cdot 10 \frac{kg}{m^3} \right) \cdot (Z_{pB} \cdot V)^2 \cdot F_c \cdot G_W \cdot C_F \cdot A \cdot \cos(\psi)^2 = 51 \text{ daN} \quad \text{exposición B}$$

$$F_{cC} := \left( Q \cdot 10 \frac{kg}{m^3} \right) \cdot (Z_{pC} \cdot V)^2 \cdot F_c \cdot G_W \cdot C_F \cdot A \cdot \cos(\psi)^2 = 86 \text{ daN} \quad \text{exposición C}$$

### **Cargas específicas**

El peso propio y las sobrecargas constituyen las componentes de las cargas específicas que se emplean en el cálculo del conductor. Para los distintos estados atmosféricos, definiremos las cargas específicas según la siguiente tabla:

Estado	Característica	Carga específica
I	Máxima temperatura	$g_I = g$
II	Mínima temperatura	$g_{II} = g$
III	Máximo viento	$g_{III} = \sqrt{g^2 + g_v^2}$
IV	Viento moderado, hielo	$g_{IV} = \sqrt{(g + g_h)^2 + g_v^2}$
V	Temperatura media anual	$g_V = g$

Donde:

$g$  = peso propio del conductor

$g_h$  = peso del hielo

$g_v$  = carga aerodinámica

$g_{v'}$  = carga aerodinámica con manguito de hielo

*Peso propio del conductor*

$$\gamma := 190 \frac{\text{kg}}{\text{km}} \quad \text{masa por unidad de longitud del conductor}$$

$$S_c := 68.97 \text{ mm}^2 \quad \text{sección real del conductor}$$

$$g := \frac{\gamma}{S_c} \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 0.0027 \frac{\text{daN}}{\text{m} \cdot \text{mm}^2}$$

*Carga aerodinámica máxima*

$$g_{vB} := \frac{F_{cB}}{a \cdot S_c} = 0.00734 \frac{\text{daN}}{\text{m} \cdot \text{mm}^2} \quad \text{exposición B}$$

$$g_{vC} := \frac{F_{cC}}{a \cdot S_c} = 0.01247 \frac{\text{daN}}{\text{m} \cdot \text{mm}^2} \quad \text{exposición C}$$

*Carga aerodinámica media*

La misma se calcula con la fuerza del viento sobre el conductor dado por el viento medio, el cual es igual al 40% del viento máximo.

$$F_{cB} := \left( Q \cdot 10 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) \cdot (Z_{pB} \cdot V_m)^2 \cdot F_c \cdot G_W \cdot C_F \cdot A \cdot \cos(\psi)^2 = 8 \text{ daN} \quad \text{exposición B}$$

$$F_{cC} := \left( Q \cdot 10 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) \cdot (Z_{pC} \cdot V_m)^2 \cdot F_c \cdot G_W \cdot C_F \cdot A \cdot \cos(\psi)^2 = 14 \text{ daN} \quad \text{exposición C}$$

$$g_{vB'} := \frac{F_{cB}}{a \cdot S_c} = 0.00117 \frac{\text{daN}}{\text{m} \cdot \text{mm}^2} \quad \text{exposición B}$$

$$g_{vC'} := \frac{F_{cC}}{a \cdot S_c} = 0.002 \frac{daN}{m \cdot mm^2} \quad \text{exposición C}$$

*Carga específica para Estado I*

$$g_I := g$$

$$g_I = 0.0027 \frac{daN}{m \cdot mm^2}$$

*Carga específica para Estado II*

$$g_{II} := g$$

$$g_{II} = 0.0027 \frac{daN}{m \cdot mm^2}$$

*Carga específica para Estado III*

$$g_{IIIB} := \sqrt{g^2 + g_{vB}^2}$$

$$g_{IIIB} = 0.00782 \frac{daN}{m \cdot mm^2} \quad \text{exposición B}$$

$$g_{IIIC} := \sqrt{g^2 + g_{vC}^2}$$

$$g_{IIIC} = 0.01276 \frac{daN}{m \cdot mm^2} \quad \text{exposición C}$$

*Carga específica para Estado IV*

$$g_{IVB} := \sqrt{g^2 + g_{vB'}^2}$$

$$g_{IVB} = 0.00295 \frac{daN}{m \cdot mm^2} \quad \text{exposición B}$$

$$g_{IVC} := \sqrt{g^2 + g_{vC'}^2}$$

$$g_{IVC} = 0.00336 \frac{daN}{m \cdot mm^2} \quad \text{exposición C}$$

*Carga específica para Estado V*

$$g_V := g$$

$$g_V = 0.0027 \frac{daN}{m \cdot mm^2}$$

### Ecuación de cambio de estado

Interesa determinar una expresión que permita hallar la tensión de un estado partiendo de la tensión a que está sometido el conductor en otro estado y las condiciones de carga y temperatura de ambos estados. La llamada ecuación de cambio de estado es la que vincula los parámetros y variables mencionados.

Las expresiones de la longitud del conductor en un vano "a" para dos estados genéricos 1 y 2 son:

$$L_1 = a \cdot \left( 1 + \left( \frac{g_1}{\sigma_1} \right)^2 \cdot \frac{a^2}{24} \right) \quad L_2 = a \cdot \left( 1 + \left( \frac{g_2}{\sigma_2} \right)^2 \cdot \frac{a^2}{24} \right)$$

La diferencia de longitud del conductor en un vano, entre dos estados genéricos, puede deberse a la temperatura o sobrecarga externa (viento, hielo), es decir a una dilatación térmica y elástica, de modo que:

$$L_1 - L_2 = L \cdot \alpha \cdot (t_1 - t_2) + L \cdot \frac{(\sigma_1 - \sigma_2)}{E}$$

Tomando  $L = a$  y reemplazando, se obtiene la ecuación de cambio de estado:

$$\sigma_1 - \left(\frac{g_1}{\sigma_1}\right)^2 \cdot \frac{a^2 \cdot E}{24} = \sigma_2 - \left(\frac{g_2}{\sigma_2}\right)^2 \cdot \frac{a^2 \cdot E}{24} + \alpha \cdot E \cdot (t_1 - t_2)$$

### Vano crítico

Al realizarse el cálculo, habrá un estado atmosférico (temperaturas y cargas) que sea para el conductor el más desfavorable en el sentido de someterlo a la tensión más elevada. Tomando ese estado como punto de partida puede, mediante la ecuación de estado, calcularse las tensiones en cualquier otro estado, con la seguridad de obtener menores valores al máximo establecido.

No puede afirmarse sin análisis previo, si es más desfavorable una hipótesis de carga de máximo viento o una de mínima temperatura sin sobrecarga aerodinámica. El análisis que indica cuál es la condición más desfavorable se efectúa mediante la determinación del vano crítico. Si el vano es muy reducido, el conductor tomará su máxima tensión mecánica cuando la temperatura sea mínima, mientras que si el vano es elevado, la máxima tensión se tendrá cuando el viento sea máximo. Para vanos intermedios la situación no se ve a priori tan clara y podemos decir que habrá un vano determinado, ni muy elevado ni muy chico, en que tanto a la baja temperatura como bajo el viento elevado, en ambos casos el conductor alcanzará la correspondiente tensión máxima. Dicho vano es el vano crítico.

Si para el estado 1 la tensión máxima es  $\sigma_{1max}$  y  $\sigma_{2max}$  lo es para el estado 2, podemos averiguar en qué valor de vano se verifica que el conductor alcanza tales tensiones límites, cuando se ve sometido respectivamente a las condiciones de los estados 1 ( $t_1, g_1$ ) y 2 ( $t_2, g_2$ ). Reemplazando en la ecuación de cambio de estado  $\sigma_1$  por  $\sigma_{1max}$  y  $\sigma_2$  por  $\sigma_{2max}$  y resolviendo respecto al vano, se obtiene el vano crítico:

$$a_{cr} = \sqrt{24 \cdot \frac{\frac{\sigma_{2max} - \sigma_{1max}}{E} + \alpha \cdot (t_1 - t_2)}{\left(\frac{g_2}{\sigma_{2max}}\right)^2 - \left(\frac{g_1}{\sigma_{1max}}\right)^2}}$$

Dadas las condiciones climáticas (cinco estados de carga) y utilizando la fórmula anterior, debemos encontrar los vanos críticos realizando de a dos estados, todas las combinaciones posibles entre los mismos. No se compara con el estado de máxima temperatura, pues no puede ser un estado básico, ya que a la máxima temperatura tendremos la mínima tensión mecánica. Entonces, el estado I no puede ser básico.

*Datos*

$\sigma_{rot} = 27.949 \frac{daN}{mm^2}$	tensión de rotura del conductor
$\sigma_{admII} = 19.565 \frac{daN}{mm^2}$	tensión admisible para el estado II
$\sigma_{admIII} = 19.565 \frac{daN}{mm^2}$	tensión admisible para el estado III
$\sigma_{admIV} = 19.565 \frac{daN}{mm^2}$	tensión admisible para el estado IV
$\sigma_{admV} = 5.59 \frac{daN}{mm^2}$	tensión admisible para el estado V
$E := 5700 \frac{daN}{mm^2}$	módulo de elasticidad
$\alpha := \frac{23}{1000000} \text{ } ^\circ\text{C}$	coeficiente de dilatación térmica
$t_I := 45 \text{ } ^\circ\text{C}$	temperatura estado I
$t_{II} := -10 \text{ } ^\circ\text{C}$	temperatura estado II
$t_{III} := 15 \text{ } ^\circ\text{C}$	temperatura estado III
$t_{IV} := -5 \text{ } ^\circ\text{C}$	temperatura estado IV
$t_V := 16 \text{ } ^\circ\text{C}$	temperatura estado V

Cálculo de vano crítico para exposición B

Vano crítico II-III

$$a_{crII\_III} := \sqrt{24 \cdot \frac{\frac{\sigma_{admIII} - \sigma_{admII}}{E} + \alpha \cdot (t_{III} - t_{II})}{\frac{g_{III}^2}{\sigma_{admIII}^2} - \frac{g_{II}^2}{\sigma_{admII}^2}}} = 313 \text{ m}$$

Vano crítico II-IV

$$a_{crII\_IV} := \sqrt{24 \cdot \frac{\frac{\sigma_{admIV} - \sigma_{admII}}{E} + \alpha \cdot (t_{IV} - t_{II})}{\frac{g_{IV}^2}{\sigma_{admIV}^2} - \frac{g_{II}^2}{\sigma_{admII}^2}}} = 875 \text{ m}$$

Vano crítico II-V

$$a_{crII\_V} := \sqrt{24 \cdot \frac{\frac{\sigma_{admV} - \sigma_{admII}}{E} + \alpha \cdot (t_V - t_{II})}{\frac{g_V^2}{\sigma_{admV}^2} - \frac{g_{II}^2}{\sigma_{admII}^2}}} = 455 \text{ m}$$

Vano crítico III-IV

$$a_{crIII\_IV} := \sqrt{24 \cdot \frac{\frac{\sigma_{admIV} - \sigma_{admIII}}{E} + \alpha \cdot (t_{IV} - t_{III})}{\frac{g_{IV}^2}{\sigma_{admIV}^2} - \frac{g_{III}^2}{\sigma_{admIII}^2}}} = 284 \text{ m}$$

Vano crítico III-V

$$a_{crIII\_V} := \sqrt{24 \cdot \frac{\frac{\sigma_{admV} - \sigma_{admIII}}{E} + \alpha \cdot (t_V - t_{III})}{\frac{g_V^2}{\sigma_{admV}^2} - \frac{g_{III}^2}{\sigma_{admIII}^2}}} = 888 \text{ m}$$

Vano crítico IV-V

$$a_{crIV\_V} := \sqrt{24 \cdot \frac{\frac{\sigma_{admV} - \sigma_{admIV}}{E} + \alpha \cdot (t_V - t_{IV})}{\frac{g_V^2}{\sigma_{admV}^2} - \frac{g_{IV}^2}{\sigma_{admIV}^2}}} = 473 \text{ m}$$

Cálculo de vano crítico para exposición C

Vano crítico II-III

$$a_{crII\_IIC} := \sqrt{24 \cdot \frac{\frac{\sigma_{admIII} - \sigma_{admII}}{E} + \alpha \cdot (t_{III} - t_{II})}{\frac{g_{IIC}^2}{\sigma_{admIII}^2} - \frac{g_{II}^2}{\sigma_{admII}^2}}} = 184 \text{ m}$$

Vano crítico II-IV

$$a_{crII\_IVC} := \sqrt{24 \cdot \frac{\frac{\sigma_{admIV} - \sigma_{admII}}{E} + \alpha \cdot (t_{IV} - t_{II})}{\frac{g_{IVC}^2}{\sigma_{admIV}^2} - \frac{g_{II}^2}{\sigma_{admII}^2}}} = 515 \text{ m}$$

Vano crítico II-V

$$a_{crII\_VC} := \sqrt{24 \cdot \frac{\frac{\sigma_{admV} - \sigma_{admII}}{E} + \alpha \cdot (t_V - t_{II})}{\frac{g_V^2}{\sigma_{admV}^2} - \frac{g_{II}^2}{\sigma_{admII}^2}}} = 455 \text{ m}$$

Vano crítico III-IV

$$a_{crIII\_IVC} := \sqrt{24 \cdot \frac{\frac{\sigma_{admIV} - \sigma_{admIII}}{E} + \alpha \cdot (t_{IV} - t_{III})}{\frac{g_{IVC}^2}{\sigma_{admIV}^2} - \frac{g_{IIC}^2}{\sigma_{admIII}^2}}} = 167 \text{ m}$$

Vano crítico III-V

$$a_{crIII\_VC} := \sqrt{24 \cdot \frac{\frac{\sigma_{admV} - \sigma_{admIII}}{E} + \alpha \cdot (t_V - t_{III})}{\frac{g_V^2}{\sigma_{admV}^2} - \frac{g_{IIC}^2}{\sigma_{admIII}^2}}} = 551 \text{ m}$$

Vano crítico IV-V

$$a_{crIV\_VC} := \sqrt{24 \cdot \frac{\frac{\sigma_{admV} - \sigma_{admIV}}{E} + \alpha \cdot (t_V - t_{IV})}{\frac{g_V^2}{\sigma_{admV}^2} - \frac{g_{IVC}^2}{\sigma_{admIV}^2}}} = 481 \text{ m}$$

### Análisis de vanos críticos

Entre las condiciones climáticas (estados de carga), existe un vano crítico que nos delimita el entorno de vanos en el que prevalece una de las condiciones climáticas que produce la condición más desfavorable en el conductor, es decir que provoca la máxima tensión mecánica; a esa condición climática la denominamos estado básico. Luego para vanos menores al vano crítico, una de las condiciones será el estado básico y para vanos mayores al crítico, la otra condición climática será el estado básico.

Las condiciones para un estado ser básico se resumen en la siguiente tabla dependiendo si el vano crítico resulta un valor real, imaginario o infinito.

Vano crítico	Vano considerado	Condición para ser estado básico
Número real	$a < a_{cr}$	El estado de menor $\frac{g}{\sigma}$
	$a > a_{cr}$	El estado de mayor $\frac{g}{\sigma}$
Número imaginario	Cualquier valor de vano	El estado de mayor $\frac{g}{\sigma}$
Infinito, condición: $\frac{g_1}{\sigma_1} = \frac{g_2}{\sigma_2}$	Cualquier valor de vano	El estado básico es el de menor temperatura si $\sigma_1 = \sigma_2$ y $g_1 = g_2$
		El estado básico es el 1 si $\alpha E(t_1 - t_2) + \sigma_1 - \sigma_2 < 0$
		El estado básico es el 2 si $\alpha E(t_1 - t_2) + \sigma_1 - \sigma_2 > 0$
		Ambos estados pueden ser tomados como básicos si $\alpha E(t_1 - t_2) + \sigma_1 - \sigma_2 = 0$

### Análisis de vanos críticos para exposición B

Vano crítico II-III

$$a_{crII\_III} = 313 \text{ m}$$

$$a = 100 \text{ m}$$

$$\begin{array}{l} \text{if } \frac{g_{III}^2}{\sigma_{admIII}^2} < \frac{g_{II}^2}{\sigma_{admII}^2} \\ \quad \parallel \text{ "El estado básico es el III" } \\ \text{else} \\ \quad \parallel \text{ "El estado básico es el II" } \end{array} \quad \Bigg| \quad = \text{ "El estado básico es el II" }$$

Vano crítico II-IV

$$a_{crII\_IVB} = 875 \text{ m}$$

$$a = 100 \text{ m}$$

$$\begin{array}{l} \text{if } \frac{g_{IVB}^2}{\sigma_{admIV}^2} < \frac{g_{II}^2}{\sigma_{admII}^2} \\ \quad \parallel \text{ "El estado básico es el IV " } \\ \text{else} \\ \quad \parallel \text{ "El estado básico es el II" } \end{array} \quad \Bigg| \quad = \text{ "El estado básico es el II" }$$

Vano crítico II-V

$$a_{crII\_VB} = 455 \text{ i m}$$

$$a = 100 \text{ m}$$

$$\begin{array}{l} \text{if } \frac{g_V^2}{\sigma_{admV}^2} > \frac{g_{II}^2}{\sigma_{admII}^2} \\ \quad \parallel \text{ "El estado básico es el V " } \\ \text{else} \\ \quad \parallel \text{ "El estado básico es el II" } \end{array} \quad \Bigg| \quad = \text{ "El estado básico es el V " }$$

Vano crítico III-IV

$$a_{crIII\_IVB} = 284 \text{ m}$$

$$a = 100 \text{ m}$$

$$\begin{array}{l} \text{if } \frac{g_{IVB}^2}{\sigma_{admIV}^2} < \frac{g_{IIIB}^2}{\sigma_{admIII}^2} \\ \quad \parallel \text{ "El estado básico es el IV " } \\ \text{else} \\ \quad \parallel \text{ "El estado básico es el III" } \end{array} \quad \Bigg| \quad = \text{ "El estado básico es el IV " }$$

Vano crítico III-V

$$a_{crIII\_VB} = 888 \text{ i m}$$

$$a = 100 \text{ m}$$

$$\begin{array}{l} \text{if } \frac{g_V^2}{\sigma_{admV}^2} > \frac{g_{IIIB}^2}{\sigma_{admIII}^2} \\ \quad \parallel \text{ "El estado básico es el V " } \\ \text{else} \\ \quad \parallel \text{ "El estado básico es el III" } \end{array} \quad \Bigg| \quad = \text{ "El estado básico es el V " }$$

Vano crítico IV-V

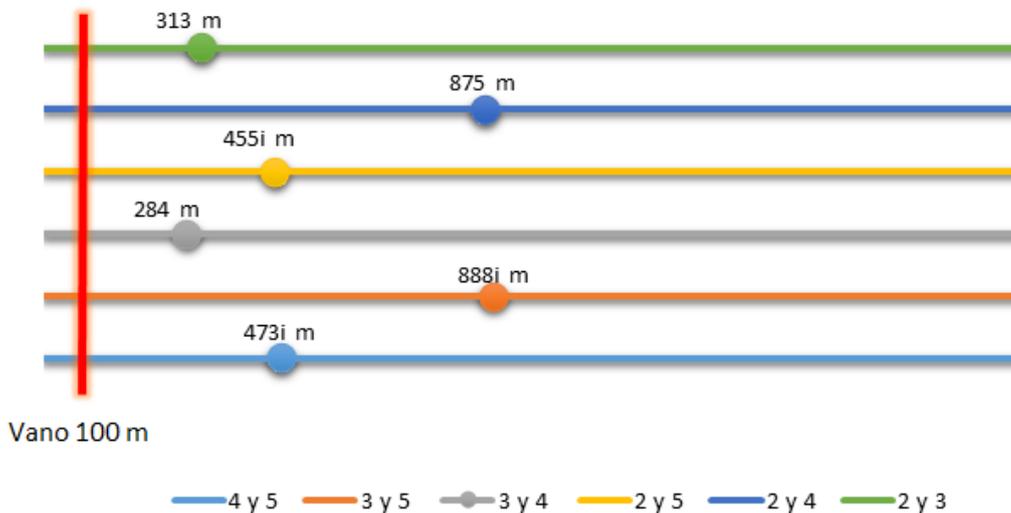
$$a_{crIV\_VB} = 473i \text{ m}$$

$$a = 100 \text{ m}$$

$$\text{if } \frac{g_V^2}{\sigma_{admV}^2} > \frac{g_{IVB}^2}{\sigma_{admIV}^2} \quad \left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} = \text{“El estado básico es el V”}$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{“El estado básico es el V”} \\ \text{else} \\ \text{“El estado básico es el IV”} \end{array} \right\}$$

Comparación de Estados Climáticos (exposición B)



Realizando todas las comparaciones posibles entre estados, resulta que para vanos menores a 110 m, el estado básico es el de temperatura media anual (estado V).

Cálculo de vano crítico para exposición C

Vano crítico II-III

$$a_{crII\_IIC} = 184 \text{ m}$$

$$a = 100 \text{ m}$$

$$\text{if } \frac{g_{IIC}^2}{\sigma_{admIII}^2} < \frac{g_{II}^2}{\sigma_{admII}^2} \quad \left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} = \text{“El estado básico es el II”}$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{“El estado básico es el III”} \\ \text{else} \\ \text{“El estado básico es el II”} \end{array} \right\}$$

Vano crítico II-IV

$$a_{crII\_IVC} = 515 \text{ m}$$

$$a = 100 \text{ m}$$

$$\begin{array}{l} \text{if } \frac{g_{IVC}^2}{\sigma_{admIV}^2} < \frac{g_{II}^2}{\sigma_{admII}^2} \\ \quad \parallel \text{ "El estado básico es el IV " } \\ \text{else} \\ \quad \parallel \text{ "El estado básico es el II" } \end{array} \quad \Bigg| \quad = \text{ "El estado básico es el II" }$$

Vano crítico II-V

$$a_{crII\_VC} = 455 \text{ m}$$

$$a = 100 \text{ m}$$

$$\begin{array}{l} \text{if } \frac{g_V^2}{\sigma_{admV}^2} > \frac{g_{II}^2}{\sigma_{admII}^2} \\ \quad \parallel \text{ "El estado básico es el V " } \\ \text{else} \\ \quad \parallel \text{ "El estado básico es el II" } \end{array} \quad \Bigg| \quad = \text{ "El estado básico es el V " }$$

Vano crítico III-IV

$$a_{crIII\_IVC} = 167 \text{ m}$$

$$a = 100 \text{ m}$$

$$\begin{array}{l} \text{if } \frac{g_{IVC}^2}{\sigma_{admIV}^2} < \frac{g_{IIIC}^2}{\sigma_{admIII}^2} \\ \quad \parallel \text{ "El estado básico es el IV " } \\ \text{else} \\ \quad \parallel \text{ "El estado básico es el III" } \end{array} \quad \Bigg| \quad = \text{ "El estado básico es el IV " }$$

Vano crítico III-V

$$a_{crIII\_VC} = 551 \text{ m}$$

$$a = 100 \text{ m}$$

$$\begin{array}{l} \text{if } \frac{g_V^2}{\sigma_{admV}^2} < \frac{g_{IIIC}^2}{\sigma_{admIII}^2} \\ \quad \parallel \text{ "El estado básico es el V " } \\ \text{else} \\ \quad \parallel \text{ "El estado básico es el III" } \end{array} \quad \Bigg| \quad = \text{ "El estado básico es el V " }$$

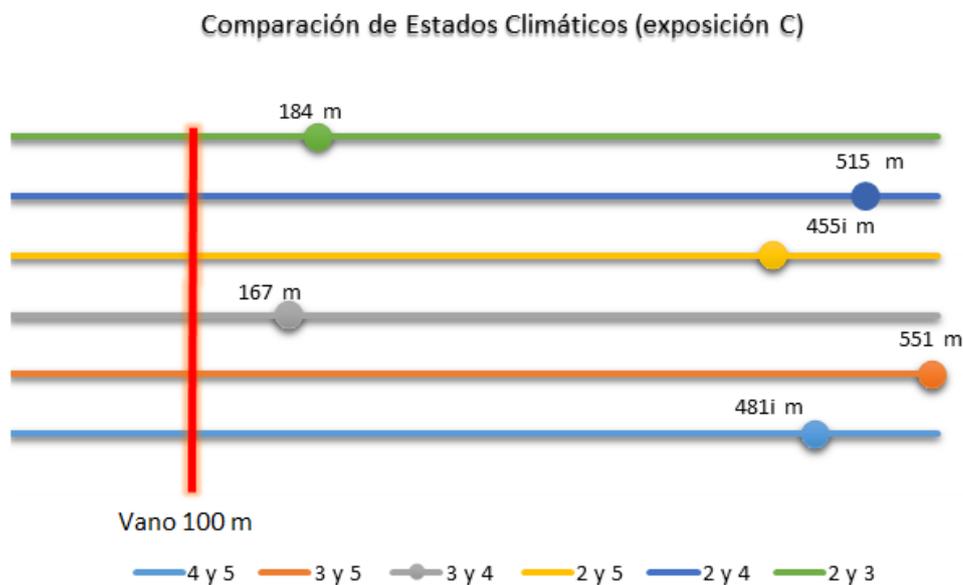
Vano crítico IV-V

$$a_{crIV\_VC} = 481i \text{ m}$$

$$a = 100 \text{ m}$$

$$\text{if } \frac{g_V^2}{\sigma_{admV}^2} > \frac{g_{IVC}^2}{\sigma_{admIV}^2} \quad \left. \begin{array}{l} \\ \\ \\ \end{array} \right\} = \text{“El estado básico es el V”}$$

$$\text{else} \quad \left. \begin{array}{l} \\ \\ \\ \end{array} \right\} = \text{“El estado básico es el IV”}$$



Realizando todas las comparaciones posibles entre estados, resulta que para vanos menores a 110 m, el estado básico es el de temperatura media anual (estado V).

**Aplicación de la Ecuación del cambio de estado**

Si bien en el cálculo mecánico del conductor es importante conocer la tensión máxima a la cuál estará sometido, la cuál corresponderá a uno de los cinco estados mencionados, también nos interesa conocer las demás tensiones, ya que son de utilidad para determinar otros factores que intervienen en el dimensionamiento de la línea, además de la carga máxima del conductor.

Para determinar las tensiones en los estados restantes, luego de obtener el estado básico, se utiliza la denominada "ecuación de cambio de estado", la cuál vincula los parámetros de dos estados. Mediante la tensión del estado básico y la temperatura y cargas específicas de ambos estados se logra la tensión del estado incógnita.

Para el estado básico V se tiene:

$$\sigma_V := \sigma_{admV} = 5.59 \frac{daN}{mm^2}$$

La ecuación de cambio de estado, considerando el estado I como estado incógnita, es:

$$\sigma_I - \frac{(a^2 \cdot E \cdot g_I^2)}{24 \cdot \sigma_I^2} = \sigma_V - \frac{(a^2 \cdot E \cdot g_V^2)}{24 \cdot \sigma_V^2} + \alpha \cdot E \cdot (t_V - t_I)$$

Operando:

$$\sigma_I^3 - \sigma_I^2 \cdot \left( \sigma_V - \frac{a^2 \cdot E \cdot g_V^2}{24 \cdot \sigma_V^2} + \alpha \cdot E \cdot (t_V - t_I) \right) - \frac{a^2 \cdot E \cdot g_I^2}{24} = 0$$

$$\sigma_I^3 + A \cdot \sigma_I^2 + B = 0$$

Resolución de la ecuación de cambio de estado para exposición B

Estado I

$$A := - \left( \sigma_V - \frac{a^2 \cdot E \cdot g_V^2}{24 \cdot \sigma_V^2} + \alpha \cdot E \cdot (t_V - t_I) \right) \cdot \frac{1}{\frac{daN}{mm^2}} = -1.234$$

$$B := - \frac{a^2 \cdot E \cdot g_I^2}{24} \cdot \frac{1}{\left( \frac{daN}{mm^2} \right)^3} = -17.346$$

El vector de coeficientes del polinomio cúbico es:

$$v := \begin{bmatrix} B \\ 0 \\ A \\ 1 \end{bmatrix}$$

Las raíces del polinomio cúbico son las tensiones admisibles del estado I:

$$\text{polyroots}(v) = \begin{bmatrix} -0.919 + 2.191i \\ -0.919 - 2.191i \\ 3.072 \end{bmatrix}$$

$$\text{real} := \text{submatrix}(\text{polyroots}(v), 2, 2, 0, 0) = [3.072]$$

$$\sigma_I := \text{real}(0,0) \cdot \frac{daN}{mm^2} = 3.072 \frac{daN}{mm^2}$$

$$\sigma_I = 3.07 \frac{daN}{mm^2}$$

Estado II

$$A := - \left( \sigma_V - \frac{a^2 \cdot E \cdot g_V^2}{24 \cdot \sigma_V^2} + \alpha \cdot E \cdot (t_V - t_{II}) \right) \cdot \frac{1}{\frac{daN}{mm^2}} = -8.442$$

$$B := - \frac{a^2 \cdot E \cdot g_{II}^2}{24} \cdot \frac{1}{\left( \frac{daN}{mm^2} \right)^3} = -17.346$$

El vector de coeficientes del polinomio cúbico es:

$$v := \begin{bmatrix} B \\ 0 \\ A \\ 1 \end{bmatrix}$$

Las raíces del polinomio cúbico son las tensiones admisibles del estado II:

$$\text{polyroots}(v) = \begin{bmatrix} -0.115 - 1.409i \\ -0.115 + 1.409i \\ 8.673 \end{bmatrix}$$

$$\text{real} := \text{submatrix}(\text{polyroots}(v), 2, 2, 0, 0) = [8.673]$$

$$\sigma_{II} := \text{real}(0,0) \cdot \frac{daN}{mm^2} = 8.673 \frac{daN}{mm^2}$$

$$\sigma_{II} = 8.67 \frac{daN}{mm^2}$$

Estado III

$$A := - \left( \sigma_V - \frac{a^2 \cdot E \cdot g_V^2}{24 \cdot \sigma_V^2} + \alpha \cdot E \cdot (t_V - t_{III}) \right) \cdot \frac{1}{\frac{daN}{mm^2}} = -5.166$$

$$B := - \frac{a^2 \cdot E \cdot g_{III}^2}{24} \cdot \frac{1}{\left( \frac{daN}{mm^2} \right)^3} = -145.252$$

El vector de coeficientes del polinomio cúbico es:

$$v := \begin{bmatrix} B \\ 0 \\ A \\ 1 \end{bmatrix}$$

Las raíces del polinomio cúbico son las tensiones admisibles del estado III:

$$\text{polyroots}(v) = \begin{bmatrix} -1.241 + 4.177i \\ -1.241 - 4.177i \\ 7.649 \end{bmatrix}$$

$$\text{real} := \text{submatrix}(\text{polyroots}(v), 2, 2, 0, 0) = [7.649]$$

$$\sigma_{III} := \text{real}(0, 0) \cdot \frac{daN}{mm^2} = 7.649 \frac{daN}{mm^2}$$

$$\sigma_{III} = 7.65 \frac{daN}{mm^2}$$

Estado IV

$$A := - \left( \sigma_V - \frac{a^2 \cdot E \cdot g_V^2}{24 \cdot \sigma_V^2} + \alpha \cdot E \cdot (t_V - t_{IV}) \right) \cdot \frac{1}{\frac{daN}{mm^2}} = -7.787$$

$$B := - \frac{a^2 \cdot E \cdot g_{IV}^2}{24} \cdot \frac{1}{\left( \frac{daN}{mm^2} \right)^3} = -20.62$$

El vector de coeficientes del polinomio cúbico es:

$$v := \begin{bmatrix} B \\ 0 \\ A \\ 1 \end{bmatrix}$$

Las raíces del polinomio cúbico son las tensiones admisibles del estado IV:

$$\text{polyroots}(v) = \begin{bmatrix} -0.157 + 1.588i \\ -0.157 - 1.588i \\ 8.101 \end{bmatrix}$$

$$\text{real} := \text{submatrix}(\text{polyroots}(v), 2, 2, 0, 0) = [8.101]$$

$$\sigma_{IV} := \text{real}(0, 0) \cdot \frac{daN}{mm^2} = 8.101 \frac{daN}{mm^2}$$

$$\sigma_{IV} = 8.1 \frac{daN}{mm^2}$$

Resolución de la ecuación de cambio de estado para exposición C

Estado I

$$A := - \left( \sigma_V - \frac{a^2 \cdot E \cdot g_V^2}{24 \cdot \sigma_V^2} + \alpha \cdot E \cdot (t_V - t_I) \right) \cdot \frac{1}{\frac{daN}{mm^2}} = -1.234$$

$$B := - \frac{a^2 \cdot E \cdot g_I^2}{24} \cdot \frac{1}{\left( \frac{daN}{mm^2} \right)^3} = -17.346$$

El vector de coeficientes del polinomio cúbico es:

$$v := \begin{bmatrix} B \\ 0 \\ A \\ 1 \end{bmatrix}$$

Las raíces del polinomio cúbico son las tensiones admisibles del estado I:

$$\text{polyroots}(v) = \begin{bmatrix} -0.919 + 2.191i \\ -0.919 - 2.191i \\ 3.072 \end{bmatrix}$$

$$\text{real} := \text{submatrix}(\text{polyroots}(v), 2, 2, 0, 0) = [3.072]$$

$$\sigma_I := \text{real}(0, 0) \cdot \frac{daN}{mm^2} = 3.072 \frac{daN}{mm^2}$$

$$\sigma_I = 3.07 \frac{daN}{mm^2}$$

Estado II

$$A := - \left( \sigma_V - \frac{a^2 \cdot E \cdot g_V^2}{24 \cdot \sigma_V^2} + \alpha \cdot E \cdot (t_V - t_{II}) \right) \cdot \frac{1}{\frac{daN}{mm^2}} = -8.442$$

$$B := - \frac{a^2 \cdot E \cdot g_{II}^2}{24} \cdot \frac{1}{\left( \frac{daN}{mm^2} \right)^3} = -17.346$$

El vector de coeficientes del polinomio cúbico es:

$$v := \begin{bmatrix} B \\ 0 \\ A \\ 1 \end{bmatrix}$$

Las raíces del polinomio cúbico son las tensiones admisibles del estado II:

$$\text{polyroots}(v) = \begin{bmatrix} -0.115 - 1.409i \\ -0.115 + 1.409i \\ 8.673 \end{bmatrix}$$

$$\text{real} := \text{submatrix}(\text{polyroots}(v), 2, 2, 0, 0) = [8.673]$$

$$\sigma_{II} := \text{real}(0, 0) \cdot \frac{daN}{mm^2} = 8.673 \frac{daN}{mm^2}$$

$$\sigma_{II} = 8.67 \frac{daN}{mm^2}$$

Estado III

$$A := - \left( \sigma_V - \frac{a^2 \cdot E \cdot g_V^2}{24 \cdot \sigma_V^2} + \alpha \cdot E \cdot (t_V - t_{III}) \right) \cdot \frac{1}{mm^2} = -5.166$$

$$B := - \frac{a^2 \cdot E \cdot g_{III}^2}{24} \cdot \frac{1}{\left( \frac{daN}{mm^2} \right)^3} = -386.946$$

El vector de coeficientes del polinomio cúbico es:

$$v := \begin{bmatrix} B \\ 0 \\ A \\ 1 \end{bmatrix}$$

Las raíces del polinomio cúbico son las tensiones admisibles del estado III:

$$\text{polyroots}(v) = \begin{bmatrix} -2.155 - 6.016i \\ -2.155 + 6.016i \\ 9.476 \end{bmatrix}$$

$$\text{real} := \text{submatrix}(\text{polyroots}(v), 2, 2, 0, 0) = [9.476]$$

$$\sigma_{III} := \text{real}(0, 0) \cdot \frac{daN}{mm^2} = 9.476 \frac{daN}{mm^2}$$

$$\sigma_{III} = 9.48 \frac{daN}{mm^2}$$

Estado IV

$$A := - \left( \sigma_V - \frac{a^2 \cdot E \cdot g_V^2}{24 \cdot \sigma_V^2} + \alpha \cdot E \cdot (t_V - t_{IV}) \right) \cdot \frac{1}{\frac{daN}{mm^2}} = -7.787$$

$$B := - \frac{a^2 \cdot E \cdot g_{IVC}^2}{24} \cdot \frac{1}{\left( \frac{daN}{mm^2} \right)^3} = -26.807$$

El vector de coeficientes del polinomio cúbico es:

$$v := \begin{bmatrix} B \\ 0 \\ A \\ 1 \end{bmatrix}$$

Las raíces del polinomio cúbico son las tensiones admisibles del estado IV:

$$\text{polyroots}(v) = \begin{bmatrix} -0.2 + 1.798i \\ -0.2 - 1.798i \\ 8.187 \end{bmatrix}$$

$$\text{real} := \text{submatrix}(\text{polyroots}(v), 2, 2, 0, 0) = [8.187]$$

$$\sigma_{IVC} := \text{real}(0, 0) \cdot \frac{daN}{mm^2} = 8.187 \frac{daN}{mm^2}$$

$$\sigma_{IVC} = 8.19 \frac{daN}{mm^2}$$

### Cálculo de la flecha para postes a igual nivel

Para el cálculo de la flecha debe considerarse la tensión del estado I que es el de máxima temperatura. La tensión  $\sigma_0$  es la correspondiente al centro del vano. Hacia los puntos de suspensión, la tensión se va incrementando, llegando a un máximo en dichos puntos pero, difiere muy poco de la del centro del vano. Entonces:

$$\sigma_0 := \sigma_I = 3.072 \frac{daN}{mm^2}$$

Para un vano típico de 100 m la flecha resulta:

$$f := \frac{a^2 \cdot g}{8 \cdot \sigma_0} = 1.1 \text{ m}$$

## 2.2 Cálculo mecánico de conductores de 95 mm<sup>2</sup>

### Características de conductores de fase

Marca	PRYSMIAN
Modelo	PRYSAL
Material	Aleación de aluminio
Sección nominal	95 mm <sup>2</sup>
Formación	19 x 2,52 mm
Diámetro aproximado	12,6 mm
Masa aproximada	260 kg/km
Carga de rotura calculada	2699 kg
Resistencia eléctrica máxima a 20°C y c.c	0,352 ohm/km
Resistencia eléctrica máxima a 80°C y c.a	0,428 ohm/km
Intensidad de corriente admisible	300 A
Sección total	94,76 mm <sup>2</sup>
Módulo de elasticidad	5700 daN/mm <sup>2</sup>
Coefficiente de dilatación térmica	23 x 10 <sup>-6</sup> 1/°C
Norma	IRAM 2212

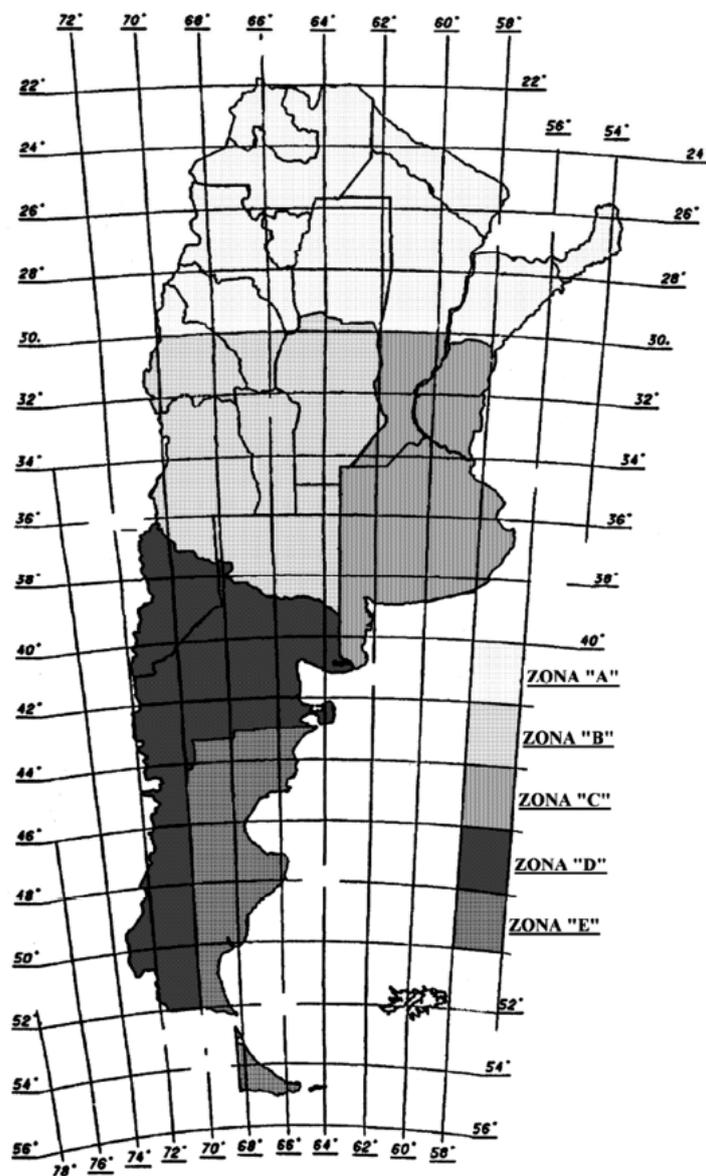
### Estados atmosféricos

Para el cálculo de la línea, es necesario conocer los estados de carga a que estarán sometidos los conductores, debidos a la presencia de viento (en las regiones que corresponda, también hielo), como así también las diversas temperaturas, que influirán sobre la tensión al producir contracción o dilatación en los cables. Para el cálculo de la tensión, se tienen en cuenta estados atmosféricos típicos desde el punto de vista de generar condiciones extremas o más representativas. En general, se especifican los siguientes estados:

ESTADO	CARACTERÍSTICA	COMENTARIO
I	Máxima temperatura	Flecha máxima en el cable (mínima tensión)
II	Mínima temperatura	Elevada tensión (contracción térmica)
III	Máximo viento	Elevada tensión (máxima carga específica)
IV	Viento moderado, hielo	Elevada tensión (combinación de temperatura relativamente baja, con sobrecarga por hielo y viento).
V	Temperatura media anual	Tensión moderada, pero comprometida por fenómeno de fatiga.

Este proyecto se realiza dentro de la zona C según el mapa de zonas climáticas de la República Argentina (Anexo B de la norma).

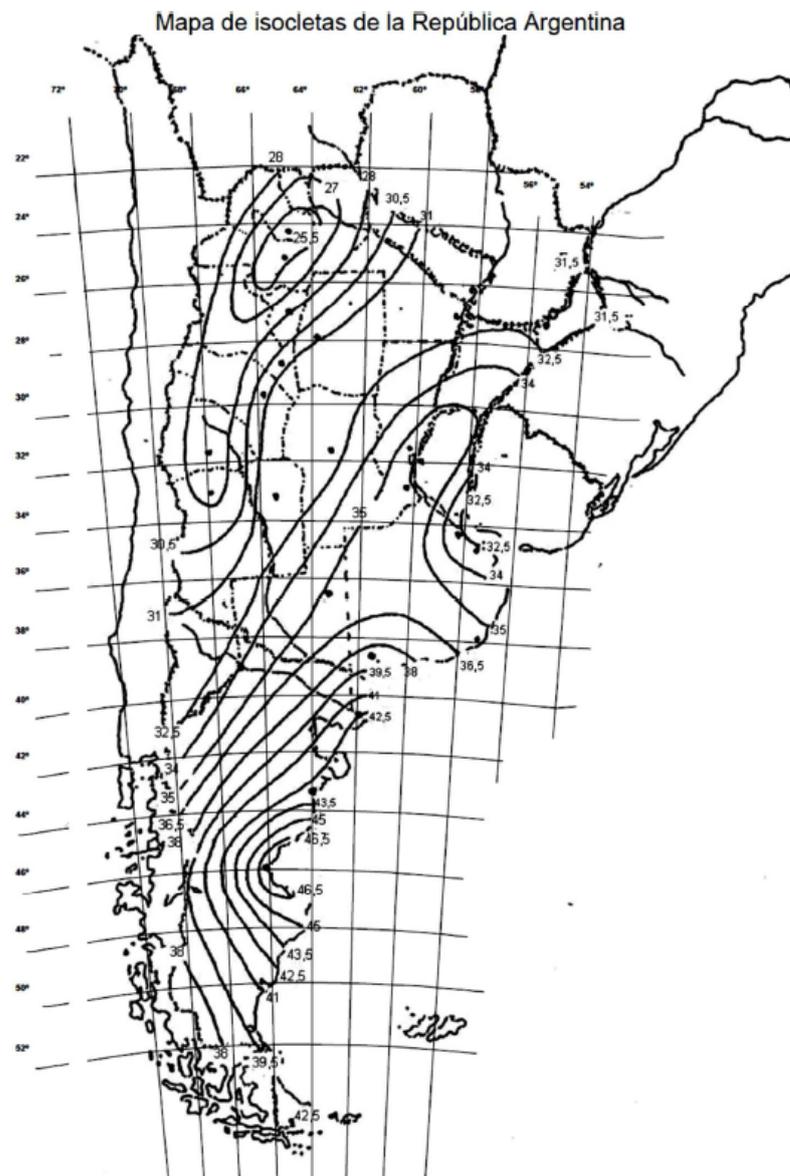
Mapa de zonas climáticas de la República Argentina



De acuerdo a la Tabla 10.2-a de estados atmosféricos de la norma, corresponde para dicha zona los siguientes valores:

Estado	Temperatura (°C)	Viento (km/h)
I	+45	0
II	-10	0
III	+15	Viento máximo
IV	- 5	Viento medio
V	+16	0

El valor de viento máximo se obtiene del mapa de isotacas de la República Argentina (Anexo C de la norma) y vale 35 m/s. Al no contar con datos directos para la determinación del viento medio la norma indica tomar el 40 % de la velocidad del viento máximo de diseño, es decir 14 m/s.



Los cinco estados atmosféricos son representativos desde determinado punto de vista. El estado I, produce el máximo descenso del conductor en el centro del vano, por lo que es condicionante de la altura de las estructuras. En el estado II, III o IV se producirá la máxima tensión dependiendo del valor del vano. En el estado V la situación también puede ser crítica por tensiones de fatiga.

### Tensiones admisibles

Deben establecerse distintas tensiones admisibles según los tipos de sollicitación, asociados a los respectivos estados atmosféricos. El Estado I, de máxima temperatura, no genera esfuerzos significativos en los conductores. No se especifica normalmente una tensión máxima para este estado, ya que siempre el conductor va a trabajar a menor tensión que en cualquier otro.

#### *Tensión admisible para los estados de máxima sollicitación*

Para los estados que provocan máximo esfuerzo (II, III y IV), la norma establece (sección 6.5.3) el límite del 70 % de la tensión de rotura.

$$\sigma_{rot} := \frac{2699 \text{ kgf} \cdot 9.81 \frac{N}{\text{kgf}}}{94.76 \text{ mm}^2} = 27.94 \frac{\text{daN}}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma_{admII} := 0.7 \cdot \sigma_{rot} = 19.559 \frac{\text{daN}}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma_{admII} = 19.559 \frac{\text{daN}}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma_{admIII} := 0.7 \cdot \sigma_{rot} = 19.559 \frac{\text{daN}}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma_{admIII} = 19.559 \frac{\text{daN}}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma_{admIV} := 0.7 \cdot \sigma_{rot} = 19.559 \frac{\text{daN}}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma_{admIV} = 19.559 \frac{\text{daN}}{\text{mm}^2}$$

#### *Tensión admisible con relación a procesos de fatiga*

Se producen sollicitaciones alternativas de flexión, en las proximidades de los puntos de suspensión del conductor, producto de la vibración originada por vientos suaves y persistentes. Estos esfuerzos son repetitivos y originan fenómenos de fatiga; por lo tanto la tensión de trabajo en estas circunstancias debe ser reducida. Se establece por esta causa un valor límite de tensión (tensión media anual) para el estado atmosférico de temperatura media anual.

Muchos estudios se han realizado con el objeto de conocer mejor el comportamiento de los conductores en los distintos estados característicos. Consecuencia de ello se han seleccionado tensiones admisibles relativamente elevadas para los estados que representan condiciones extremas entendiéndose que en pocas ocasiones durante la vida útil de la línea los conductores se verán

sometidos a tales tensiones. Simultáneamente se seleccionan reducidos valores para la tensión media anual, ya que el conductor se ve sometido una buena parte de su vida útil a tensiones de ese orden, en condiciones propicias (vientos suaves) para entrar en vibración. Esta vibración se produce cuando en las proximidades de las frecuencias naturales de oscilación se verifica la perturbación aerodinámica.

Como la excitación aerodinámica requiere un flujo laminar, la velocidad del viento debe ser inferior a un valor aproximado de los 30 km/h. Se ha determinado que son menos propicios a entrar en vibración los conductores que disipan internamente la energía de la vibración y la amortiguan, es decir que tienen un mayor coeficiente de fricción. En ese sentido, es mejor el conductor de aluminio que sus aleaciones, y que el conductor de aluminio - acero.

Se ha determinado que la vibración en la línea es muy dependiente del medio en que está tendida. Una línea instalada en un terreno llano, sin obstáculos, al estar sometida a vientos más constantes y sin torbellinos, está más expuesta a sufrir los fenómenos de vibración y la consecuente fatiga.

Las medidas mas eficaces para evitar la producción de vibraciones son: limitar la tensión mecánica, reducir el vano y utilizar dispositivos antivibratorios. En nuestro caso utilizaremos los dos primeros.

La norma indica para el estado V un valor de tensión mecánica máxima del 25 % de la rotura del conductor. No existe un valor universalmente adoptado para la tensión admisible. Se toma en diversos países entre 15 % a 20 % de la tensión de rotura y aún valores mayores.

$$\sigma_{admV} := 0.2 \cdot \sigma_{rot} = 5.588 \frac{daN}{mm^2}$$

$$\sigma_{admV} = 5.588 \frac{daN}{mm^2}$$

Para conductores de fase de 95 mm<sup>2</sup>, Martínez Fayó ("Diseño de líneas aéreas") recomienda un vano promedio de 110 m y un vano máximo de 120 m.

## Determinación de la fuerza del viento sobre conductores

### *Velocidad de viento de cálculo*

La reglamentación de la AEA establece utilizar el viento indicado en el mapa de isocletas de la República Argentina (Anexo C). Este mapa indica la velocidad de referencia, en m/s, correspondiente al promedio de velocidades máximas con un período de retorno de 50 años, sobre intervalos de 10 minutos en exposición abierta y altura de 10 m.

$$V := 35 \frac{m}{s}$$

### *Factor de carga*

Se modificará la velocidad del viento definida en el mapa de isocletas, multiplicandola por el factor de carga de la tabla 10.2-b teniendo en cuenta un período de retorno de 50 años.

$$F_c := 1$$

### *Densidad del aire*

El factor de densidad del aire  $Q$  convierte la energía cinética del aire en presión.

$$Q := 0.0613$$

### *Factor del terreno*

El factor del terreno modifica la velocidad del viento máximo teniendo en cuenta los efectos de la exposición al perfil del terreno y la altura de los objetos sobre el mismo según tres categorías de exposición:

Exposición B: zonas onduladas o forestadas con numerosas obstrucciones de espacios cerrados con altura de las casas domésticas de promedio no superior a 10 m (zonas industriales o suburbios de grandes ciudades).

Exposición C: zonas llanas, poco onduladas con obstrucciones dispersas como cercas, arboles o construcciones muy aisladas (campo abierto, granjas o sembrados) .

Exposición D: Llanuras planas con poca o ninguna obstrucción (fajas costeras, llanuras sin árboles, mesetas desérticas o pantanos).

Este proyecto abarca zonas de exposición B y C. De tabla 10.2-f de la norma se obtienen los factores:

$$Z_{pB} := 0.79 \quad \text{para exposición B y altura de la línea de 15 m}$$

$$Z_{pC} := 1.03 \quad \text{para exposición C y altura de la línea de 10 m}$$

### *Factor de ráfaga*

El factor de ráfaga se aplica a líneas aéreas de clase "C", "D" y "E". En las de clase "B" se aplica solo en los casos de vanos de longitud similar a los típicos de las de clase "C" o mayores, o cuando por servicios se las considere como de transmisión o subtransmisión.

$$G_W := 1$$

### *Viento medio*

De no contar con datos directos para la determinación de los vientos medios se tomará el 40 % de la velocidad del viento determinada con el mapa de isocletas.

$$V_m := 0.4 \cdot V = 14 \frac{m}{s}$$

### *Coefficiente de forma*

$$C_F := 1 \quad (\text{vale 1 para todos los diámetros})$$

*Ángulo del viento con el eje perpendicular de la línea*

$$\psi := 0^\circ$$

### *Área proyectada*

Es el área longitudinal del conductor donde incide el viento perpendicularmente. Esta área es igual al producto del diámetro del conductor por la longitud del vano.

$$a := 100 \text{ m} \quad \text{vano típico de este proyecto}$$

$$d_c := 12.6 \text{ mm} \quad \text{diámetro del conductor}$$

$$A := a \cdot d_c = 1.26 \text{ m}^2$$

### *Fuerza del viento sobre conductores*

Para un vano típico de 100 m se tiene:

$$F_{cB} := \left( Q \cdot 10 \frac{kg}{m^3} \right) \cdot (Z_{pB} \cdot V)^2 \cdot F_c \cdot G_W \cdot C_F \cdot A \cdot \cos(\psi)^2 = 59 \text{ daN} \quad \text{exposición B}$$

$$F_{cC} := \left( Q \cdot 10 \frac{kg}{m^3} \right) \cdot (Z_{pC} \cdot V)^2 \cdot F_c \cdot G_W \cdot C_F \cdot A \cdot \cos(\psi)^2 = 100 \text{ daN} \quad \text{exposición C}$$

### **Cargas específicas**

El peso propio y las sobrecargas constituyen las componentes de las cargas específicas que se emplean en el cálculo del conductor. Para los distintos estados atmosféricos, definiremos las cargas específicas según la siguiente tabla:

Estado	Característica	Carga específica
I	Máxima temperatura	$g_I = g$
II	Mínima temperatura	$g_{II} = g$
III	Máximo viento	$g_{III} = \sqrt{g^2 + g_v^2}$
IV	Viento moderado, hielo	$g_{IV} = \sqrt{(g + g_h)^2 + g_v^2}$
V	Temperatura media anual	$g_V = g$

Donde:

$g$  = peso propio del conductor

$g_h$  = peso del hielo

$g_v$  = carga aerodinámica

$g_{v'}$  = carga aerodinámica con manguito de hielo

*Peso propio del conductor*

$$\gamma := 260 \frac{\text{kg}}{\text{km}} \quad \text{masa por unidad de longitud del conductor}$$

$$S_c := 94.76 \text{ mm}^2 \quad \text{sección real del conductor}$$

$$g := \frac{\gamma}{S_c} \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 0.00269 \frac{\text{daN}}{\text{m} \cdot \text{mm}^2}$$

*Carga aerodinámica máxima*

$$g_{vB} := \frac{F_{cB}}{a \cdot S_c} = 0.00623 \frac{\text{daN}}{\text{m} \cdot \text{mm}^2} \quad \text{exposición B}$$

$$g_{vC} := \frac{F_{cC}}{a \cdot S_c} = 0.01059 \frac{\text{daN}}{\text{m} \cdot \text{mm}^2} \quad \text{exposición C}$$

*Carga aerodinámica media*

La misma se calcula con la fuerza del viento sobre el conductor dado por el viento medio, el cual es igual al 40% del viento máximo.

$$F_{cB} := \left( Q \cdot 10 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) \cdot (Z_{pB} \cdot V_m)^2 \cdot F_c \cdot G_W \cdot C_F \cdot A \cdot \cos(\psi)^2 = 9 \text{ daN} \quad \text{exposición B}$$

$$F_{cC} := \left( Q \cdot 10 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) \cdot (Z_{pC} \cdot V_m)^2 \cdot F_c \cdot G_W \cdot C_F \cdot A \cdot \cos(\psi)^2 = 16 \text{ daN} \quad \text{exposición C}$$

$$g_{vB'} := \frac{F_{cB}}{a \cdot S_c} = 0.001 \frac{\text{daN}}{\text{m} \cdot \text{mm}^2} \quad \text{exposición B}$$

$$g_{vC'} := \frac{F_{cC}}{a \cdot S_c} = 0.00169 \frac{daN}{m \cdot mm^2}$$

exposición C

*Carga específica para Estado I*

$$g_I := g$$

$$g_I = 0.00269 \frac{daN}{m \cdot mm^2}$$

*Carga específica para Estado II*

$$g_{II} := g$$

$$g_{II} = 0.00269 \frac{daN}{m \cdot mm^2}$$

*Carga específica para Estado III*

$$g_{IIIB} := \sqrt{g^2 + g_{vB}^2}$$

$$g_{IIIB} = 0.00679 \frac{daN}{m \cdot mm^2} \text{ exposición B}$$

$$g_{IIIC} := \sqrt{g^2 + g_{vC}^2}$$

$$g_{IIIC} = 0.01093 \frac{daN}{m \cdot mm^2} \text{ exposición C}$$

*Carga específica para Estado IV*

$$g_{IVB} := \sqrt{g^2 + g_{vB'}^2}$$

$$g_{IVB} = 0.00287 \frac{daN}{m \cdot mm^2} \text{ exposición B}$$

$$g_{IVC} := \sqrt{g^2 + g_{vC'}^2}$$

$$g_{IVC} = 0.00318 \frac{daN}{m \cdot mm^2} \text{ exposición C}$$

*Carga específica para Estado V*

$$g_V := g$$

$$g_V = 0.00269 \frac{daN}{m \cdot mm^2}$$

### Ecuación de cambio de estado

Interesa determinar una expresión que permita hallar la tensión de un estado partiendo de la tensión a que está sometido el conductor en otro estado y las condiciones de carga y temperatura de ambos estados. La llamada ecuación de cambio de estado es la que vincula los parámetros y variables mencionados.

Las expresiones de la longitud del conductor en un vano "a" para dos estados genéricos 1 y 2 son:

$$L_1 = a \cdot \left( 1 + \left( \frac{g_1}{\sigma_1} \right)^2 \cdot \frac{a^2}{24} \right) \quad L_2 = a \cdot \left( 1 + \left( \frac{g_2}{\sigma_2} \right)^2 \cdot \frac{a^2}{24} \right)$$

La diferencia de longitud del conductor en un vano, entre dos estados genéricos, puede deberse a la temperatura o sobrecarga externa (viento, hielo), es decir a una dilatación térmica y elástica, de modo que:

$$L_1 - L_2 = L \cdot \alpha \cdot (t_1 - t_2) + L \cdot \frac{(\sigma_1 - \sigma_2)}{E}$$

Tomando  $L = a$  y reemplazando, se obtiene la ecuación de cambio de estado:

$$\sigma_1 - \left(\frac{g_1}{\sigma_1}\right)^2 \cdot \frac{a^2 \cdot E}{24} = \sigma_2 - \left(\frac{g_2}{\sigma_2}\right)^2 \cdot \frac{a^2 \cdot E}{24} + \alpha \cdot E \cdot (t_1 - t_2)$$

### Vano crítico

Al realizarse el cálculo, habrá un estado atmosférico (temperaturas y cargas) que sea para el conductor el más desfavorable en el sentido de someterlo a la tensión más elevada. Tomando ese estado como punto de partida puede, mediante la ecuación de estado, calcularse las tensiones en cualquier otro estado, con la seguridad de obtener menores valores al máximo establecido.

No puede afirmarse sin análisis previo, si es más desfavorable una hipótesis de carga de máximo viento o una de mínima temperatura sin sobrecarga aerodinámica. El análisis que indica cuál es la condición más desfavorable se efectúa mediante la determinación del vano crítico. Si el vano es muy reducido, el conductor tomará su máxima tensión mecánica cuando la temperatura sea mínima, mientras que si el vano es elevado, la máxima tensión se tendrá cuando el viento sea máximo. Para vanos intermedios la situación no se ve a priori tan clara y podemos decir que habrá un vano determinado, ni muy elevado ni muy chico, en que tanto a la baja temperatura como bajo el viento elevado, en ambos casos el conductor alcanzará la correspondiente tensión máxima. Dicho vano es el vano crítico.

Si para el estado 1 la tensión máxima es  $\sigma_{1max}$  y  $\sigma_{2max}$  lo es para el estado 2, podemos averiguar en qué valor de vano se verifica que el conductor alcanza tales tensiones límites, cuando se ve sometido respectivamente a las condiciones de los estados 1 ( $t_1, g_1$ ) y 2 ( $t_2, g_2$ ). Reemplazando en la ecuación de cambio de estado  $\sigma_1$  por  $\sigma_{1max}$  y  $\sigma_2$  por  $\sigma_{2max}$  y resolviendo respecto al vano, se obtiene el vano crítico:

$$a_{cr} = \sqrt{24 \cdot \frac{\frac{\sigma_{2max} - \sigma_{1max}}{E} + \alpha \cdot (t_1 - t_2)}{\left(\frac{g_2}{\sigma_{2max}}\right)^2 - \left(\frac{g_1}{\sigma_{1max}}\right)^2}}$$

Dadas las condiciones climáticas (cinco estados de carga) y utilizando la fórmula anterior, debemos encontrar los vanos críticos realizando de a dos estados, todas las combinaciones posibles entre los mismos. No se compara con el estado de máxima temperatura, pues no puede ser un estado básico, ya que a la máxima temperatura tendremos la mínima tensión mecánica. Entonces, el estado I no puede ser básico.

*Datos*

$$\sigma_{rot} = 27.941 \frac{daN}{mm^2} \quad \text{tensión de rotura del conductor}$$

$$\sigma_{admII} = 19.559 \frac{daN}{mm^2} \quad \text{tensión admisible para el estado II}$$

$$\sigma_{admIII} = 19.559 \frac{daN}{mm^2} \quad \text{tensión admisible para el estado III}$$

$$\sigma_{admIV} = 19.559 \frac{daN}{mm^2} \quad \text{tensión admisible para el estado IV}$$

$$\sigma_{admV} = 5.588 \frac{daN}{mm^2} \quad \text{tensión admisible para el estado V}$$

$$E := 5700 \frac{daN}{mm^2} \quad \text{módulo de elasticidad}$$

$$\alpha := \frac{23}{1000000} \text{ } ^\circ\text{C} \quad \text{coeficiente de dilatación térmica}$$

$$t_I := 45 \text{ } ^\circ\text{C} \quad \text{temperatura estado I}$$

$$t_{II} := -10 \text{ } ^\circ\text{C} \quad \text{temperatura estado II}$$

$$t_{III} := 15 \text{ } ^\circ\text{C} \quad \text{temperatura estado III}$$

$$t_{IV} := -5 \text{ } ^\circ\text{C} \quad \text{temperatura estado IV}$$

$$t_V := 16 \text{ } ^\circ\text{C} \quad \text{temperatura estado V}$$

Cálculo de vano crítico para exposición B

Vano crítico II-III

$$a_{crII\_III} := \sqrt{24 \cdot \frac{\frac{\sigma_{admIII} - \sigma_{admII}}{E} + \alpha \cdot (t_{III} - t_{II})}{\frac{g_{III}^2}{\sigma_{admIII}^2} - \frac{g_{II}^2}{\sigma_{admII}^2}}} = 369 \text{ m}$$

Vano crítico II-IV

$$a_{crII\_IV} := \sqrt{24 \cdot \frac{\frac{\sigma_{admIV} - \sigma_{admII}}{E} + \alpha \cdot (t_{IV} - t_{II})}{\frac{g_{IV}^2}{\sigma_{admIV}^2} - \frac{g_{II}^2}{\sigma_{admII}^2}}} = 1030 \text{ m}$$

Vano crítico II-V

$$a_{crII\_V} := \sqrt{24 \cdot \frac{\frac{\sigma_{admV} - \sigma_{admII}}{E} + \alpha \cdot (t_V - t_{II})}{\frac{g_V^2}{\sigma_{admV}^2} - \frac{g_{II}^2}{\sigma_{admII}^2}}} = 457i \text{ m}$$

Vano crítico III-IV

$$a_{crIII\_IV} := \sqrt{24 \cdot \frac{\frac{\sigma_{admIV} - \sigma_{admIII}}{E} + \alpha \cdot (t_{IV} - t_{III})}{\frac{g_{IV}^2}{\sigma_{admIV}^2} - \frac{g_{III}^2}{\sigma_{admIII}^2}}} = 334 \text{ m}$$

Vano crítico III-V

$$a_{crIII\_V} := \sqrt{24 \cdot \frac{\frac{\sigma_{admV} - \sigma_{admIII}}{E} + \alpha \cdot (t_V - t_{III})}{\frac{g_V^2}{\sigma_{admV}^2} - \frac{g_{III}^2}{\sigma_{admIII}^2}}} = 723i \text{ m}$$

Vano crítico IV-V

$$a_{crIV\_V} := \sqrt{24 \cdot \frac{\frac{\sigma_{admV} - \sigma_{admIV}}{E} + \alpha \cdot (t_V - t_{IV})}{\frac{g_V^2}{\sigma_{admV}^2} - \frac{g_{IV}^2}{\sigma_{admIV}^2}}} = 474i \text{ m}$$

Cálculo de vano crítico para exposición C

Vano crítico II-III

$$a_{crII\_IIC} := \sqrt{24 \cdot \frac{\frac{\sigma_{admIII} - \sigma_{admII}}{E} + \alpha \cdot (t_{III} - t_{II})}{\frac{g_{IIC}^2}{\sigma_{admIII}^2} - \frac{g_{II}^2}{\sigma_{admII}^2}}} = 217 \text{ m}$$

Vano crítico II-IV

$$a_{crII\_IVC} := \sqrt{24 \cdot \frac{\frac{\sigma_{admIV} - \sigma_{admII}}{E} + \alpha \cdot (t_{IV} - t_{II})}{\frac{g_{IVC}^2}{\sigma_{admIV}^2} - \frac{g_{II}^2}{\sigma_{admII}^2}}} = 606 \text{ m}$$

Vano crítico II-V

$$a_{crII\_VC} := \sqrt{24 \cdot \frac{\frac{\sigma_{admV} - \sigma_{admII}}{E} + \alpha \cdot (t_V - t_{II})}{\frac{g_V^2}{\sigma_{admV}^2} - \frac{g_{II}^2}{\sigma_{admII}^2}}} = 457 \text{ m}$$

Vano crítico III-IV

$$a_{crIII\_IVC} := \sqrt{24 \cdot \frac{\frac{\sigma_{admIV} - \sigma_{admIII}}{E} + \alpha \cdot (t_{IV} - t_{III})}{\frac{g_{IVC}^2}{\sigma_{admIV}^2} - \frac{g_{IIC}^2}{\sigma_{admIII}^2}}} = 197 \text{ m}$$

Vano crítico III-V

$$a_{crIII\_VC} := \sqrt{24 \cdot \frac{\frac{\sigma_{admV} - \sigma_{admIII}}{E} + \alpha \cdot (t_V - t_{III})}{\frac{g_V^2}{\sigma_{admV}^2} - \frac{g_{IIC}^2}{\sigma_{admIII}^2}}} = 852 \text{ m}$$

Vano crítico IV-V

$$a_{crIV\_VC} := \sqrt{24 \cdot \frac{\frac{\sigma_{admV} - \sigma_{admIV}}{E} + \alpha \cdot (t_V - t_{IV})}{\frac{g_V^2}{\sigma_{admV}^2} - \frac{g_{IVC}^2}{\sigma_{admIV}^2}}} = 479 \text{ m}$$

### Análisis de vanos críticos

Entre las condiciones climáticas (estados de carga), existe un vano crítico que nos delimita el entorno de vanos en el que prevalece una de las condiciones climáticas que produce la condición más desfavorable en el conductor, es decir que provoca la máxima tensión mecánica; a esa condición climática la denominamos estado básico. Luego para vanos menores al vano crítico, una de las condiciones será el estado básico y para vanos mayores al crítico, la otra condición climática será el estado básico.

Las condiciones para un estado ser básico se resumen en la siguiente tabla dependiendo si el vano crítico resulta un valor real, imaginario o infinito.

Vano crítico	Vano considerado	Condición para ser estado básico
Número real	$a < a_{cr}$	El estado de menor $\frac{g}{\sigma}$
	$a > a_{cr}$	El estado de mayor $\frac{g}{\sigma}$
Número imaginario	Cualquier valor de vano	El estado de mayor $\frac{g}{\sigma}$
Infinito, condición: $\frac{g_1}{\sigma_1} = \frac{g_2}{\sigma_2}$	Cualquier valor de vano	El estado básico es el de menor temperatura si $\sigma_1 = \sigma_2$ y $g_1 = g_2$
		El estado básico es el 1 si $\alpha E(t_1 - t_2) + \sigma_1 - \sigma_2 < 0$
		El estado básico es el 2 si $\alpha E(t_1 - t_2) + \sigma_1 - \sigma_2 > 0$
		Ambos estados pueden ser tomados como básicos si $\alpha E(t_1 - t_2) + \sigma_1 - \sigma_2 = 0$

### Análisis de vanos críticos para exposición B

Vano crítico II-III

$$a_{crII\_III} = 369 \text{ m}$$

$$a = 100 \text{ m}$$

$$\begin{array}{l} \text{if } \frac{g_{III}^2}{\sigma_{admIII}^2} < \frac{g_{II}^2}{\sigma_{admII}^2} \\ \quad \parallel \text{ "El estado básico es el III" } \\ \text{else} \\ \quad \parallel \text{ "El estado básico es el II" } \end{array} \quad \Bigg| \quad = \text{ "El estado básico es el II" }$$

Vano crítico II-IV

$$a_{crII\_IVB} = 1030 \text{ m}$$

$$a = 100 \text{ m}$$

$$\begin{array}{l} \text{if } \frac{g_{IVB}^2}{\sigma_{admIV}^2} < \frac{g_{II}^2}{\sigma_{admII}^2} \\ \quad \parallel \text{“El estado básico es el IV ”} \\ \text{else} \\ \quad \parallel \text{“El estado básico es el II”} \end{array} \quad \Bigg| \quad = \text{“El estado básico es el II”}$$

Vano crítico II-V

$$a_{crII\_VB} = 457i \text{ m}$$

$$a = 100 \text{ m}$$

$$\begin{array}{l} \text{if } \frac{g_V^2}{\sigma_{admV}^2} > \frac{g_{II}^2}{\sigma_{admII}^2} \\ \quad \parallel \text{“El estado básico es el V ”} \\ \text{else} \\ \quad \parallel \text{“El estado básico es el II”} \end{array} \quad \Bigg| \quad = \text{“El estado básico es el V ”}$$

Vano crítico III-IV

$$a_{crIII\_IVB} = 334 \text{ m}$$

$$a = 100 \text{ m}$$

$$\begin{array}{l} \text{if } \frac{g_{IVB}^2}{\sigma_{admIV}^2} < \frac{g_{IIIB}^2}{\sigma_{admIII}^2} \\ \quad \parallel \text{“El estado básico es el IV ”} \\ \text{else} \\ \quad \parallel \text{“El estado básico es el III”} \end{array} \quad \Bigg| \quad = \text{“El estado básico es el IV ”}$$

Vano crítico III-V

$$a_{crIII\_VB} = 723i \text{ m}$$

$$a = 100 \text{ m}$$

$$\begin{array}{l} \text{if } \frac{g_V^2}{\sigma_{admV}^2} > \frac{g_{IIIB}^2}{\sigma_{admIII}^2} \\ \quad \parallel \text{“El estado básico es el V ”} \\ \text{else} \\ \quad \parallel \text{“El estado básico es el III”} \end{array} \quad \Bigg| \quad = \text{“El estado básico es el V ”}$$

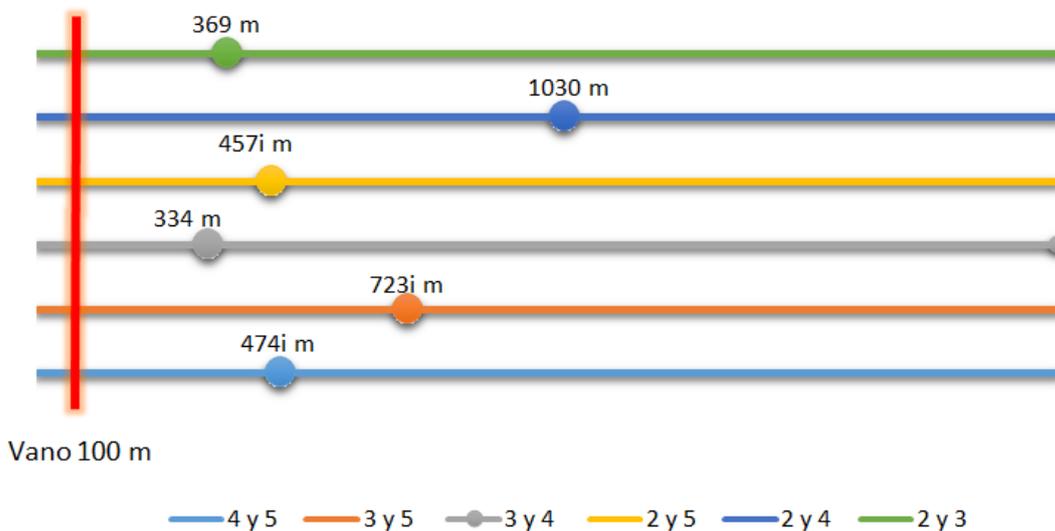
Vano crítico IV-V

$$a_{crIV\_VB} = 474i \text{ m}$$

$$a = 100 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} &\text{if } \frac{g_V^2}{\sigma_{admV}^2} > \frac{g_{IVB}^2}{\sigma_{admIV}^2} &&= \text{“El estado básico es el V”} \\ &\quad \parallel \text{“El estado básico es el V”} \\ &\text{else} \\ &\quad \parallel \text{“El estado básico es el IV”} \end{aligned}$$

Comparación de Estados Climáticos (exposición B)



Realizando todas las comparaciones posibles entre estados, resulta que para vanos menores a 110 m, el estado básico es el de temperatura media anual (estado V).

Cálculo de vano crítico para exposición C

Vano crítico II-III

$$a_{crII\_IIC} = 217 \text{ m}$$

$$a = 100 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} &\text{if } \frac{g_{IIC}^2}{\sigma_{admIII}^2} < \frac{g_{II}^2}{\sigma_{admII}^2} &&= \text{“El estado básico es el II”} \\ &\quad \parallel \text{“El estado básico es el III”} \\ &\text{else} \\ &\quad \parallel \text{“El estado básico es el II”} \end{aligned}$$

### Vano crítico II-IV

$$a_{crII\_IVC} = 606 \text{ m}$$

$$a = 100 \text{ m}$$

$$\begin{array}{l} \text{if } \frac{g_{IVC}^2}{\sigma_{admIV}^2} < \frac{g_{II}^2}{\sigma_{admII}^2} \\ \quad \parallel \text{ "El estado básico es el IV " } \\ \text{else} \\ \quad \parallel \text{ "El estado básico es el II" } \end{array} \quad \Bigg| \quad = \text{ "El estado básico es el II" }$$

### Vano crítico II-V

$$a_{crII\_VC} = 457 \text{ m}$$

$$a = 100 \text{ m}$$

$$\begin{array}{l} \text{if } \frac{g_V^2}{\sigma_{admV}^2} > \frac{g_{II}^2}{\sigma_{admII}^2} \\ \quad \parallel \text{ "El estado básico es el V " } \\ \text{else} \\ \quad \parallel \text{ "El estado básico es el II" } \end{array} \quad \Bigg| \quad = \text{ "El estado básico es el V " }$$

### Vano crítico III-IV

$$a_{crIII\_IVC} = 197 \text{ m}$$

$$a = 100 \text{ m}$$

$$\begin{array}{l} \text{if } \frac{g_{IVC}^2}{\sigma_{admIV}^2} < \frac{g_{IIIC}^2}{\sigma_{admIII}^2} \\ \quad \parallel \text{ "El estado básico es el IV " } \\ \text{else} \\ \quad \parallel \text{ "El estado básico es el III" } \end{array} \quad \Bigg| \quad = \text{ "El estado básico es el IV " }$$

### Vano crítico III-V

$$a_{crIII\_VC} = 852 \text{ m}$$

$$a = 100 \text{ m}$$

$$\begin{array}{l} \text{if } \frac{g_V^2}{\sigma_{admV}^2} < \frac{g_{IIIC}^2}{\sigma_{admIII}^2} \\ \quad \parallel \text{ "El estado básico es el V " } \\ \text{else} \\ \quad \parallel \text{ "El estado básico es el III" } \end{array} \quad \Bigg| \quad = \text{ "El estado básico es el V " }$$

Vano crítico IV-V

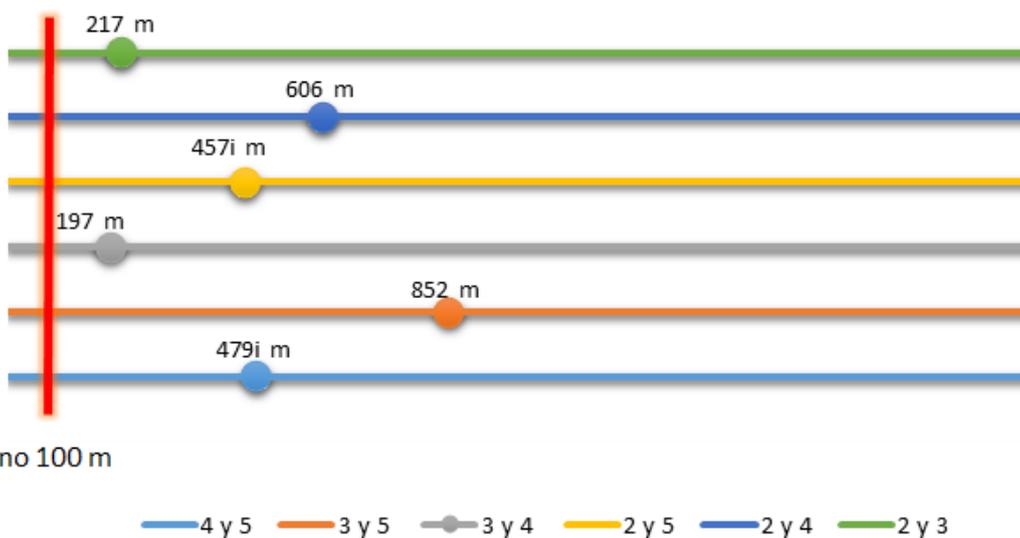
$$a_{crIV\_VC} = 479i \text{ m}$$

$$a = 100 \text{ m}$$

$$\text{if } \frac{g_V^2}{\sigma_{admV}^2} > \frac{g_{IVC}^2}{\sigma_{admIV}^2} \quad \left. \begin{array}{l} \\ \\ \\ \end{array} \right\} = \text{“El estado básico es el V”}$$

$$\text{else} \quad \left. \begin{array}{l} \\ \\ \\ \end{array} \right\} = \text{“El estado básico es el IV”}$$

Comparación de Estados Climáticos (exposición C)



Realizando todas las comparaciones posibles entre estados, resulta que para vanos menores a 110 m, el estado básico es el de temperatura media anual (estado V).

### Aplicación de la Ecuación del cambio de estado

Si bien en el cálculo mecánico del conductor es importante conocer la tensión máxima a la cuál estará sometido, la cuál corresponderá a uno de los cinco estados mencionados, también nos interesa conocer las demás tensiones, ya que son de utilidad para determinar otros factores que intervienen en el dimensionamiento de la línea, además de la carga máxima del conductor.

Para determinar las tensiones en los estados restantes, luego de obtener el estado básico, se utiliza la denominada "ecuación de cambio de estado", la cuál vincula los parámetros de dos estados. Mediante la tensión del estado básico y la temperatura y cargas específicas de ambos estados se logra la tensión del estado incógnita.

Para el estado básico V se tiene:

$$\sigma_V := \sigma_{admV} = 5.588 \frac{daN}{mm^2}$$

La ecuación de cambio de estado, considerando el estado I como estado incógnita, es:

$$\sigma_I - \frac{(a^2 \cdot E \cdot g_I^2)}{24 \cdot \sigma_I^2} = \sigma_V - \frac{(a^2 \cdot E \cdot g_V^2)}{24 \cdot \sigma_V^2} + \alpha \cdot E \cdot (t_V - t_I)$$

Operando:

$$\sigma_I^3 - \sigma_I^2 \cdot \left( \sigma_V - \frac{a^2 \cdot E \cdot g_V^2}{24 \cdot \sigma_V^2} + \alpha \cdot E \cdot (t_V - t_I) \right) - \frac{a^2 \cdot E \cdot g_I^2}{24} = 0$$

$$\sigma_I^3 + A \cdot \sigma_I^2 + B = 0$$

Resolución de la ecuación de cambio de estado para exposición B

Estado I

$$A := - \left( \sigma_V - \frac{a^2 \cdot E \cdot g_V^2}{24 \cdot \sigma_V^2} + \alpha \cdot E \cdot (t_V - t_I) \right) \cdot \frac{1}{\frac{daN}{mm^2}} = -1.236$$

$$B := - \frac{a^2 \cdot E \cdot g_I^2}{24} \cdot \frac{1}{\left( \frac{daN}{mm^2} \right)^3} = -17.207$$

El vector de coeficientes del polinomio cúbico es:

$$v := \begin{bmatrix} B \\ 0 \\ A \\ 1 \end{bmatrix}$$

Las raíces del polinomio cúbico son las tensiones admisibles del estado I:

$$\text{polyroots}(v) = \begin{bmatrix} -0.915 + 2.185i \\ -0.915 - 2.185i \\ 3.066 \end{bmatrix}$$

$$\text{real} := \text{submatrix}(\text{polyroots}(v), 2, 2, 0, 0) = [3.066]$$

$$\sigma_I := \text{real}(0, 0) \cdot \frac{daN}{mm^2} = 3.066 \frac{daN}{mm^2}$$

$$\sigma_I = 3.07 \frac{daN}{mm^2}$$

Estado II

$$A := - \left( \sigma_V - \frac{a^2 \cdot E \cdot g_V^2}{24 \cdot \sigma_V^2} + \alpha \cdot E \cdot (t_V - t_{II}) \right) \cdot \frac{1}{\frac{daN}{mm^2}} = -8.445$$

$$B := - \frac{a^2 \cdot E \cdot g_{II}^2}{24} \cdot \frac{1}{\left( \frac{daN}{mm^2} \right)^3} = -17.207$$

El vector de coeficientes del polinomio cúbico es:

$$v := \begin{bmatrix} B \\ 0 \\ A \\ 1 \end{bmatrix}$$

Las raíces del polinomio cúbico son las tensiones admisibles del estado II:

$$\text{polyroots}(v) = \begin{bmatrix} -0.114 - 1.404i \\ -0.114 + 1.404i \\ 8.674 \end{bmatrix}$$

$$\text{real} := \text{submatrix}(\text{polyroots}(v), 2, 2, 0, 0) = [8.674]$$

$$\sigma_{II} := \text{real}(0, 0) \cdot \frac{daN}{mm^2} = 8.674 \frac{daN}{mm^2}$$

$$\sigma_{II} = 8.67 \frac{daN}{mm^2}$$

Estado III

$$A := - \left( \sigma_V - \frac{a^2 \cdot E \cdot g_V^2}{24 \cdot \sigma_V^2} + \alpha \cdot E \cdot (t_V - t_{III}) \right) \cdot \frac{1}{\frac{daN}{mm^2}} = -5.168$$

$$B := - \frac{a^2 \cdot E \cdot g_{III}^2}{24} \cdot \frac{1}{\left( \frac{daN}{mm^2} \right)^3} = -109.433$$

El vector de coeficientes del polinomio cúbico es:

$$v := \begin{bmatrix} B \\ 0 \\ A \\ 1 \end{bmatrix}$$

Las raíces del polinomio cúbico son las tensiones admisibles del estado III:

$$\text{polyroots}(v) = \begin{bmatrix} -1.041 + 3.743i \\ -1.041 - 3.743i \\ 7.25 \end{bmatrix}$$

$$\text{real} := \text{submatrix}(\text{polyroots}(v), 2, 2, 0, 0) = [7.25]$$

$$\sigma_{III} := \text{real}(0, 0) \cdot \frac{daN}{mm^2} = 7.25 \frac{daN}{mm^2}$$

$$\sigma_{III} = 7.25 \frac{daN}{mm^2}$$

Estado IV

$$A := - \left( \sigma_V - \frac{a^2 \cdot E \cdot g_V^2}{24 \cdot \sigma_V^2} + \alpha \cdot E \cdot (t_V - t_{IV}) \right) \cdot \frac{1}{\frac{daN}{mm^2}} = -7.79$$

$$B := - \frac{a^2 \cdot E \cdot g_{IV}^2}{24} \cdot \frac{1}{\left( \frac{daN}{mm^2} \right)^3} = -19.568$$

El vector de coeficientes del polinomio cúbico es:

$$v := \begin{bmatrix} B \\ 0 \\ A \\ 1 \end{bmatrix}$$

Las raíces del polinomio cúbico son las tensiones admisibles del estado IV:

$$\text{polyroots}(v) = \begin{bmatrix} -0.15 - 1.548i \\ -0.15 + 1.548i \\ 8.089 \end{bmatrix}$$

$$\text{real} := \text{submatrix}(\text{polyroots}(v), 2, 2, 0, 0) = [8.089]$$

$$\sigma_{IV} := \text{real}(0, 0) \cdot \frac{daN}{mm^2} = 8.089 \frac{daN}{mm^2}$$

$$\sigma_{IV} = 8.09 \frac{daN}{mm^2}$$

Resolución de la ecuación de cambio de estado para exposición C

Estado I

$$A := - \left( \sigma_V - \frac{a^2 \cdot E \cdot g_V^2}{24 \cdot \sigma_V^2} + \alpha \cdot E \cdot (t_V - t_I) \right) \cdot \frac{1}{\frac{daN}{mm^2}} = -1.236$$

$$B := - \frac{a^2 \cdot E \cdot g_I^2}{24} \cdot \frac{1}{\left( \frac{daN}{mm^2} \right)^3} = -17.207$$

El vector de coeficientes del polinomio cúbico es:

$$v := \begin{bmatrix} B \\ 0 \\ A \\ 1 \end{bmatrix}$$

Las raíces del polinomio cúbico son las tensiones admisibles del estado I:

$$\text{polyroots}(v) = \begin{bmatrix} -0.915 + 2.185i \\ -0.915 - 2.185i \\ 3.066 \end{bmatrix}$$

$$\text{real} := \text{submatrix}(\text{polyroots}(v), 2, 2, 0, 0) = [3.066]$$

$$\sigma_I := \text{real}(0, 0) \cdot \frac{daN}{mm^2} = 3.066 \frac{daN}{mm^2}$$

$$\sigma_I = 3.07 \frac{daN}{mm^2}$$

Estado II

$$A := - \left( \sigma_V - \frac{a^2 \cdot E \cdot g_V^2}{24 \cdot \sigma_V^2} + \alpha \cdot E \cdot (t_V - t_{II}) \right) \cdot \frac{1}{\frac{daN}{mm^2}} = -8.445$$

$$B := - \frac{a^2 \cdot E \cdot g_{II}^2}{24} \cdot \frac{1}{\left( \frac{daN}{mm^2} \right)^3} = -17.207$$

El vector de coeficientes del polinomio cúbico es:

$$v := \begin{bmatrix} B \\ 0 \\ A \\ 1 \end{bmatrix}$$

Las raíces del polinomio cúbico son las tensiones admisibles del estado II:

$$\text{polyroots}(v) = \begin{bmatrix} -0.114 - 1.404i \\ -0.114 + 1.404i \\ 8.674 \end{bmatrix}$$

$$\text{real} := \text{submatrix}(\text{polyroots}(v), 2, 2, 0, 0) = [8.674]$$

$$\sigma_{II} := \text{real}(0, 0) \cdot \frac{daN}{mm^2} = 8.674 \frac{daN}{mm^2}$$

$$\sigma_{II} = 8.67 \frac{daN}{mm^2}$$

Estado III

$$A := - \left( \sigma_V - \frac{a^2 \cdot E \cdot g_V^2}{24 \cdot \sigma_V^2} + \alpha \cdot E \cdot (t_V - t_{III}) \right) \cdot \frac{1}{mm^2} = -5.168$$

$$B := - \frac{a^2 \cdot E \cdot g_{III}^2}{24} \cdot \frac{1}{\left( \frac{daN}{mm^2} \right)^3} = -283.706$$

El vector de coeficientes del polinomio cúbico es:

$$v := \begin{bmatrix} B \\ 0 \\ A \\ 1 \end{bmatrix}$$

Las raíces del polinomio cúbico son las tensiones admisibles del estado III:

$$\text{polyroots}(v) = \begin{bmatrix} -1.825 - 5.371i \\ -1.825 + 5.371i \\ 8.817 \end{bmatrix}$$

$$\text{real} := \text{submatrix}(\text{polyroots}(v), 2, 2, 0, 0) = [8.817]$$

$$\sigma_{III} := \text{real}(0, 0) \cdot \frac{daN}{mm^2} = 8.817 \frac{daN}{mm^2}$$

$$\sigma_{III} = 8.82 \frac{daN}{mm^2}$$

Estado IV

$$A := - \left( \sigma_V - \frac{a^2 \cdot E \cdot g_V^2}{24 \cdot \sigma_V^2} + \alpha \cdot E \cdot (t_V - t_{IV}) \right) \cdot \frac{1}{\frac{daN}{mm^2}} = -7.79$$

$$B := - \frac{a^2 \cdot E \cdot g_{IVC}^2}{24} \cdot \frac{1}{\left( \frac{daN}{mm^2} \right)^3} = -24.029$$

El vector de coeficientes del polinomio cúbico es:

$$v := \begin{bmatrix} B \\ 0 \\ A \\ 1 \end{bmatrix}$$

Las raíces del polinomio cúbico son las tensiones admisibles del estado IV:

$$\text{polyroots}(v) = \begin{bmatrix} -0.181 + 1.707i \\ -0.181 - 1.707i \\ 8.151 \end{bmatrix}$$

$$\text{real} := \text{submatrix}(\text{polyroots}(v), 2, 2, 0, 0) = [8.151]$$

$$\sigma_{IVC} := \text{real}(0, 0) \cdot \frac{daN}{mm^2} = 8.151 \frac{daN}{mm^2}$$

$$\sigma_{IVC} = 8.15 \frac{daN}{mm^2}$$

### Cálculo de la flecha para postes a igual nivel

Para el cálculo de la flecha debe considerarse la tensión del estado I que es el de máxima temperatura. La tensión  $\sigma_0$  es la correspondiente al centro del vano. Hacia los puntos de suspensión, la tensión se va incrementando, llegando a un máximo en dichos puntos pero, difiere muy poco de la del centro del vano. Entonces:

$$\sigma_0 := \sigma_I = 3.066 \frac{daN}{mm^2}$$

Para un vano típico de 100 m la flecha resulta:

$$f := \frac{a^2 \cdot g}{8 \cdot \sigma_0} = 1.1 \text{ m}$$

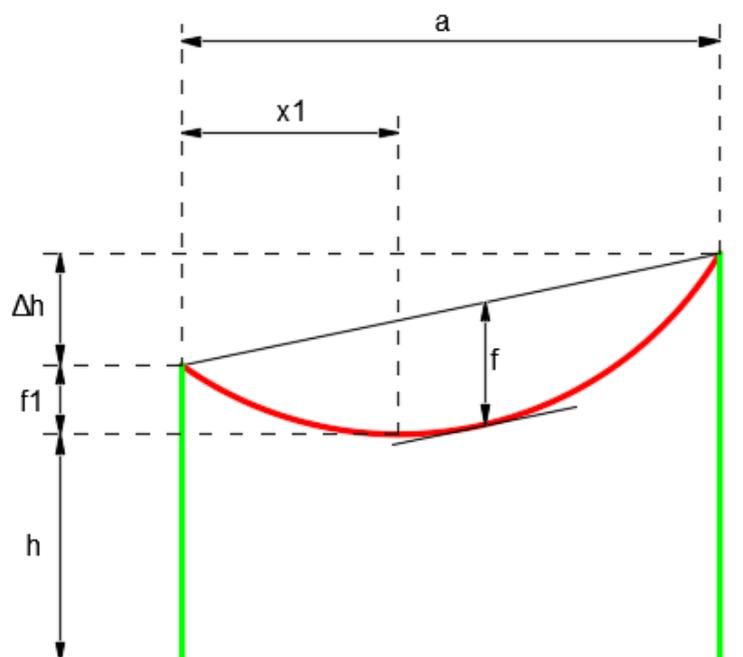
### 2.3 Cálculo de flechas

En los apoyos a igual nivel el punto más bajo del conductor corresponde al centro del vano donde se halla la flecha máxima. En apoyos a distinta altura la flecha máxima se calcula mediante la misma expresión, pero el punto más bajo ya no corresponde al de ésta y no se encuentra en el centro del vano. Para calcular las coordenadas de dicho punto utilizamos:

$$x_1 = \frac{a}{2} \cdot \left( 1 - \frac{\Delta h}{4 \cdot f} \right) \quad f_1 = \frac{x_1^2 \cdot g_I}{2 \cdot \sigma_I}$$

Donde:

- $x_1$  y  $f_1$  son las coordenadas horizontal y vertical del punto más bajo, respectivamente. Las coordenadas del punto más bajo se miden respecto al punto de sujeción correspondiente a la altura más baja.
- $\Delta h$  es la diferencia de altura entre los puntos de sujeción del conductor.
- $h$  es la altura libre.
- $f$  es la flecha para el estado de máxima temperatura.
- $g_I$  es la carga específica para el estado I.
- $\sigma_I$  es la tensión mecánica para el estado I.
- $a$  es el vano entre postes.



### Salida 5

Tramo 1-2 (Por calle Cjal. Veiga desde “de los Viñedos” hasta “Boulevard Ayuí”)

Vano N°	Piquete inicial	Piquete final	Longitud de Vano (m)	X <sub>1</sub> (m)	f <sub>1</sub> (m)
1	1	2	32	16,00	0,11
2	2	3	100	20,31	0,18
3	3	4	100	9,63	0,04
4	4	5	91	33,36	0,49
5	5	6	103	51,21	1,15
6	6	7	100	36,03	0,57
7	7	8	85,5	21,10	0,20
8	8	9	85,5	42,55	0,79
9	9	10	100	30,85	0,42
10	10	11	32	14,16	0,09

Tramo 2-3 (Por calle Cjal. Veiga desde “Boulevard Ayuí” hasta “Los Fresnos”)

Vano N°	Piquete inicial	Piquete final	Longitud de Vano (m)	X <sub>1</sub> (m)	f <sub>1</sub> (m)
11	11	12	100	40,11	0,71
12	12	13	100	17,50	0,13
13	13	14	100	42,59	0,80
14	14	15	71	27,32	0,33
15	15	16	71	30,56	0,41
16	16	17	100	38,02	0,63
17	17	18	100	-1,32	0,00
18	18	19	100	-9,31	0,04
19	19	20	100	-19,57	0,17
20	20	21	70	23,82	0,25

Tramo 3-4 (Por calle Monseñor Rösch desde “Los Fresnos” hasta “Carlos Kobalchu”)

Vano N°	Piquete inicial	Piquete final	Longitud de Vano (m)	X <sub>1</sub> (m)	f <sub>1</sub> (m)
21	21	22	100	27,19	0,32
22	22	23	54	22,07	0,21
23	23	24	100	38,59	0,65
24	24	25	100	12,36	0,07

25	25	26	66	32,35	0,46
26	26	27	67,5	13,07	0,07
27	27	28	67,5	15,64	0,11
28	28	29	68	32,19	0,45
29	29	30	97	29,86	0,39
30	30	31	100	-22,99	0,23
31	31	32	100	3,19	0,00
32	32	33	58	25,98	0,30
33	33	34	47	18,19	0,15
34	34	35	35	17,47	0,13

Tramo 4-5 (Por calle Monseñor Rösch desde “Carlos Kobalchu” hasta “Vuelta de Obligado”)

Vano N°	Piquete inicial	Piquete final	Longitud de Vano (m)	X <sub>1</sub> (m)	f <sub>1</sub> (m)
35	35	36	100	-19,09	0,16
36	36	37	90	43,97	0,85
37	37	38	100	15,78	0,11
38	38	39	100	17,50	0,13
39	39	40	100	39,17	0,67
40	40	41	69	2,23	0,00
41	41	42	69	-17,44	0,13
42	42	43	100	47,72	1,00
43	43	44	100	-12,73	0,07
44	44	45	110	43,71	0,84
45	45	46	82	34,85	0,53

Tramo 5-6 (Por calle Monseñor Rösch desde “Vuelta de Obligado” hasta “La Delfina”)

Vano N°	Piquete inicial	Piquete final	Longitud de Vano (m)	X <sub>1</sub> (m)	f <sub>1</sub> (m)
46	46	47	66,5	14,61	0,09
47	47	48	66,5	30,22	0,40
48	48	49	110	51,24	1,15
49	49	50	100	46,58	0,95
50	50	51	77	21,81	0,21
51	51	52	100	28,33	0,35
52	52	53	81	38,19	0,64
53	53	54	80	14,91	0,10

Tramo 6-7 (Por calle Monseñor Rösch desde “La Delfina” hasta “Javier Bordagaray”)

Vano N°	Piquete inicial	Piquete final	Longitud de Vano (m)	X <sub>1</sub> (m)	f <sub>1</sub> (m)
54	54	55	95	35,80	0,56
55	55	56	105	32,98	0,48
56	56	57	100	24,34	0,26
57	57	58	100	48,86	1,05
58	58	59	86	30,84	0,42
59	59	60	77	27,43	0,33
60	60	61	100	2,44	0,00
61	61	62	100	33,12	0,48
62	62	63	100	15,21	0,10
63	63	64	52	3,64	0,01

Tramo 7-8 (Por calle Monseñor Rösch desde “Javier Bordagaray” hasta “Aeropuerto”)

Vano N°	Piquete inicial	Piquete final	Longitud de Vano (m)	X <sub>1</sub> (m)	f <sub>1</sub> (m)
64	64	65	23	7,87	0,03
65	65	66	100	23,93	0,25
66	66	67	100	30,61	0,41
67	67	68	100	23,77	0,25
68	68	69	70	15,84	0,11
69	69	70	80	34,43	0,52
70	70	71	100	27,99	0,34
71	71	72	87	5,20	0,01
72	72	73	100	44,30	0,86
73	73	74	100	43,16	0,82
74	74	75	100	36,31	0,58
75	75	76	60	30,00	0,39
76	76	77	80	9,14	0,04

Tramo 8-9 (Por calle Monseñor Rösch desde “Aeropuerto” hasta “Rotonda 015”)

Vano N°	Piquete inicial	Piquete final	Longitud de Vano (m)	X <sub>1</sub> (m)	f <sub>1</sub> (m)
77	77	78	100	25,84	0,29
78	78	79	100	6,66	0,02
79	79	80	100	37,45	0,62

80	80	81	100	3,24	0,00
81	81	82	100	40,99	0,74
82	82	83	94	8,30	0,03
83	83	84	80	23,49	0,24
84	84	85	90	28,68	0,36
85	85	86	90	43,97	0,85
86	86	87	41	13,49	0,08
87	87	88	155	34,37	0,52

Tramo 5-10 (Por calle Vuelta de Obligado desde Av. Moseñor Rosch hasta Gualeguay)

Vano N°	Piquete inicial	Piquete final	Longitud de Vano (m)	X <sub>1</sub> (m)	f <sub>1</sub> (m)
88	46	89	10	5,00	0,01
89	89	90	90	15,66	0,11
90	90	91	100	50,00	1,10
91	91	92	100	34,03	0,51
92	92	93	75	30,23	0,40
93	93	94	90	28,06	0,35
94	94	95	90	26,52	0,31
95	95	96	100	27,19	0,32
96	96	97	100	43,16	0,82
97	97	98	100	29,47	0,38
98	98	99	89	11,34	0,06

Tramo 10-11 (Por calle Gualeguay desde Vuelta de Obligado hasta Transformador Negri-Rossi ExBodega Robinson)

Vano N°	Piquete inicial	Piquete final	Longitud de Vano (m)	X <sub>1</sub> (m)	f <sub>1</sub> (m)
99	99	100	13	6,45	0,02
100	100	101	100	32,13	0,45
101	101	102	100	31,75	0,44
102	102	103	100	47,15	0,98
103	103	104	100	16,93	0,13
104	104	105	100	16,35	0,12
105	105	106	100	36,31	0,58
106	106	107	83	34,87	0,53
107	107	108	83	40,93	0,73

Tramo 10-12 (Por Calle Vuelta de Obligado desde Gualeguay hasta Seccionador 69 )

Vano N°	Piquete inicial	Piquete final	Longitud de Vano (m)	X <sub>1</sub> (m)	f <sub>1</sub> (m)
108	99	109	100	0,01	0,00
109	109	110	100	43,16	0,82
110	110	111	100	26,62	0,31
111	111	112	110	18,62	0,15
112	112	113	100	43,16	0,82
113	113	114	100	28,33	0,35
114	114	115	86	17,01	0,13
115	115	116	75	18,17	0,14

**Salida 7**

Tramo 1-13 (Por calle "de los Viñedos" desde "Cjal Veiga" hasta "P. A. de Sarmiento")

Vano N°	Piquete inicial	Piquete final	Longitud de Vano (m)	X <sub>1</sub> (m)	f <sub>1</sub> (m)
116	1	117	100	-4,09	0,01
117	117	118	77	37,79	0,63
118	118	119	100	17,71	0,14
119	119	120	100	5,52	0,01
120	120	121	80	-34,45	0,52
120b	121	121b	80	22,45	0,22
121	121b	122	60	-1,022	0
122	122	123	100	47,5	1
123	123	124	72	29,3	0,37
124	124	125	100	39,42	0,68
125	125	126	100	26,05	0,30
126	126	127	101	27,46	0,33
127	127	128	50	18,39	0,15
128	128	129	100	10,77	0,05
129	129	130	100	31,75	0,44
130	130	131	60	26,65	0,31

Tramo 13-14 (Por calle P. A. de Sarmiento desde “de los Viñedos” hasta “Boulevard Ayuí”)

Vano N°	Piquete inicial	Piquete final	Longitud de Vano (m)	X <sub>1</sub> (m)	f <sub>1</sub> (m)
131	131	132	110	43,82	0,84
132	132	133	110	43,83	0,84
133	133	134	110	33,80	0,50
134	134	135	102	34,13	0,51
135	135	136	100	34,60	0,53
136	136	137	100	27,19	0,32
137	137	138	100	42,02	0,77
138	138	139	67	20,73	0,19

Tramo 14-16 (Por calle Boulevard Ayuí desde “P. A. de Sarmiento” hasta “Trafo Apícola Don Marcelo”)

Vano N°	Piquete inicial	Piquete final	Longitud de Vano (m)	X <sub>1</sub> (m)	f <sub>1</sub> (m)
139	139	140	100	27,52	0,33
140	140	141	64	17,34	0,13
141	141	142	100	5,42	0,01
142	142	143	90	17,80	0,14
143	143	144	109	32,74	0,47
144	144	145	109	17,65	0,14
145	145	146	110	-0,38	0,00
146	146	147	110	28,03	0,34
147	147	148	106	31,00	0,42

Tramo 15-17 (Por calle Boulevard Yuquerí desde “Boulevard Ayuí” hasta “Las Palmeras”)

Vano N°	Piquete inicial	Piquete final	Longitud de Vano (m)	X <sub>1</sub> (m)	f <sub>1</sub> (m)
148	145	149	75	-7,27	0,02
149	149	150	50	15,70	0,11
150	150	151	100	30,00	0,39
151	151	152	105	48,38	1,03
152	152	153	110	40,92	0,73

<b>153</b>	153	154	100	20,23	0,18
<b>154</b>	154	155	100	38,59	0,65
<b>155</b>	155	156	100	37,45	0,62
<b>156</b>	156	157	110	25,89	0,29
<b>157</b>	157	158	100	42,81	0,80
<b>158</b>	158	159	110	38,69	0,66

Tramo 17-18 (Por calle Las Palmeras desde “Boulevard Yuquerí” hasta “Trafo Gotte”)

<b>Vano N°</b>	<b>Piquete inicial</b>	<b>Piquete final</b>	<b>Longitud de Vano (m)</b>	<b>X<sub>1</sub> (m)</b>	<b>f<sub>1</sub> (m)</b>
<b>159</b>	160	161	42	2,73	0,00
<b>160</b>	161	162	100	31,75	0,44
<b>161</b>	162	163	100	47,15	0,98
<b>162</b>	163	164	100	34,60	0,53
<b>163</b>	164	165	100	15,21	0,10
<b>164</b>	165	166	65	31,39	0,43
<b>165</b>	166	167	25	12,50	0,07
<b>166</b>	167	168	100	50,00	1,10
<b>167</b>	168	169	46	21,53	0,20

Tramo 17-20 (Por calle Boulevard Yuquerí desde “Las Palmeras” hasta “Trafo Ragone”)

<b>Vano N°</b>	<b>Piquete inicial</b>	<b>Piquete final</b>	<b>Longitud de Vano (m)</b>	<b>X<sub>1</sub> (m)</b>	<b>f<sub>1</sub> (m)</b>
<b>168</b>	159	170	80	23,49	0,24
<b>169</b>	170	171	90	31,04	0,42
<b>170</b>	171	172	90	23,65	0,25
<b>171</b>	172	173	70	30,85	0,42
<b>172</b>	173	174	106	-6,24	0,02
<b>173</b>	174	175	21	8,82	0,03
<b>174</b>	175	176	100	46,58	0,95
<b>175</b>	176	177	100	14,07	0,09
<b>176</b>	177	178	100	35,74	0,56
<b>177</b>	178	179	100	39,17	0,67
<b>178</b>	179	180	100	43,16	0,82
<b>179</b>	180	181	110	13,60	0,08
<b>180</b>	181	182	103	-32,42	0,46

Tramo 19-20 (Por calle Hermana Clara desde “Boulevard Yuquerí” hasta “Trafo Granja Robinson Salerno”)

Vano N°	Piquete inicial	Piquete final	Longitud de Vano (m)	X <sub>1</sub> (m)	f <sub>1</sub> (m)
181	183	184	60	19,46	0,17
182	184	185	100	37,45	0,62
183	185	186	100	33,46	0,49
184	186	187	100	27,76	0,34
185	187	188	100	46,58	0,95
186	188	189	100	34,60	0,53
187	189	190	64	27,47	0,33

Tramo 20-21 (Por calle Boulevard Yuquerí desde “Trafo Ragone” hasta “Vuelta de Obligado”)

Vano N°	Piquete inicial	Piquete final	Longitud de Vano (m)	X <sub>1</sub> (m)	f <sub>1</sub> (m)
188	182	191	100	28,26	0,35
189	191	192	200	32,89	0,47
190	192	193	300	8,94	0,04
191	193	194	400	47,72	1,00
192	194	195	510	9,21	0,04
193	195	196	620	4,19	0,01
194	196	197	726	27,03	0,32
195	197	198	812	32,68	0,47

Tramo 12-22 (Por calle Vuelta de Obligado desde “Seccionador 69” hasta “Virgen de Fatima”)

Vano N°	Piquete inicial	Piquete final	Longitud de Vano (m)	X <sub>1</sub> (m)	f <sub>1</sub> (m)
196	116	199	100	1,41	0,00
197	199	200	100	34,03	0,51
198	200	198	52	12,36	0,07
199	198	201	81	24,49	0,26
200	201	202	100	19,58	0,17
201	202	203	100	43,73	0,84
202	203	204	100	15,78	0,11
203	204	205	100	42,59	0,80

<b>204</b>	205	206	100	19,21	0,16
<b>205</b>	206	207	100	39,74	0,69
<b>206</b>	207	208	110	30,54	0,41
<b>207</b>	208	209	110	21,75	0,21
<b>208</b>	209	210	107	46,64	0,95

Tramo 22-23 (Por calle Virgen de Fátima desde “Vuelta de Obligado” hasta “Trafo Opel Fincris SRL”)

<b>Vano N°</b>	<b>Piquete inicial</b>	<b>Piquete final</b>	<b>Longitud de Vano (m)</b>	<b>X<sub>1</sub> (m)</b>	<b>f<sub>1</sub> (m)</b>
<b>209</b>	210	211	31	14,12	0,09
<b>210</b>	211	212	100	38,62	0,65
<b>211</b>	212	213	100	38,59	0,65
<b>212</b>	213	214	100	10,65	0,05
<b>213</b>	214	215	100	28,33	0,35
<b>214</b>	215	216	100	27,76	0,34
<b>215</b>	216	217	100	27,19	0,32
<b>216</b>	217	218	100	22,65	0,23

Tramo 22-24 (Por calle Vuelta de Obligado desde “Virgen de Fatima” hasta “Galli”)

<b>Vano N°</b>	<b>Piquete inicial</b>	<b>Piquete final</b>	<b>Longitud de Vano (m)</b>	<b>X<sub>1</sub> (m)</b>	<b>f<sub>1</sub> (m)</b>
<b>217</b>	210	219	30	9,05	0,04
<b>218</b>	219	220	95	29,08	0,37
<b>219</b>	220	221	110	33,67	0,50
<b>220</b>	221	222	110	43,71	0,84
<b>221</b>	222	223	105	-4,02	0,01
<b>222</b>	223	224	110	35,81	0,56
<b>223</b>	224	225	110	51,24	1,15
<b>224</b>	225	226	110	25,52	0,29
<b>225</b>	226	227	100	44,30	0,86
<b>226</b>	227	228	102	44,17	0,86

Tramo 24-31 (Por calle Vuelta de Obligado desde “Galli” hasta “José A. Lescano”)

<b>Vano N°</b>	<b>Piquete inicial</b>	<b>Piquete final</b>	<b>Longitud de Vano (m)</b>	<b>X<sub>1</sub> (m)</b>	<b>f<sub>1</sub> (m)</b>
<b>227</b>	228	229	100	25,33	0,28

228	229	230	100	48,86	1,05
229	230	231	100	26,05	0,30
230	231	232	68	25,00	0,27
231	232	233	50	23,29	0,24
232	233	234	100	35,86	0,56
233	234	235	90	29,60	0,38
234	235	236	100	37,45	0,62
235	236	237	100	42,59	0,80
236	237	238	100	28,90	0,37
237	238	239	100	44,41	0,87

Tramo 31-27 (Por calle Vuelta de Obligado desde “Jose A. Lescano” hasta “Cruce 90 ° en dirección a trafo Dimeo”)

Vano N°	Piquete inicial	Piquete final	Longitud de Vano (m)	X <sub>1</sub> (m)	f <sub>1</sub> (m)
238	239	240	36	-0,27	0,00
239	240	241	100	15,90	0,11
240	241	242	100	37,45	0,62
241	242	243	100	43,73	0,84
242	243	244	100	34,03	0,51
243	244	245	100	11,79	0,06
244	245	246	100	28,33	0,35
245	246	247	100	42,02	0,77
246	247	248	100	18,07	0,14
247	248	249	100	39,74	0,69
248	249	250	76	31,07	0,42

Tramo 27-28 (Desde Cruce 90 ° en dirección a trafo Dimeo” hasta “Trafo Dominguez Agroberris”)

Vano N°	Piquete inicial	Piquete final	Longitud de Vano (m)	X <sub>1</sub> (m)	f <sub>1</sub> (m)
249	250	251	100	25,48	0,28
250	251	252	100	19,78	0,17
251	252	253	100	40,31	0,71
252	253	254	100	35,74	0,56
253	254	255	100	42,59	0,80
254	255	256	65	21,94	0,21
255	256	257	51	20,70	0,19

256	257	258	100	42,02	0,77
257	258	259	100	39,17	0,67
258	259	260	100	31,18	0,43
259	260	261	81	34,03	0,51
260	261	262	43	20,03	0,18
261	262	263	100	39,74	0,69
262	263	264	100	35,17	0,54
263	264	265	60	27,95	0,34

Tramo 25-26 (Por calle 3 desde “Vuelta de Obligado” hasta “trafo Policía”)

Vano N°	Piquete inicial	Piquete final	Longitud de Vano (m)	X <sub>1</sub> (m)	f <sub>1</sub> (m)
264	266	267	100	42,29	0,78
265	267	268	100	32,89	0,47
266	268	269	64	11,63	0,06

Tramo 24-29 (Por calle Galli desde “Vuelta de Obligado” hasta “Chacho Peñaloza”)

Vano N°	Piquete inicial	Piquete final	Longitud de Vano (m)	X <sub>1</sub> (m)	f <sub>1</sub> (m)
267	228	270	100	-0,90	0,00
268	270	271	110	53,75	1,27
269	271	272	110	43,08	0,81
270	272	273	107	48,62	1,04

Tramo 29-30 (Por Calle “Chacho Peñaloza” desde “Galli” hasta “Trafo Estación FFCC”)

Vano N°	Piquete inicial	Piquete final	Longitud de Vano (m)	X <sub>1</sub> (m)	f <sub>1</sub> (m)
271	273	274	90	29,65	0,39
272	274	275	90	25,50	0,29
273	275	276	56	17,34	0,13
274	276	277	100	33,68	0,50
275	277	278	100	38,02	0,63
276	278	279	109	32,28	0,46

Tramo 29-32 (Por "Galli" desde "Chacho Peñaloza" hasta "Trafo Lopez Jose (ex Galli)")

Vano N°	Piquete inicial	Piquete final	Longitud de Vano (m)	X <sub>1</sub> (m)	f <sub>1</sub> (m)
277	279	280	90	20,36	0,18
278	280	281	90	29,60	0,38
279	281	282	90	36,79	0,59
280	282	283	78	33,84	0,50
281	283	284	90	21,60	0,20
282	284	285	90	42,95	0,81
283	285	286	86	34,17	0,51
284	286	287	90	31,66	0,44
285	287	288	90	26,52	0,31
286	288	289	77	36,57	0,59

Tramo 32-33 (Por "Galli" desde "Trafo Lopez Jose (ex Galli)" hasta "Trafo Najansky Passarello")

Vano N°	Piquete inicial	Piquete final	Longitud de Vano (m)	X <sub>1</sub> (m)	f <sub>1</sub> (m)
287	289	290	100	-2,24	0,00
288	290	291	100	31,75	0,44
289	291	292	100	24,91	0,27
290	292	293	100	36,31	0,58
291	293	294	100	46,58	0,95
292	294	295	100	30,04	0,40
293	295	296	81	34,09	0,51
294	296	297	68	33,95	0,51
295	297	298	19	8,74	0,03
296	298	299	37	16,36	0,12
297	299	300	110	38,19	0,64
298	300	301	110	26,15	0,30
299	301	302	110	40,57	0,72
300	302	303	105	29,58	0,38

Tramo 33-34 (Por "Galli" desde "Trafo Najansky Passarello" hasta "Trafo Zanandrea ")

Vano N°	Piquete inicial	Piquete final	Longitud de Vano (m)	X <sub>1</sub> (m)	f <sub>1</sub> (m)
301	303	304	110	39,14	0,67
302	304	305	110	46,22	0,94
303	305	306	100	46,58	0,95
304	306	307	100	50,00	1,10
305	307	308	100	25,02	0,27
306	308	309	106	38,98	0,67
307	309	310	100	47,72	1,00
308	310	311	100	14,64	0,09
309	311	312	100	35,17	0,54
310	312	313	104	48,26	1,02

### Cierre anillo

A - B

Vano N°	Piquete inicial	Piquete final	Longitud de Vano (m)	X <sub>1</sub> (m)	f <sub>1</sub> (m)
311	314	315	100	36,77	0,59
312	315	316	100	13,50	0,08
313	316	317	100	26,62	0,31
314	317	318	100	15,21	0,10
315	318	319	100	2,10	0,00
316	319	320	100	39,74	0,69
317	320	321	100	15,78	0,11
318	321	322	100	46,58	0,95
319	322	323	100	12,36	0,07
320	323	324	100	6,66	0,02
321	324	325	100	5,52	0,01

B - C

Vano N°	Piquete inicial	Piquete final	Longitud de Vano (m)	X <sub>1</sub> (m)	f <sub>1</sub> (m)
322	325	326	100	8,94	0,04
323	326	327	100	14,64	0,09
324	327	328	100	39,17	0,67

<b>325</b>	328	329	100	31,75	0,44
<b>326</b>	329	330	100	1,53	0,00
<b>327</b>	330	331	100	16,93	0,13
<b>328</b>	331	332	100	46,58	0,95
<b>329</b>	332	333	100	3,24	0,00
<b>330</b>	333	334	100	-15,01	0,10
<b>331</b>	334	335	100	32,89	0,47
<b>332</b>	335	336	100	30,61	0,41

C - 9

<b>Vano N°</b>	<b>Piquete inicial</b>	<b>Piquete final</b>	<b>Longitud de Vano (m)</b>	<b>X<sub>1</sub> (m)</b>	<b>f<sub>1</sub> (m)</b>
<b>333</b>	336	337	100	32,89	0,47
<b>334</b>	337	338	100	48,86	1,05
<b>335</b>	338	339	100	47,72	1,00
<b>336</b>	339	340	100	39,74	0,69
<b>337</b>	340	341	100	20,35	0,18
<b>338</b>	341	342	100	22,63	0,22
<b>339</b>	342	343	100	38,59	0,65
<b>340</b>	343	344	75	34,08	0,51
<b>341</b>	344	345	75	12,27	0,07
<b>342</b>	345	88	102	35,99	0,57

## 2.4 Cálculo de tablas de tendido

La tabla de tendido se realiza para cada tramo entre dos retenciones de una línea. El mismo está constituido por una serie de soportes de suspensión y limitado por dos soportes de retención.

Los aisladores no deben absorber las diferencias de tensiones debidas a las distintas longitudes de los vanos del tramo, o a las variaciones de las condiciones meteorológicas, por lo tanto, es necesario que la tensión de los cables sea la misma en todos los vanos del tramo.

La tensión variará si lo hace la temperatura, las condiciones atmosféricas y las sobrecargas pero en todo momento deberá tener un valor uniforme a lo largo del tramo de línea entre retenciones. Las variaciones de tensión al presentarse los efectos mencionados son, dentro de ciertos límites, las mismas que se producirían en un vano teórico o hipotético denominado vano regulación.

Para cada tramo entre dos retenciones de soportes dispuestos a igual nivel, la ecuación del vano de regulación es la siguiente:

$$a_r = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n a_i^3}{\sum_{i=1}^n a_i}}$$

donde n es el número de vanos.

El flechado de los conductores no se realiza en circunstancias de las condiciones climáticas más desfavorables, por lo tanto es necesario calcular el valor de la tensión para otras condiciones atmosféricas. La tarea de flechado se ejecuta cuando son despreciables los efectos del viento e inexistentes las cargas de manguito de hielo, es decir, cuando la carga específica solo depende del peso propio y por lo tanto se cuenta con una flecha vertical. Entonces, la tarea de flechado se lleva a cabo a partir de los resultados obtenidos de la denominada Tabla de tendido, que se obtiene por la aplicación de la Ecuación General de Cambio de Estado donde las variaciones son debidas exclusivamente a las temperaturas y que para los distintos grados de la misma fija los respectivos valores de tensión y flecha a que están sometidos los cables.

La tensión del conductor  $\sigma_x$  a la temperatura  $t_x$  se obtiene a partir de la Ecuación General de Cambio de Estado, a partir de un estado básico, el mismo no debe considerar el peso de manguito de hielo ni viento, por lo que es recomendable utilizar el estado I o V como básico a fin que tengan efecto solo los cambios de temperatura.

La flecha del conductor para el vano de regulación se obtiene mediante:

$$f_r = \frac{a_r^2 \cdot g}{8 \cdot \sigma_x}$$

Como la tensión  $\sigma_x$  en los distintos vanos del tramo debe ser la misma y además igual a la del vano de regulación, para cada grado de temperatura  $t_x$  se debe cumplir la siguiente condición:

$$\sigma_x = \frac{a_r^2 \cdot g}{8 \cdot f_r} = \frac{a_1^2 \cdot g}{8 \cdot f_1} \dots \dots \dots \frac{a_n^2 \cdot g}{8 \cdot f_n}$$

De modo que efectuando la tabla de tendido para el vano de regulación, pueden obtenerse los valores de la flecha, para cada grado de temperatura, en cada uno de los vanos del tramo por la ecuación:

$$f_i = f_r \cdot \left( \frac{a_i}{a_r} \right)^2$$

### Medición de la flecha por el método de la onda de retorno

El método consiste en que un individuo golpee secamente el conductor con la mano o desde tierra con una soga, con el fin de producir un impulso mecánico que viajará en forma de onda y se reflejará en la estructura alejada un vano del individuo. Las sucesivas reflexiones continuarán hasta que la energía de la onda se disipe totalmente. En el momento de producirse el golpe se cuenta cero y en ese instante se acciona un cronómetro, se cuenta cada retorno hasta el décimo y en ese momento se lo detiene, por lo tanto se mide el tiempo empleado por la onda en recorrer diez veces ida y vuelta el vano seleccionado para efectuar la medición. La ejecución de esta tarea no debe efectuarse con viento, tampoco en vanos donde la línea pueda tocar objetos extraños (por ejemplo ramas).

La fórmula a emplear para determinar el tiempo (en segundos) de la décima onda de retorno, en función de la flecha (en metros) es la siguiente:

$$t = \sqrt{\frac{f}{0.003064}}$$

### Cálculo de la tabla de tendido

A modo de ejemplo estudiamos el tramo 1 de Salida 5 entre los piquetes 4 y 10 con conductores de 95 mm<sup>2</sup> de sección.

Datos

$$S_c := 94.76 \text{ mm}^2 \quad \text{sección real del conductor}$$

$$E := 5700 \frac{\text{daN}}{\text{mm}^2} \quad \text{módulo de elasticidad del cable}$$

$$\alpha := \frac{23}{1000000 \text{ }^\circ\text{C}} \quad \text{coeficiente de dilatación térmica del cable}$$

$$g_V := 0.002692 \frac{\text{daN}}{\text{m} \cdot \text{mm}^2} \quad \text{carga específica para estado V (estado básico)}$$

$$\sigma_V := 5.588 \frac{\text{daN}}{\text{mm}^2} \quad \text{tensión admisible de estado V (estado básico)}$$

$$t_V := 16 \text{ }^\circ\text{C} \quad \text{temperatura estado V (estado básico)}$$

$$t_x := 0 \text{ }^\circ\text{C} \quad \text{temperatura de estado x (variable)}$$

$$g_x := g_V = 0.00269 \frac{\text{daN}}{\text{m} \cdot \text{mm}^2} \quad \text{carga específica para estado x (invariable)}$$

El vano de regulación es

$$a_r := \sqrt{\frac{(91)^3 + (103)^3 + (100)^3 + (85.5)^3 + (85.5)^3 + (100)^3}{91 + 103 + 100 + 85.5 + 85.5 + 100}} \cdot 1 \text{ m} = 94.97 \text{ m}$$

Resolvemos la ecuación de cambio de estado:

$$A := - \left( \sigma_V - \frac{a_r^2 \cdot E \cdot g_V^2}{24 \cdot \sigma_V^2} + \alpha \cdot E \cdot (t_V - t_x) \right) \cdot \frac{1}{\frac{\text{daN}}{\text{mm}^2}} = -7.188$$

$$B := - \frac{a_r^2 \cdot E \cdot g_x^2}{24} \cdot \frac{1}{\left( \frac{\text{daN}}{\text{mm}^2} \right)^3} = -15.525$$

El vector de coeficientes del polinomio cúbico es:

$$v := \begin{bmatrix} B \\ 0 \\ A \\ 1 \end{bmatrix}$$

Las raíces del polinomio cúbico son las tensiones admisibles del estado x:

$$\text{polyroots}(v) = \begin{bmatrix} -0.139 - 1.435i \\ -0.139 + 1.435i \\ 7.466 \end{bmatrix}$$

$$\text{real} := \text{submatrix}(\text{polyroots}(v), 2, 2, 0, 0) = [7.466]$$

$$\sigma_x := \text{real}(0, 0) \cdot \frac{daN}{mm^2} = 7.466 \frac{daN}{mm^2}$$

El tiro del conductor es:

$$T_c := \sigma_x \cdot S_c = 707.5 \text{ daN}$$

La flecha del conductor para el vano de regulación es:

$$f_r := \frac{a_r^2 \cdot g_x}{8 \cdot \sigma_x} = 0.41 \text{ m}$$

El tiempo de la décima onda de retorno, en función de la flecha correspondiente al vano de regulación es:

$$t := \sqrt{\frac{f_r \cdot \frac{1}{cm}}{0.3064}} \cdot 1 \text{ s} = 11.52 \text{ s}$$

Para armar la tabla de tendido se deben repetir estos cálculos para distintas temperaturas, desde 0 °C hasta 45 °C.

## Tramos de estudio

### Salida 5

Tramo	Piquete inicial	Piquete final	Tipo	Vano de Regulación [m]	Sección de conductores [mm2]
Tramo 1	4	10	urbano	94,97	95
Tramo 2	10	16	urbano	88,93	95
Tramo 3	16	26	urbano	93,54	95
Tramo 4	28	35	urbano	84,07	95
Tramo 5	35	45	urbano	96,40	95
Tramo 6	45	54	urbano	88,46	70
Tramo 7	54	64	urbano	94,94	70
Tramo 8	65	77	urbano	92,63	70
Tramo 9	77	87	urbano	93,77	70
Tramo 10	89	100	urbano	93,71	70
Tramo 11	100	108	urbano	96,57	70
Tramo 12	109	116	urbano	97,58	70

### Salida 7

Tramo	Piquete inicial	Piquete final	Tipo	Vano de Regulación [m]	Sección de conductores [mm2]
Tramo 13	1	124	urbano	88,84	95
Tramo 14	124	131	urbano	93,76	95
Tramo 15	131	139	urbano	102,26	95
Tramo 16	139	145	rural	98,78	95
Tramo 17	145	148	rural	108,72	95
Tramo 18	149	159	rural	102,14	95
Tramo 19	161	166	rural	95,88	95
Tramo 20	159	174	rural	85,15	95
Tramo 21	175	182	rural	102,04	95
Tramo 22	184	190	rural	96,59	95
Tramo 23	182	197	rural	102,25	95
Tramo 24	116	198	rural	92,17	70
Tramo 25	201	210	rural	103,27	70
Tramo 26	211	218	rural	100,00	70
Tramo 27	219	228	rural	106,17	70
Tramo 28	228	232	urbano	94,90	70
Tramo 29	233	240	urbano	96,05	70
Tramo 30	240	250	rural	98,34	70
Tramo 31	250	256	rural	96,62	70

<b>Tramo 32</b>	257	261	rural	96,27	70
<b>Tramo 33</b>	262	265	rural	92,32	70
<b>Tramo 34</b>	266	269	urbano	92,57	70
<b>Tramo 35</b>	228	273	urbano	106,98	70
<b>Tramo 36</b>	273	276	urbano	83,20	70
<b>Tramo 37</b>	273	279	urbano	103,26	70
<b>Tramo 38</b>	279	286	rural	88,01	70
<b>Tramo 39</b>	286	296	rural	94,89	70
<b>Tramo 40</b>	299	306	rural	108,04	70
<b>Tramo 41</b>	306	313	rural	101,51	70
<b>Tramo 42</b>	314	325	rural	100,00	70
<b>Tramo 43</b>	325	336	rural	100,00	70
<b>Tramo 44</b>	336	345	rural	96,72	70

Cierre de anillo en Ruta 015

<b>Tramo</b>	<b>Piquete inicial</b>	<b>Piquete final</b>	<b>Tipo</b>	<b>Vano de Regulación [m]</b>	<b>Sección de conductores [mm2]</b>
<b>Tramo 45</b>	314	325	urbano	100,00	70
<b>Tramo 46</b>	325	336	urbano	100,00	70
<b>Tramo 47</b>	336	88	urbano	96,06	70

Tramo 1

---

>> tendido95

El vano de regulación en metros es: 94.97

La tabla de tendido es:

Temperatura [°C]	Tensión [daN/mm2]	Tiro [daN]	Flecha [m]	Tiempo [s]
0	7.47	707.6	0.41	11.52
1	7.35	696.0	0.41	11.61
2	7.22	684.5	0.42	11.71
3	7.10	673.1	0.43	11.81
4	6.98	661.7	0.43	11.91
5	6.86	650.3	0.44	12.01
6	6.74	639.0	0.45	12.12
7	6.62	627.7	0.46	12.23
8	6.51	616.5	0.47	12.34
9	6.39	605.4	0.48	12.45
10	6.27	594.3	0.48	12.57
11	6.16	583.3	0.49	12.68
12	6.04	572.4	0.50	12.81
13	5.93	561.6	0.51	12.93
14	5.81	550.8	0.52	13.05
15	5.70	540.1	0.53	13.18
16	5.59	529.5	0.54	13.31
17	5.48	519.0	0.55	13.45
18	5.37	508.6	0.57	13.58
19	5.26	498.3	0.58	13.72
20	5.15	488.1	0.59	13.87
21	5.05	478.1	0.60	14.01
22	4.94	468.1	0.61	14.16
23	4.84	458.3	0.63	14.31
24	4.73	448.6	0.64	14.46
25	4.63	439.1	0.65	14.62
26	4.53	429.7	0.67	14.78
27	4.44	420.5	0.68	14.94
28	4.34	411.4	0.70	15.11
29	4.25	402.5	0.71	15.27
30	4.15	393.7	0.73	15.44
31	4.06	385.1	0.75	15.61
32	3.98	376.7	0.76	15.78
33	3.89	368.5	0.78	15.96
34	3.80	360.5	0.80	16.14
35	3.72	352.6	0.82	16.32
36	3.64	345.0	0.83	16.50
37	3.56	337.5	0.85	16.68
38	3.48	330.2	0.87	16.86
39	3.41	323.2	0.89	17.04
40	3.34	316.3	0.91	17.23
41	3.27	309.6	0.93	17.41
42	3.20	303.1	0.95	17.60
43	3.13	296.9	0.97	17.78
44	3.07	290.8	0.99	17.97
45	3.01	284.9	1.01	18.15

>>

Tramo 2

---

>> tendido95

El vano de regulación en metros es: 88.93

La tabla de tendido es:

Temperatura [°C]	Tensión [daN/mm2]	Tiro [daN]	Flecha [m]	Tiempo [s]
0	7.49	710.0	0.36	10.77
1	7.37	698.3	0.36	10.86
2	7.25	686.7	0.37	10.95
3	7.12	675.1	0.37	11.04
4	7.00	663.6	0.38	11.14
5	6.88	652.1	0.39	11.23
6	6.76	640.7	0.39	11.33
7	6.64	629.3	0.40	11.44
8	6.52	617.9	0.41	11.54
9	6.40	606.6	0.42	11.65
10	6.28	595.4	0.42	11.76
11	6.17	584.3	0.43	11.87
12	6.05	573.2	0.44	11.98
13	5.93	562.1	0.45	12.10
14	5.82	551.2	0.46	12.22
15	5.70	540.3	0.47	12.34
16	5.59	529.5	0.48	12.47
17	5.48	518.8	0.49	12.60
18	5.36	508.2	0.50	12.73
19	5.25	497.7	0.51	12.86
20	5.14	487.3	0.52	13.00
21	5.03	477.0	0.53	13.14
22	4.93	466.8	0.54	13.28
23	4.82	456.8	0.55	13.42
24	4.72	446.8	0.56	13.57
25	4.61	437.0	0.58	13.72
26	4.51	427.4	0.59	13.88
27	4.41	417.9	0.60	14.03
28	4.31	408.5	0.62	14.19
29	4.21	399.3	0.63	14.36
30	4.12	390.3	0.65	14.52
31	4.03	381.5	0.66	14.69
32	3.93	372.8	0.68	14.86
33	3.84	364.3	0.69	15.03
34	3.76	356.0	0.71	15.21
35	3.67	347.9	0.72	15.38
36	3.59	340.0	0.74	15.56
37	3.51	332.2	0.76	15.74
38	3.43	324.7	0.78	15.92
39	3.35	317.4	0.79	16.10
40	3.27	310.3	0.81	16.29
41	3.20	303.4	0.83	16.47
42	3.13	296.7	0.85	16.65
43	3.06	290.3	0.87	16.84
44	3.00	284.0	0.89	17.02
45	2.93	277.9	0.91	17.21

>>

Tramo 3

---

>> tendido95

El vano de regulación en metros es: 93.54

La tabla de tendido es:

Temperatura [°C]	Tensión [daN/mm2]	Tiro [daN]	Flecha [m]	Tiempo [s]
0	7.47	708.1	0.39	11.34
1	7.35	696.6	0.40	11.43
2	7.23	685.0	0.41	11.53
3	7.11	673.6	0.41	11.63
4	6.99	662.1	0.42	11.73
5	6.87	650.7	0.43	11.83
6	6.75	639.4	0.44	11.93
7	6.63	628.1	0.44	12.04
8	6.51	616.9	0.45	12.15
9	6.39	605.7	0.46	12.26
10	6.27	594.6	0.47	12.38
11	6.16	583.6	0.48	12.49
12	6.04	572.6	0.49	12.61
13	5.93	561.7	0.50	12.73
14	5.81	550.9	0.51	12.86
15	5.70	540.2	0.52	12.98
16	5.59	529.5	0.53	13.11
17	5.48	519.0	0.54	13.25
18	5.37	508.5	0.55	13.38
19	5.26	498.2	0.56	13.52
20	5.15	487.9	0.57	13.66
21	5.04	477.8	0.58	13.80
22	4.94	467.8	0.60	13.95
23	4.83	458.0	0.61	14.10
24	4.73	448.2	0.62	14.25
25	4.63	438.6	0.64	14.41
26	4.53	429.2	0.65	14.57
27	4.43	419.9	0.66	14.73
28	4.33	410.7	0.68	14.89
29	4.24	401.7	0.69	15.06
30	4.15	392.9	0.71	15.22
31	4.06	384.3	0.73	15.39
32	3.97	375.8	0.74	15.57
33	3.88	367.5	0.76	15.74
34	3.79	359.4	0.78	15.92
35	3.71	351.5	0.79	16.10
36	3.63	343.8	0.81	16.27
37	3.55	336.3	0.83	16.46
38	3.47	328.9	0.85	16.64
39	3.40	321.8	0.87	16.82
40	3.32	314.9	0.89	17.00
41	3.25	308.2	0.91	17.19
42	3.18	301.6	0.92	17.37
43	3.12	295.3	0.94	17.56
44	3.05	289.2	0.96	17.74
45	2.99	283.3	0.98	17.93

>>

Tramo 4

---

---

&gt;&gt; tendido95

El vano de regulación en metros es: 84.07

La tabla de tendido es:

Temperatura [°C]	Tensión [daN/mm2]	Tiro [daN]	Flecha [m]	Tiempo [s]
0	7.51	711.8	0.32	10.17
1	7.39	700.1	0.32	10.25
2	7.26	688.4	0.33	10.34
3	7.14	676.7	0.33	10.43
4	7.02	665.1	0.34	10.52
5	6.90	653.5	0.34	10.61
6	6.77	642.0	0.35	10.70
7	6.65	630.5	0.36	10.80
8	6.53	619.0	0.36	10.90
9	6.41	607.6	0.37	11.00
10	6.29	596.3	0.38	11.11
11	6.17	585.0	0.39	11.21
12	6.05	573.7	0.39	11.32
13	5.94	562.6	0.40	11.43
14	5.82	551.5	0.41	11.55
15	5.70	540.5	0.42	11.67
16	5.59	529.5	0.43	11.79
17	5.47	518.7	0.43	11.91
18	5.36	507.9	0.44	12.03
19	5.25	497.2	0.45	12.16
20	5.14	486.6	0.46	12.29
21	5.02	476.1	0.47	12.43
22	4.92	465.8	0.48	12.57
23	4.81	455.5	0.49	12.71
24	4.70	445.4	0.51	12.85
25	4.59	435.4	0.52	13.00
26	4.49	425.5	0.53	13.15
27	4.39	415.8	0.54	13.30
28	4.29	406.2	0.55	13.46
29	4.19	396.8	0.57	13.61
30	4.09	387.6	0.58	13.78
31	3.99	378.5	0.60	13.94
32	3.90	369.6	0.61	14.11
33	3.81	360.9	0.62	14.28
34	3.72	352.4	0.64	14.45
35	3.63	344.0	0.66	14.62
36	3.54	335.9	0.67	14.80
37	3.46	328.0	0.69	14.98
38	3.38	320.2	0.70	15.16
39	3.30	312.7	0.72	15.34
40	3.22	305.4	0.74	15.52
41	3.15	298.3	0.76	15.70
42	3.08	291.5	0.77	15.89
43	3.01	284.8	0.79	16.07
44	2.94	278.4	0.81	16.26
45	2.87	272.1	0.83	16.44

&gt;&gt;

Tramo 5

---

>> tendido95

El vano de regulación en metros es: 96.40

La tabla de tendido es:

Temperatura [°C]	Tensión [daN/mm2]	Tiro [daN]	Flecha [m]	Tiempo [s]
0	7.46	707.0	0.42	11.70
1	7.34	695.5	0.43	11.79
2	7.22	684.0	0.43	11.89
3	7.10	672.6	0.44	11.99
4	6.98	661.2	0.45	12.09
5	6.86	649.9	0.46	12.20
6	6.74	638.6	0.46	12.31
7	6.62	627.4	0.47	12.42
8	6.50	616.2	0.48	12.53
9	6.39	605.1	0.49	12.64
10	6.27	594.1	0.50	12.76
11	6.15	583.1	0.51	12.88
12	6.04	572.2	0.52	13.00
13	5.92	561.4	0.53	13.12
14	5.81	550.7	0.54	13.25
15	5.70	540.1	0.55	13.38
16	5.59	529.5	0.56	13.51
17	5.48	519.1	0.57	13.65
18	5.37	508.7	0.58	13.79
19	5.26	498.5	0.59	13.93
20	5.15	488.4	0.61	14.07
21	5.05	478.3	0.62	14.22
22	4.94	468.5	0.63	14.37
23	4.84	458.7	0.65	14.52
24	4.74	449.1	0.66	14.67
25	4.64	439.6	0.67	14.83
26	4.54	430.3	0.69	14.99
27	4.44	421.1	0.70	15.15
28	4.35	412.1	0.72	15.32
29	4.25	403.2	0.73	15.49
30	4.16	394.5	0.75	15.66
31	4.07	386.0	0.77	15.83
32	3.99	377.6	0.78	16.00
33	3.90	369.5	0.80	16.18
34	3.81	361.5	0.82	16.36
35	3.73	353.7	0.84	16.54
36	3.65	346.1	0.86	16.72
37	3.57	338.7	0.87	16.90
38	3.50	331.5	0.89	17.08
39	3.42	324.5	0.91	17.26
40	3.35	317.7	0.93	17.45
41	3.28	311.1	0.95	17.63
42	3.21	304.6	0.97	17.82
43	3.15	298.4	0.99	18.00
44	3.09	292.4	1.01	18.19
45	3.02	286.5	1.03	18.37

>>

Tramo 6

---

>> tendido70

El vano de regulación en metros es: 88.46

La tabla de tendido es:

Temperatura [°C]	Tensión [daN/mm2]	Tiro [daN]	Flecha [m]	Tiempo [s]
0	7.49	516.9	0.35	10.73
1	7.37	508.4	0.36	10.82
2	7.25	500.0	0.36	10.91
3	7.13	491.6	0.37	11.00
4	7.01	483.2	0.38	11.10
5	6.88	474.8	0.38	11.19
6	6.76	466.5	0.39	11.29
7	6.64	458.2	0.40	11.40
8	6.52	449.9	0.41	11.50
9	6.40	441.7	0.41	11.61
10	6.29	433.5	0.42	11.71
11	6.17	425.4	0.43	11.83
12	6.05	417.3	0.44	11.94
13	5.93	409.3	0.45	12.06
14	5.82	401.3	0.45	12.18
15	5.70	393.4	0.46	12.30
16	5.59	385.5	0.47	12.42
17	5.48	377.7	0.48	12.55
18	5.36	370.0	0.49	12.68
19	5.25	362.4	0.50	12.81
20	5.14	354.8	0.51	12.95
21	5.04	347.3	0.52	13.09
22	4.93	339.9	0.54	13.23
23	4.82	332.5	0.55	13.38
24	4.72	325.3	0.56	13.52
25	4.61	318.2	0.57	13.67
26	4.51	311.1	0.59	13.83
27	4.41	304.2	0.60	13.98
28	4.31	297.4	0.61	14.14
29	4.22	290.7	0.63	14.31
30	4.12	284.1	0.64	14.47
31	4.03	277.7	0.66	14.64
32	3.93	271.4	0.67	14.81
33	3.84	265.2	0.69	14.98
34	3.76	259.1	0.70	15.15
35	3.67	253.2	0.72	15.33
36	3.59	247.4	0.74	15.51
37	3.51	241.8	0.75	15.68
38	3.43	236.4	0.77	15.87
39	3.35	231.0	0.79	16.05
40	3.27	225.9	0.81	16.23
41	3.20	220.8	0.83	16.41
42	3.13	216.0	0.84	16.60
43	3.06	211.2	0.86	16.78
44	3.00	206.7	0.88	16.97
45	2.93	202.2	0.90	17.15

>>

Tramo 7

---

>> tendido70

El vano de regulación en metros es: 94.94

La tabla de tendido es:

Temperatura [°C]	Tensión [daN/mm2]	Tiro [daN]	Flecha [m]	Tiempo [s]
0	7.47	515.0	0.41	11.53
1	7.35	506.6	0.41	11.63
2	7.22	498.3	0.42	11.73
3	7.10	489.9	0.43	11.83
4	6.98	481.6	0.44	11.93
5	6.86	473.4	0.44	12.03
6	6.74	465.2	0.45	12.14
7	6.63	457.0	0.46	12.25
8	6.51	448.8	0.47	12.36
9	6.39	440.7	0.48	12.47
10	6.27	432.7	0.49	12.58
11	6.16	424.7	0.49	12.70
12	6.04	416.7	0.50	12.82
13	5.93	408.8	0.51	12.95
14	5.81	401.0	0.52	13.07
15	5.70	393.2	0.53	13.20
16	5.59	385.5	0.54	13.33
17	5.48	377.9	0.56	13.47
18	5.37	370.3	0.57	13.60
19	5.26	362.9	0.58	13.74
20	5.15	355.5	0.59	13.88
21	5.05	348.1	0.60	14.03
22	4.94	340.9	0.62	14.18
23	4.84	333.8	0.63	14.33
24	4.74	326.7	0.64	14.48
25	4.64	319.8	0.66	14.64
26	4.54	313.0	0.67	14.80
27	4.44	306.2	0.69	14.96
28	4.34	299.6	0.70	15.12
29	4.25	293.2	0.72	15.29
30	4.16	286.8	0.73	15.46
31	4.07	280.6	0.75	15.63
32	3.98	274.4	0.77	15.80
33	3.89	268.5	0.78	15.98
34	3.81	262.6	0.80	16.15
35	3.73	256.9	0.82	16.33
36	3.64	251.4	0.84	16.51
37	3.57	245.9	0.85	16.69
38	3.49	240.7	0.87	16.87
39	3.41	235.5	0.89	17.06
40	3.34	230.5	0.91	17.24
41	3.27	225.7	0.93	17.43
42	3.20	221.0	0.95	17.61
43	3.14	216.4	0.97	17.80
44	3.07	212.0	0.99	17.98
45	3.01	207.7	1.01	18.16

>>

Tramo 8

---

---

&gt;&gt; tendido70

El vano de regulación en metros es: 92.63

La tabla de tendido es:

Temperatura [°C]	Tensión [daN/mm2]	Tiro [daN]	Flecha [m]	Tiempo [s]
0	7.48	515.7	0.39	11.25
1	7.36	507.3	0.39	11.34
2	7.23	498.9	0.40	11.43
3	7.11	490.5	0.41	11.53
4	6.99	482.2	0.41	11.63
5	6.87	473.9	0.42	11.73
6	6.75	465.6	0.43	11.84
7	6.63	457.4	0.44	11.94
8	6.51	449.2	0.44	12.05
9	6.40	441.1	0.45	12.16
10	6.28	433.0	0.46	12.27
11	6.16	424.9	0.47	12.39
12	6.05	416.9	0.48	12.51
13	5.93	409.0	0.49	12.63
14	5.82	401.1	0.50	12.75
15	5.70	393.3	0.51	12.88
16	5.59	385.5	0.52	13.01
17	5.48	377.8	0.53	13.14
18	5.37	370.2	0.54	13.27
19	5.26	362.7	0.55	13.41
20	5.15	355.2	0.56	13.55
21	5.04	347.8	0.57	13.69
22	4.94	340.5	0.59	13.84
23	4.83	333.3	0.60	13.99
24	4.73	326.2	0.61	14.14
25	4.63	319.2	0.63	14.30
26	4.53	312.3	0.64	14.45
27	4.43	305.5	0.65	14.61
28	4.33	298.8	0.67	14.77
29	4.24	292.3	0.68	14.94
30	4.14	285.8	0.70	15.11
31	4.05	279.5	0.72	15.28
32	3.96	273.4	0.73	15.45
33	3.88	267.3	0.75	15.62
34	3.79	261.4	0.76	15.80
35	3.71	255.6	0.78	15.98
36	3.62	250.0	0.80	16.15
37	3.54	244.5	0.82	16.33
38	3.47	239.1	0.84	16.52
39	3.39	233.9	0.85	16.70
40	3.32	228.9	0.87	16.88
41	3.25	224.0	0.89	17.07
42	3.18	219.2	0.91	17.25
43	3.11	214.6	0.93	17.44
44	3.05	210.1	0.95	17.62
45	2.98	205.8	0.97	17.81

&gt;&gt;

Tramo 9

>> tendido70

El vano de regulación en metros es: 93.77

La tabla de tendido es:

Temperatura [°C]	Tensión [daN/mm2]	Tiro [daN]	Flecha [m]	Tiempo [s]
0	7.47	515.4	0.40	11.39
1	7.35	507.0	0.40	11.48
2	7.23	498.6	0.41	11.58
3	7.11	490.2	0.42	11.68
4	6.99	481.9	0.43	11.78
5	6.87	473.6	0.43	11.88
6	6.75	465.4	0.44	11.98
7	6.63	457.2	0.45	12.09
8	6.51	449.0	0.46	12.20
9	6.39	440.9	0.46	12.31
10	6.28	432.8	0.47	12.43
11	6.16	424.8	0.48	12.54
12	6.04	416.8	0.49	12.66
13	5.93	408.9	0.50	12.79
14	5.82	401.1	0.51	12.91
15	5.70	393.3	0.52	13.04
16	5.59	385.5	0.53	13.17
17	5.48	377.9	0.54	13.30
18	5.37	370.3	0.55	13.44
19	5.26	362.8	0.56	13.57
20	5.15	355.3	0.58	13.72
21	5.05	348.0	0.59	13.86
22	4.94	340.7	0.60	14.01
23	4.84	333.5	0.61	14.16
24	4.73	326.5	0.63	14.31
25	4.63	319.5	0.64	14.46
26	4.53	312.6	0.66	14.62
27	4.44	305.9	0.67	14.78
28	4.34	299.2	0.68	14.95
29	4.24	292.7	0.70	15.11
30	4.15	286.3	0.72	15.28
31	4.06	280.0	0.73	15.45
32	3.97	273.9	0.75	15.62
33	3.88	267.9	0.76	15.80
34	3.80	262.0	0.78	15.97
35	3.72	256.3	0.80	16.15
36	3.63	250.7	0.82	16.33
37	3.56	245.2	0.84	16.51
38	3.48	239.9	0.85	16.69
39	3.40	234.7	0.87	16.88
40	3.33	229.7	0.89	17.06
41	3.26	224.8	0.91	17.24
42	3.19	220.1	0.93	17.43
43	3.12	215.5	0.95	17.61
44	3.06	211.0	0.97	17.80
45	3.00	206.7	0.99	17.98

>>

Tramo 10

---

>> tendido70

El vano de regulación en metros es: 93.71

La tabla de tendido es:

Temperatura [°C]	Tensión [daN/mm2]	Tiro [daN]	Flecha [m]	Tiempo [s]
0	7.47	515.4	0.40	11.38
1	7.35	507.0	0.40	11.48
2	7.23	498.6	0.41	11.57
3	7.11	490.3	0.42	11.67
4	6.99	481.9	0.42	11.77
5	6.87	473.7	0.43	11.87
6	6.75	465.4	0.44	11.98
7	6.63	457.2	0.45	12.08
8	6.51	449.0	0.46	12.19
9	6.39	440.9	0.46	12.31
10	6.28	432.8	0.47	12.42
11	6.16	424.8	0.48	12.54
12	6.04	416.8	0.49	12.66
13	5.93	408.9	0.50	12.78
14	5.82	401.1	0.51	12.90
15	5.70	393.3	0.52	13.03
16	5.59	385.5	0.53	13.16
17	5.48	377.9	0.54	13.29
18	5.37	370.3	0.55	13.43
19	5.26	362.8	0.56	13.57
20	5.15	355.3	0.58	13.71
21	5.05	348.0	0.59	13.85
22	4.94	340.7	0.60	14.00
23	4.84	333.5	0.61	14.15
24	4.73	326.5	0.63	14.30
25	4.63	319.5	0.64	14.46
26	4.53	312.6	0.65	14.61
27	4.43	305.9	0.67	14.77
28	4.34	299.2	0.68	14.94
29	4.24	292.7	0.70	15.10
30	4.15	286.3	0.71	15.27
31	4.06	280.0	0.73	15.44
32	3.97	273.9	0.75	15.61
33	3.88	267.8	0.76	15.79
34	3.80	262.0	0.78	15.96
35	3.71	256.2	0.80	16.14
36	3.63	250.6	0.82	16.32
37	3.55	245.2	0.83	16.50
38	3.48	239.8	0.85	16.68
39	3.40	234.7	0.87	16.87
40	3.33	229.6	0.89	17.05
41	3.26	224.8	0.91	17.23
42	3.19	220.0	0.93	17.42
43	3.12	215.4	0.95	17.60
44	3.06	211.0	0.97	17.79
45	3.00	206.7	0.99	17.97

>>

Tramo 11

---

>> tendido70

El vano de regulación en metros es: 96.57

La tabla de tendido es:

Temperatura [°C]	Tensión [daN/mm2]	Tiro [daN]	Flecha [m]	Tiempo [s]
0	7.46	514.6	0.42	11.74
1	7.34	506.2	0.43	11.84
2	7.22	497.8	0.44	11.93
3	7.10	489.5	0.44	12.03
4	6.98	481.3	0.45	12.14
5	6.86	473.0	0.46	12.24
6	6.74	464.8	0.47	12.35
7	6.62	456.7	0.48	12.46
8	6.50	448.5	0.48	12.57
9	6.39	440.5	0.49	12.69
10	6.27	432.5	0.50	12.80
11	6.15	424.5	0.51	12.92
12	6.04	416.6	0.52	13.05
13	5.93	408.7	0.53	13.17
14	5.81	400.9	0.54	13.30
15	5.70	393.2	0.55	13.43
16	5.59	385.5	0.56	13.56
17	5.48	377.9	0.57	13.70
18	5.37	370.4	0.59	13.83
19	5.26	363.0	0.60	13.98
20	5.16	355.6	0.61	14.12
21	5.05	348.4	0.62	14.27
22	4.95	341.2	0.64	14.42
23	4.84	334.1	0.65	14.57
24	4.74	327.1	0.66	14.72
25	4.64	320.2	0.68	14.88
26	4.54	313.4	0.69	15.04
27	4.45	306.8	0.71	15.20
28	4.35	300.2	0.72	15.37
29	4.26	293.8	0.74	15.54
30	4.17	287.5	0.76	15.71
31	4.08	281.3	0.77	15.88
32	3.99	275.2	0.79	16.05
33	3.90	269.3	0.81	16.23
34	3.82	263.5	0.82	16.40
35	3.74	257.8	0.84	16.58
36	3.66	252.3	0.86	16.76
37	3.58	247.0	0.88	16.94
38	3.50	241.7	0.90	17.13
39	3.43	236.6	0.92	17.31
40	3.36	231.7	0.94	17.49
41	3.29	226.9	0.96	17.68
42	3.22	222.2	0.98	17.86
43	3.16	217.7	1.00	18.05
44	3.09	213.3	1.02	18.23
45	3.03	209.0	1.04	18.42

>>

Tramo 12

---

>> tendido70

El vano de regulación en metros es: 97.58

La tabla de tendido es:

Temperatura [°C]	Tensión [daN/mm2]	Tiro [daN]	Flecha [m]	Tiempo [s]
0	7.46	514.2	0.43	11.86
1	7.33	505.9	0.44	11.96
2	7.21	497.6	0.45	12.06
3	7.09	489.3	0.45	12.16
4	6.97	481.0	0.46	12.27
5	6.85	472.8	0.47	12.37
6	6.74	464.6	0.48	12.48
7	6.62	456.5	0.49	12.59
8	6.50	448.4	0.49	12.71
9	6.38	440.3	0.50	12.82
10	6.27	432.3	0.51	12.94
11	6.15	424.4	0.52	13.06
12	6.04	416.5	0.53	13.18
13	5.93	408.7	0.54	13.31
14	5.81	400.9	0.55	13.44
15	5.70	393.2	0.56	13.57
16	5.59	385.5	0.58	13.70
17	5.48	378.0	0.59	13.84
18	5.37	370.5	0.60	13.98
19	5.26	363.1	0.61	14.12
20	5.16	355.7	0.62	14.27
21	5.05	348.5	0.64	14.41
22	4.95	341.3	0.65	14.56
23	4.85	334.3	0.66	14.72
24	4.75	327.3	0.68	14.87
25	4.65	320.5	0.69	15.03
26	4.55	313.7	0.71	15.19
27	4.45	307.1	0.72	15.35
28	4.36	300.6	0.74	15.52
29	4.26	294.2	0.75	15.69
30	4.17	287.9	0.77	15.86
31	4.08	281.7	0.79	16.03
32	4.00	275.7	0.80	16.20
33	3.91	269.8	0.82	16.38
34	3.83	264.0	0.84	16.56
35	3.75	258.4	0.86	16.74
36	3.67	252.9	0.88	16.92
37	3.59	247.6	0.90	17.10
38	3.51	242.4	0.92	17.28
39	3.44	237.3	0.93	17.47
40	3.37	232.4	0.95	17.65
41	3.30	227.6	0.97	17.83
42	3.23	223.0	0.99	18.02
43	3.17	218.5	1.02	18.20
44	3.10	214.1	1.04	18.39
45	3.04	209.9	1.06	18.57

>>

Tramo 13

---

>> tendido95

El vano de regulación en metros es: 88.84

La tabla de tendido es:

Temperatura [°C]	Tensión [daN/mm2]	Tiro [daN]	Flecha [m]	Tiempo [s]
0	7.49	710.0	0.35	10.76
1	7.37	698.3	0.36	10.85
2	7.25	686.7	0.37	10.94
3	7.12	675.2	0.37	11.03
4	7.00	663.6	0.38	11.13
5	6.88	652.1	0.39	11.22
6	6.76	640.7	0.39	11.32
7	6.64	629.3	0.40	11.42
8	6.52	617.9	0.41	11.53
9	6.40	606.7	0.41	11.64
10	6.28	595.4	0.42	11.74
11	6.17	584.3	0.43	11.86
12	6.05	573.2	0.44	11.97
13	5.93	562.1	0.45	12.09
14	5.82	551.2	0.46	12.21
15	5.70	540.3	0.47	12.33
16	5.59	529.5	0.48	12.45
17	5.48	518.8	0.49	12.58
18	5.36	508.2	0.50	12.71
19	5.25	497.7	0.51	12.85
20	5.14	487.3	0.52	12.98
21	5.03	477.0	0.53	13.12
22	4.93	466.8	0.54	13.26
23	4.82	456.7	0.55	13.41
24	4.72	446.8	0.56	13.56
25	4.61	437.0	0.58	13.71
26	4.51	427.4	0.59	13.86
27	4.41	417.8	0.60	14.02
28	4.31	408.5	0.62	14.18
29	4.21	399.3	0.63	14.34
30	4.12	390.3	0.64	14.51
31	4.02	381.4	0.66	14.67
32	3.93	372.7	0.68	14.84
33	3.84	364.2	0.69	15.02
34	3.76	355.9	0.71	15.19
35	3.67	347.8	0.72	15.37
36	3.59	339.9	0.74	15.55
37	3.51	332.2	0.76	15.72
38	3.43	324.7	0.78	15.91
39	3.35	317.3	0.79	16.09
40	3.27	310.2	0.81	16.27
41	3.20	303.3	0.83	16.46
42	3.13	296.6	0.85	16.64
43	3.06	290.2	0.87	16.82
44	3.00	283.9	0.89	17.01
45	2.93	277.8	0.91	17.19

>>

Tramo 14

---

>> tendido95

El vano de regulación en metros es: 93.76

La tabla de tendido es:

Temperatura [°C]	Tensión [daN/mm2]	Tiro [daN]	Flecha [m]	Tiempo [s]
0	7.47	708.1	0.40	11.37
1	7.35	696.5	0.40	11.46
2	7.23	685.0	0.41	11.56
3	7.11	673.5	0.42	11.66
4	6.99	662.1	0.42	11.76
5	6.87	650.7	0.43	11.86
6	6.75	639.3	0.44	11.96
7	6.63	628.0	0.45	12.07
8	6.51	616.8	0.45	12.18
9	6.39	605.7	0.46	12.29
10	6.27	594.6	0.47	12.40
11	6.16	583.5	0.48	12.52
12	6.04	572.6	0.49	12.64
13	5.93	561.7	0.50	12.76
14	5.81	550.9	0.51	12.89
15	5.70	540.2	0.52	13.01
16	5.59	529.5	0.53	13.14
17	5.48	519.0	0.54	13.28
18	5.37	508.5	0.55	13.41
19	5.26	498.2	0.56	13.55
20	5.15	488.0	0.57	13.69
21	5.04	477.9	0.59	13.84
22	4.94	467.9	0.60	13.98
23	4.83	458.0	0.61	14.13
24	4.73	448.3	0.63	14.29
25	4.63	438.7	0.64	14.44
26	4.53	429.2	0.65	14.60
27	4.43	420.0	0.67	14.76
28	4.34	410.8	0.68	14.92
29	4.24	401.8	0.70	15.09
30	4.15	393.0	0.71	15.26
31	4.06	384.4	0.73	15.43
32	3.97	375.9	0.75	15.60
33	3.88	367.7	0.76	15.77
34	3.79	359.6	0.78	15.95
35	3.71	351.7	0.80	16.13
36	3.63	344.0	0.81	16.31
37	3.55	336.5	0.83	16.49
38	3.47	329.1	0.85	16.67
39	3.40	322.0	0.87	16.86
40	3.33	315.1	0.89	17.04
41	3.25	308.4	0.91	17.22
42	3.19	301.9	0.93	17.41
43	3.12	295.6	0.95	17.59
44	3.05	289.4	0.97	17.78
45	2.99	283.5	0.99	17.96

>>

Tramo 15

---

>> tendido95

El vano de regulación en metros es: 102.26

La tabla de tendido es:

Temperatura [°C]	Tensión [daN/mm2]	Tiro [daN]	Flecha [m]	Tiempo [s]
0	7.43	704.5	0.47	12.43
1	7.31	693.1	0.48	12.53
2	7.19	681.8	0.49	12.63
3	7.08	670.5	0.50	12.74
4	6.96	659.2	0.51	12.85
5	6.84	648.0	0.51	12.96
6	6.72	636.9	0.52	13.07
7	6.60	625.8	0.53	13.19
8	6.49	614.8	0.54	13.30
9	6.37	603.9	0.55	13.42
10	6.26	593.0	0.56	13.55
11	6.14	582.2	0.57	13.67
12	6.03	571.5	0.58	13.80
13	5.92	560.9	0.59	13.93
14	5.81	550.3	0.61	14.06
15	5.70	539.9	0.62	14.20
16	5.59	529.5	0.63	14.34
17	5.48	519.3	0.64	14.48
18	5.37	509.1	0.65	14.62
19	5.27	499.1	0.67	14.77
20	5.16	489.2	0.68	14.91
21	5.06	479.4	0.70	15.07
22	4.96	469.8	0.71	15.22
23	4.86	460.2	0.72	15.38
24	4.76	450.9	0.74	15.54
25	4.66	441.6	0.76	15.70
26	4.56	432.5	0.77	15.86
27	4.47	423.6	0.79	16.03
28	4.38	414.8	0.80	16.20
29	4.29	406.2	0.82	16.37
30	4.20	397.8	0.84	16.54
31	4.11	389.5	0.86	16.72
32	4.02	381.4	0.87	16.89
33	3.94	373.5	0.89	17.07
34	3.86	365.8	0.91	17.25
35	3.78	358.2	0.93	17.43
36	3.70	350.9	0.95	17.61
37	3.63	343.7	0.97	17.79
38	3.55	336.7	0.99	17.98
39	3.48	329.9	1.01	18.16
40	3.41	323.3	1.03	18.35
41	3.34	316.9	1.05	18.53
42	3.28	310.6	1.07	18.72
43	3.21	304.6	1.09	18.90
44	3.15	298.7	1.12	19.09
45	3.09	293.0	1.14	19.27

>>

Tramo 16

---

---

&gt;&gt; tendido95

El vano de regulación en metros es: 98.78

La tabla de tendido es:

Temperatura [°C]	Tensión [daN/mm2]	Tiro [daN]	Flecha [m]	Tiempo [s]
0	7.45	706.0	0.44	11.99
1	7.33	694.5	0.45	12.09
2	7.21	683.1	0.46	12.19
3	7.09	671.7	0.46	12.30
4	6.97	660.4	0.47	12.40
5	6.85	649.1	0.48	12.51
6	6.73	637.9	0.49	12.62
7	6.61	626.7	0.50	12.73
8	6.50	615.6	0.51	12.84
9	6.38	604.6	0.51	12.96
10	6.26	593.6	0.52	13.08
11	6.15	582.7	0.53	13.20
12	6.04	571.9	0.54	13.32
13	5.92	561.2	0.55	13.45
14	5.81	550.5	0.57	13.58
15	5.70	540.0	0.58	13.71
16	5.59	529.5	0.59	13.85
17	5.48	519.2	0.60	13.99
18	5.37	508.9	0.61	14.13
19	5.26	498.7	0.62	14.27
20	5.16	488.7	0.64	14.41
21	5.05	478.8	0.65	14.56
22	4.95	469.0	0.66	14.71
23	4.85	459.3	0.68	14.87
24	4.75	449.8	0.69	15.03
25	4.65	440.4	0.71	15.18
26	4.55	431.2	0.72	15.35
27	4.45	422.1	0.74	15.51
28	4.36	413.2	0.75	15.68
29	4.27	404.4	0.77	15.85
30	4.18	395.8	0.79	16.02
31	4.09	387.4	0.80	16.19
32	4.00	379.2	0.82	16.36
33	3.92	371.1	0.84	16.54
34	3.83	363.2	0.86	16.72
35	3.75	355.6	0.88	16.90
36	3.67	348.1	0.89	17.08
37	3.60	340.7	0.91	17.26
38	3.52	333.6	0.93	17.45
39	3.45	326.7	0.95	17.63
40	3.38	320.0	0.97	17.81
41	3.31	313.4	0.99	18.00
42	3.24	307.1	1.01	18.18
43	3.18	300.9	1.03	18.37
44	3.11	295.0	1.05	18.55
45	3.05	289.2	1.08	18.74

&gt;&gt;

Tramo 17

---

>> tendido95

El vano de regulación en metros es: 108.72

La tabla de tendido es:

Temperatura [°C]	Tensión [daN/mm2]	Tiro [daN]	Flecha [m]	Tiempo [s]
0	7.41	701.7	0.54	13.24
1	7.29	690.4	0.55	13.35
2	7.17	679.2	0.55	13.46
3	7.05	668.1	0.56	13.57
4	6.93	657.0	0.57	13.68
5	6.82	645.9	0.58	13.80
6	6.70	634.9	0.59	13.92
7	6.59	624.0	0.60	14.04
8	6.47	613.2	0.61	14.16
9	6.36	602.4	0.63	14.29
10	6.24	591.8	0.64	14.42
11	6.13	581.2	0.65	14.55
12	6.02	570.6	0.66	14.68
13	5.91	560.2	0.67	14.82
14	5.80	549.9	0.69	14.96
15	5.69	539.6	0.70	15.10
16	5.59	529.5	0.71	15.24
17	5.48	519.5	0.73	15.39
18	5.38	509.6	0.74	15.54
19	5.27	499.8	0.75	15.69
20	5.17	490.1	0.77	15.84
21	5.07	480.6	0.78	16.00
22	4.97	471.2	0.80	16.16
23	4.87	461.9	0.82	16.32
24	4.78	452.8	0.83	16.48
25	4.68	443.8	0.85	16.65
26	4.59	435.0	0.87	16.82
27	4.50	426.4	0.88	16.99
28	4.41	417.8	0.90	17.16
29	4.32	409.5	0.92	17.33
30	4.24	401.3	0.94	17.51
31	4.15	393.3	0.96	17.68
32	4.07	385.5	0.98	17.86
33	3.99	377.8	1.00	18.04
34	3.91	370.4	1.02	18.22
35	3.83	363.1	1.04	18.41
36	3.76	355.9	1.06	18.59
37	3.68	349.0	1.08	18.77
38	3.61	342.3	1.10	18.96
39	3.54	335.7	1.12	19.14
40	3.47	329.3	1.14	19.33
41	3.41	323.1	1.17	19.51
42	3.35	317.0	1.19	19.70
43	3.28	311.2	1.21	19.88
44	3.22	305.5	1.23	20.07
45	3.17	299.9	1.26	20.25

>>

Tramo 18

---

>> tendido95

El vano de regulación en metros es: 102.14

La tabla de tendido es:

Temperatura [°C]	Tensión [daN/mm2]	Tiro [daN]	Flecha [m]	Tiempo [s]
0	7.44	704.6	0.47	12.41
1	7.32	693.2	0.48	12.52
2	7.20	681.8	0.49	12.62
3	7.08	670.5	0.50	12.72
4	6.96	659.3	0.50	12.83
5	6.84	648.1	0.51	12.94
6	6.72	636.9	0.52	13.06
7	6.60	625.8	0.53	13.17
8	6.49	614.8	0.54	13.29
9	6.37	603.9	0.55	13.41
10	6.26	593.0	0.56	13.53
11	6.14	582.2	0.57	13.66
12	6.03	571.5	0.58	13.78
13	5.92	560.9	0.59	13.91
14	5.81	550.3	0.60	14.05
15	5.70	539.9	0.62	14.18
16	5.59	529.5	0.63	14.32
17	5.48	519.3	0.64	14.46
18	5.37	509.1	0.65	14.60
19	5.27	499.1	0.67	14.75
20	5.16	489.2	0.68	14.90
21	5.06	479.4	0.69	15.05
22	4.96	469.7	0.71	15.20
23	4.86	460.2	0.72	15.36
24	4.76	450.8	0.74	15.52
25	4.66	441.6	0.75	15.68
26	4.56	432.5	0.77	15.84
27	4.47	423.5	0.79	16.01
28	4.38	414.8	0.80	16.18
29	4.29	406.1	0.82	16.35
30	4.20	397.7	0.84	16.52
31	4.11	389.4	0.85	16.70
32	4.02	381.3	0.87	16.87
33	3.94	373.4	0.89	17.05
34	3.86	365.7	0.91	17.23
35	3.78	358.1	0.93	17.41
36	3.70	350.8	0.95	17.59
37	3.63	343.6	0.97	17.78
38	3.55	336.6	0.99	17.96
39	3.48	329.8	1.01	18.14
40	3.41	323.2	1.03	18.33
41	3.34	316.7	1.05	18.51
42	3.28	310.5	1.07	18.70
43	3.21	304.4	1.09	18.88
44	3.15	298.6	1.11	19.07
45	3.09	292.9	1.14	19.25

>>

Tramo 19

---

>> tendido95

El vano de regulación en metros es: 95.88

La tabla de tendido es:

Temperatura [°C]	Tensión [daN/mm2]	Tiro [daN]	Flecha [m]	Tiempo [s]
0	7.46	707.2	0.41	11.63
1	7.34	695.7	0.42	11.73
2	7.22	684.2	0.43	11.83
3	7.10	672.7	0.44	11.93
4	6.98	661.4	0.44	12.03
5	6.86	650.0	0.45	12.13
6	6.74	638.7	0.46	12.24
7	6.62	627.5	0.47	12.35
8	6.50	616.3	0.48	12.46
9	6.39	605.2	0.48	12.57
10	6.27	594.2	0.49	12.69
11	6.15	583.2	0.50	12.81
12	6.04	572.3	0.51	12.93
13	5.93	561.5	0.52	13.05
14	5.81	550.7	0.53	13.18
15	5.70	540.1	0.54	13.31
16	5.59	529.5	0.55	13.44
17	5.48	519.1	0.56	13.58
18	5.37	508.7	0.58	13.71
19	5.26	498.4	0.59	13.85
20	5.15	488.3	0.60	14.00
21	5.05	478.3	0.61	14.14
22	4.94	468.3	0.63	14.29
23	4.84	458.6	0.64	14.44
24	4.74	448.9	0.65	14.60
25	4.64	439.4	0.67	14.76
26	4.54	430.1	0.68	14.91
27	4.44	420.9	0.70	15.08
28	4.35	411.8	0.71	15.24
29	4.25	402.9	0.73	15.41
30	4.16	394.2	0.74	15.58
31	4.07	385.7	0.76	15.75
32	3.98	377.3	0.78	15.92
33	3.90	369.1	0.79	16.10
34	3.81	361.1	0.81	16.28
35	3.73	353.3	0.83	16.46
36	3.65	345.7	0.85	16.64
37	3.57	338.3	0.87	16.82
38	3.49	331.0	0.89	17.00
39	3.42	324.0	0.90	17.18
40	3.35	317.2	0.92	17.37
41	3.28	310.5	0.94	17.55
42	3.21	304.1	0.96	17.74
43	3.14	297.8	0.98	17.92
44	3.08	291.8	1.00	18.11
45	3.02	285.9	1.03	18.29

>>

Tramo 20

---

>> tendido95

El vano de regulación en metros es: 85.15

La tabla de tendido es:

Temperatura [°C]	Tensión [daN/mm2]	Tiro [daN]	Flecha [m]	Tiempo [s]
0	7.51	711.4	0.32	10.30
1	7.38	699.7	0.33	10.38
2	7.26	688.0	0.34	10.47
3	7.14	676.4	0.34	10.56
4	7.02	664.8	0.35	10.65
5	6.89	653.2	0.35	10.75
6	6.77	641.7	0.36	10.84
7	6.65	630.2	0.37	10.94
8	6.53	618.8	0.37	11.04
9	6.41	607.4	0.38	11.15
10	6.29	596.1	0.39	11.25
11	6.17	584.8	0.40	11.36
12	6.05	573.6	0.40	11.47
13	5.94	562.5	0.41	11.58
14	5.82	551.4	0.42	11.70
15	5.70	540.4	0.43	11.82
16	5.59	529.5	0.44	11.94
17	5.47	518.7	0.45	12.06
18	5.36	508.0	0.46	12.19
19	5.25	497.3	0.46	12.32
20	5.14	486.8	0.47	12.45
21	5.03	476.3	0.49	12.59
22	4.92	466.0	0.50	12.72
23	4.81	455.8	0.51	12.87
24	4.70	445.7	0.52	13.01
25	4.60	435.8	0.53	13.16
26	4.49	425.9	0.54	13.31
27	4.39	416.3	0.56	13.46
28	4.29	406.8	0.57	13.62
29	4.19	397.4	0.58	13.78
30	4.10	388.2	0.60	13.94
31	4.00	379.2	0.61	14.11
32	3.91	370.3	0.62	14.27
33	3.82	361.6	0.64	14.44
34	3.73	353.2	0.65	14.62
35	3.64	344.9	0.67	14.79
36	3.55	336.8	0.69	14.97
37	3.47	328.9	0.70	15.15
38	3.39	321.2	0.72	15.33
39	3.31	313.8	0.74	15.51
40	3.23	306.5	0.75	15.69
41	3.16	299.5	0.77	15.87
42	3.09	292.6	0.79	16.06
43	3.02	286.0	0.81	16.24
44	2.95	279.6	0.83	16.43
45	2.89	273.4	0.85	16.61

>>

Tramo 21

---

>> tendido95

El vano de regulación en metros es: 102.04

La tabla de tendido es:

Temperatura [°C]	Tensión [daN/mm2]	Tiro [daN]	Flecha [m]	Tiempo [s]
0	7.44	704.6	0.47	12.40
1	7.32	693.2	0.48	12.50
2	7.20	681.9	0.49	12.61
3	7.08	670.5	0.50	12.71
4	6.96	659.3	0.50	12.82
5	6.84	648.1	0.51	12.93
6	6.72	637.0	0.52	13.04
7	6.60	625.9	0.53	13.16
8	6.49	614.9	0.54	13.28
9	6.37	603.9	0.55	13.40
10	6.26	593.0	0.56	13.52
11	6.14	582.2	0.57	13.64
12	6.03	571.5	0.58	13.77
13	5.92	560.9	0.59	13.90
14	5.81	550.3	0.60	14.03
15	5.70	539.9	0.61	14.17
16	5.59	529.5	0.63	14.31
17	5.48	519.3	0.64	14.45
18	5.37	509.1	0.65	14.59
19	5.27	499.1	0.67	14.73
20	5.16	489.2	0.68	14.88
21	5.06	479.4	0.69	15.03
22	4.96	469.7	0.71	15.19
23	4.86	460.2	0.72	15.34
24	4.76	450.8	0.74	15.50
25	4.66	441.5	0.75	15.67
26	4.56	432.4	0.77	15.83
27	4.47	423.5	0.78	16.00
28	4.38	414.7	0.80	16.16
29	4.29	406.1	0.82	16.33
30	4.20	397.6	0.83	16.51
31	4.11	389.4	0.85	16.68
32	4.02	381.3	0.87	16.86
33	3.94	373.3	0.89	17.04
34	3.86	365.6	0.91	17.22
35	3.78	358.0	0.93	17.40
36	3.70	350.7	0.95	17.58
37	3.62	343.5	0.97	17.76
38	3.55	336.5	0.99	17.94
39	3.48	329.7	1.01	18.13
40	3.41	323.1	1.03	18.31
41	3.34	316.6	1.05	18.50
42	3.28	310.4	1.07	18.68
43	3.21	304.3	1.09	18.87
44	3.15	298.5	1.11	19.05
45	3.09	292.8	1.13	19.24

>>

Tramo 22

---

>> tendido95

El vano de regulación en metros es: 96.59

La tabla de tendido es:

Temperatura [°C]	Tensión [daN/mm2]	Tiro [daN]	Flecha [m]	Tiempo [s]
0	7.46	706.9	0.42	11.72
1	7.34	695.4	0.43	11.82
2	7.22	683.9	0.43	11.91
3	7.10	672.5	0.44	12.02
4	6.98	661.1	0.45	12.12
5	6.86	649.8	0.46	12.22
6	6.74	638.5	0.47	12.33
7	6.62	627.3	0.47	12.44
8	6.50	616.2	0.48	12.55
9	6.39	605.1	0.49	12.67
10	6.27	594.0	0.50	12.78
11	6.15	583.1	0.51	12.90
12	6.04	572.2	0.52	13.03
13	5.92	561.4	0.53	13.15
14	5.81	550.7	0.54	13.28
15	5.70	540.1	0.55	13.41
16	5.59	529.5	0.56	13.54
17	5.48	519.1	0.57	13.68
18	5.37	508.7	0.58	13.81
19	5.26	498.5	0.60	13.96
20	5.15	488.4	0.61	14.10
21	5.05	478.4	0.62	14.25
22	4.94	468.5	0.63	14.40
23	4.84	458.8	0.65	14.55
24	4.74	449.1	0.66	14.70
25	4.64	439.7	0.68	14.86
26	4.54	430.3	0.69	15.02
27	4.44	421.2	0.71	15.18
28	4.35	412.1	0.72	15.35
29	4.26	403.3	0.74	15.52
30	4.16	394.6	0.75	15.69
31	4.07	386.1	0.77	15.86
32	3.99	377.8	0.79	16.03
33	3.90	369.6	0.80	16.21
34	3.82	361.6	0.82	16.39
35	3.73	353.9	0.84	16.56
36	3.65	346.3	0.86	16.74
37	3.58	338.9	0.88	16.93
38	3.50	331.7	0.90	17.11
39	3.43	324.7	0.92	17.29
40	3.35	317.9	0.94	17.48
41	3.28	311.3	0.96	17.66
42	3.22	304.8	0.98	17.85
43	3.15	298.6	1.00	18.03
44	3.09	292.6	1.02	18.22
45	3.03	286.7	1.04	18.40

>>

Tramo 23

---

>> tendido95

El vano de regulación en metros es: 102.25

La tabla de tendido es:

Temperatura [°C]	Tensión [daN/mm2]	Tiro [daN]	Flecha [m]	Tiempo [s]
0	7.43	704.5	0.47	12.43
1	7.31	693.1	0.48	12.53
2	7.19	681.8	0.49	12.63
3	7.08	670.5	0.50	12.74
4	6.96	659.2	0.51	12.85
5	6.84	648.0	0.51	12.96
6	6.72	636.9	0.52	13.07
7	6.60	625.8	0.53	13.19
8	6.49	614.8	0.54	13.30
9	6.37	603.9	0.55	13.42
10	6.26	593.0	0.56	13.55
11	6.14	582.2	0.57	13.67
12	6.03	571.5	0.58	13.80
13	5.92	560.9	0.59	13.93
14	5.81	550.3	0.61	14.06
15	5.70	539.9	0.62	14.20
16	5.59	529.5	0.63	14.33
17	5.48	519.3	0.64	14.48
18	5.37	509.1	0.65	14.62
19	5.27	499.1	0.67	14.76
20	5.16	489.2	0.68	14.91
21	5.06	479.4	0.70	15.06
22	4.96	469.8	0.71	15.22
23	4.86	460.2	0.72	15.38
24	4.76	450.9	0.74	15.53
25	4.66	441.6	0.75	15.70
26	4.56	432.5	0.77	15.86
27	4.47	423.6	0.79	16.03
28	4.38	414.8	0.80	16.20
29	4.29	406.2	0.82	16.37
30	4.20	397.8	0.84	16.54
31	4.11	389.5	0.86	16.71
32	4.02	381.4	0.87	16.89
33	3.94	373.5	0.89	17.07
34	3.86	365.8	0.91	17.25
35	3.78	358.2	0.93	17.43
36	3.70	350.8	0.95	17.61
37	3.63	343.7	0.97	17.79
38	3.55	336.7	0.99	17.98
39	3.48	329.9	1.01	18.16
40	3.41	323.3	1.03	18.35
41	3.34	316.8	1.05	18.53
42	3.28	310.6	1.07	18.72
43	3.21	304.6	1.09	18.90
44	3.15	298.7	1.12	19.09
45	3.09	293.0	1.14	19.27

>>

Tramo 24

---

>> tendido70

El vano de regulación en metros es: 92.17

La tabla de tendido es:

Temperatura [°C]	Tensión [daN/mm2]	Tiro [daN]	Flecha [m]	Tiempo [s]
0	7.48	515.9	0.38	11.19
1	7.36	507.4	0.39	11.28
2	7.24	499.0	0.40	11.38
3	7.11	490.6	0.40	11.47
4	6.99	482.3	0.41	11.57
5	6.87	474.0	0.42	11.67
6	6.75	465.7	0.42	11.78
7	6.63	457.5	0.43	11.88
8	6.51	449.3	0.44	11.99
9	6.40	441.1	0.45	12.10
10	6.28	433.0	0.46	12.21
11	6.16	425.0	0.47	12.33
12	6.05	417.0	0.47	12.45
13	5.93	409.0	0.48	12.57
14	5.82	401.1	0.49	12.69
15	5.70	393.3	0.50	12.81
16	5.59	385.5	0.51	12.94
17	5.48	377.8	0.52	13.07
18	5.37	370.2	0.53	13.21
19	5.26	362.6	0.55	13.35
20	5.15	355.2	0.56	13.49
21	5.04	347.8	0.57	13.63
22	4.94	340.5	0.58	13.77
23	4.83	333.2	0.59	13.92
24	4.73	326.1	0.61	14.07
25	4.63	319.1	0.62	14.23
26	4.53	312.2	0.63	14.38
27	4.43	305.4	0.65	14.54
28	4.33	298.7	0.66	14.70
29	4.24	292.1	0.68	14.87
30	4.14	285.7	0.69	15.04
31	4.05	279.3	0.71	15.21
32	3.96	273.1	0.72	15.38
33	3.87	267.1	0.74	15.55
34	3.79	261.1	0.76	15.73
35	3.70	255.3	0.78	15.90
36	3.62	249.7	0.79	16.08
37	3.54	244.2	0.81	16.26
38	3.46	238.8	0.83	16.44
39	3.39	233.6	0.85	16.63
40	3.31	228.5	0.87	16.81
41	3.24	223.6	0.88	16.99
42	3.17	218.8	0.90	17.18
43	3.11	214.2	0.92	17.36
44	3.04	209.7	0.94	17.55
45	2.98	205.4	0.96	17.73

>>

Tramo 25

---

>> tendido70

El vano de regulación en metros es: 103.27

La tabla de tendido es:

Temperatura [°C]	Tensión [daN/mm2]	Tiro [daN]	Flecha [m]	Tiempo [s]
0	7.43	512.5	0.48	12.58
1	7.31	504.2	0.49	12.68
2	7.19	496.0	0.50	12.79
3	7.07	487.8	0.51	12.89
4	6.95	479.6	0.52	13.00
5	6.84	471.5	0.53	13.11
6	6.72	463.4	0.54	13.23
7	6.60	455.4	0.55	13.34
8	6.49	447.4	0.56	13.46
9	6.37	439.4	0.57	13.58
10	6.26	431.5	0.58	13.71
11	6.14	423.7	0.59	13.83
12	6.03	416.0	0.60	13.96
13	5.92	408.2	0.61	14.09
14	5.81	400.6	0.62	14.23
15	5.70	393.0	0.63	14.36
16	5.59	385.5	0.64	14.50
17	5.48	378.1	0.66	14.64
18	5.38	370.8	0.67	14.79
19	5.27	363.5	0.68	14.93
20	5.17	356.3	0.70	15.08
21	5.06	349.2	0.71	15.24
22	4.96	342.3	0.73	15.39
23	4.86	335.4	0.74	15.55
24	4.76	328.6	0.76	15.71
25	4.67	321.9	0.77	15.87
26	4.57	315.3	0.79	16.04
27	4.48	308.9	0.80	16.20
28	4.39	302.5	0.82	16.37
29	4.30	296.3	0.84	16.54
30	4.21	290.2	0.86	16.72
31	4.12	284.2	0.87	16.89
32	4.04	278.4	0.89	17.07
33	3.95	272.6	0.91	17.25
34	3.87	267.0	0.93	17.42
35	3.79	261.6	0.95	17.61
36	3.72	256.3	0.97	17.79
37	3.64	251.1	0.99	17.97
38	3.57	246.0	1.01	18.15
39	3.50	241.1	1.03	18.34
40	3.43	236.3	1.05	18.52
41	3.36	231.7	1.07	18.71
42	3.29	227.2	1.09	18.89
43	3.23	222.8	1.12	19.08
44	3.17	218.6	1.14	19.26
45	3.11	214.4	1.16	19.44

>>

Tramo 26

---

>> tendido70

El vano de regulación en metros es: 100.00

La tabla de tendido es:

Temperatura [°C]	Tensión [daN/mm2]	Tiro [daN]	Flecha [m]	Tiempo [s]
0	7.45	513.5	0.45	12.17
1	7.32	505.2	0.46	12.27
2	7.20	496.9	0.47	12.37
3	7.08	488.6	0.48	12.47
4	6.97	480.4	0.48	12.58
5	6.85	472.2	0.49	12.69
6	6.73	464.1	0.50	12.80
7	6.61	456.0	0.51	12.91
8	6.49	447.9	0.52	13.03
9	6.38	439.9	0.53	13.15
10	6.26	432.0	0.54	13.27
11	6.15	424.1	0.55	13.39
12	6.04	416.3	0.56	13.51
13	5.92	408.5	0.57	13.64
14	5.81	400.8	0.58	13.77
15	5.70	393.1	0.59	13.91
16	5.59	385.5	0.60	14.04
17	5.48	378.0	0.62	14.18
18	5.37	370.6	0.63	14.32
19	5.27	363.2	0.64	14.47
20	5.16	356.0	0.65	14.61
21	5.06	348.8	0.67	14.76
22	4.95	341.7	0.68	14.92
23	4.85	334.7	0.70	15.07
24	4.75	327.9	0.71	15.23
25	4.66	321.1	0.73	15.39
26	4.56	314.4	0.74	15.55
27	4.46	307.8	0.76	15.72
28	4.37	301.4	0.77	15.88
29	4.28	295.1	0.79	16.05
30	4.19	288.9	0.81	16.22
31	4.10	282.8	0.82	16.40
32	4.01	276.8	0.84	16.57
33	3.93	271.0	0.86	16.75
34	3.85	265.3	0.88	16.93
35	3.77	259.8	0.90	17.11
36	3.69	254.4	0.92	17.29
37	3.61	249.1	0.94	17.47
38	3.54	243.9	0.95	17.65
39	3.46	238.9	0.97	17.84
40	3.39	234.1	1.00	18.02
41	3.33	229.4	1.02	18.21
42	3.26	224.8	1.04	18.39
43	3.19	220.3	1.06	18.58
44	3.13	216.0	1.08	18.76
45	3.07	211.8	1.10	18.94

>>

Tramo 27

---

>> tendido70

El vano de regulación en metros es: 106.17

La tabla de tendido es:

Temperatura [°C]	Tensión [daN/mm2]	Tiro [daN]	Flecha [m]	Tiempo [s]
0	7.42	511.6	0.51	12.94
1	7.30	503.3	0.52	13.05
2	7.18	495.1	0.53	13.16
3	7.06	487.0	0.54	13.27
4	6.94	478.9	0.55	13.38
5	6.83	470.8	0.56	13.49
6	6.71	462.8	0.57	13.61
7	6.59	454.8	0.58	13.73
8	6.48	446.8	0.59	13.85
9	6.36	439.0	0.60	13.97
10	6.25	431.1	0.61	14.10
11	6.14	423.4	0.62	14.23
12	6.03	415.7	0.63	14.36
13	5.92	408.0	0.64	14.49
14	5.81	400.5	0.66	14.63
15	5.70	393.0	0.67	14.77
16	5.59	385.5	0.68	14.91
17	5.48	378.2	0.69	15.05
18	5.38	370.9	0.71	15.20
19	5.27	363.7	0.72	15.35
20	5.17	356.6	0.74	15.50
21	5.07	349.6	0.75	15.66
22	4.97	342.7	0.77	15.81
23	4.87	335.9	0.78	15.97
24	4.77	329.2	0.80	16.13
25	4.68	322.6	0.81	16.30
26	4.58	316.1	0.83	16.46
27	4.49	309.8	0.85	16.63
28	4.40	303.5	0.87	16.80
29	4.31	297.4	0.88	16.98
30	4.22	291.3	0.90	17.15
31	4.14	285.5	0.92	17.33
32	4.06	279.7	0.94	17.50
33	3.97	274.1	0.96	17.68
34	3.89	268.6	0.98	17.86
35	3.82	263.2	1.00	18.05
36	3.74	257.9	1.02	18.23
37	3.67	252.8	1.04	18.41
38	3.59	247.9	1.06	18.59
39	3.52	243.0	1.08	18.78
40	3.46	238.3	1.10	18.96
41	3.39	233.7	1.12	19.15
42	3.32	229.3	1.15	19.33
43	3.26	225.0	1.17	19.52
44	3.20	220.8	1.19	19.70
45	3.14	216.7	1.21	19.89

>>

Tramo 28

---

>> tendido70

El vano de regulación en metros es: 94.90

La tabla de tendido es:

Temperatura [°C]	Tensión [daN/mm2]	Tiro [daN]	Flecha [m]	Tiempo [s]
0	7.47	515.1	0.41	11.53
1	7.35	506.7	0.41	11.63
2	7.22	498.3	0.42	11.72
3	7.10	490.0	0.43	11.82
4	6.98	481.7	0.44	11.92
5	6.86	473.4	0.44	12.03
6	6.74	465.2	0.45	12.13
7	6.63	457.0	0.46	12.24
8	6.51	448.8	0.47	12.35
9	6.39	440.7	0.48	12.46
10	6.27	432.7	0.48	12.58
11	6.16	424.7	0.49	12.70
12	6.04	416.7	0.50	12.82
13	5.93	408.8	0.51	12.94
14	5.81	401.0	0.52	13.07
15	5.70	393.2	0.53	13.20
16	5.59	385.5	0.54	13.33
17	5.48	377.9	0.56	13.46
18	5.37	370.3	0.57	13.60
19	5.26	362.9	0.58	13.74
20	5.15	355.4	0.59	13.88
21	5.05	348.1	0.60	14.02
22	4.94	340.9	0.62	14.17
23	4.84	333.8	0.63	14.32
24	4.74	326.7	0.64	14.48
25	4.64	319.8	0.66	14.63
26	4.54	313.0	0.67	14.79
27	4.44	306.2	0.69	14.95
28	4.34	299.6	0.70	15.12
29	4.25	293.1	0.72	15.28
30	4.16	286.8	0.73	15.45
31	4.07	280.5	0.75	15.62
32	3.98	274.4	0.76	15.80
33	3.89	268.4	0.78	15.97
34	3.81	262.6	0.80	16.15
35	3.72	256.9	0.82	16.33
36	3.64	251.3	0.83	16.51
37	3.57	245.9	0.85	16.69
38	3.49	240.6	0.87	16.87
39	3.41	235.5	0.89	17.05
40	3.34	230.5	0.91	17.24
41	3.27	225.6	0.93	17.42
42	3.20	220.9	0.95	17.60
43	3.14	216.4	0.97	17.79
44	3.07	211.9	0.99	17.97
45	3.01	207.7	1.01	18.16

>>

Tramo 29

---

>> tendido70

El vano de regulación en metros es: 96.05

La tabla de tendido es:

Temperatura [°C]	Tensión [daN/mm2]	Tiro [daN]	Flecha [m]	Tiempo [s]
0	7.46	514.7	0.42	11.67
1	7.34	506.3	0.42	11.77
2	7.22	498.0	0.43	11.87
3	7.10	489.7	0.44	11.97
4	6.98	481.4	0.45	12.07
5	6.86	473.1	0.45	12.18
6	6.74	464.9	0.46	12.28
7	6.62	456.8	0.47	12.39
8	6.50	448.6	0.48	12.50
9	6.39	440.6	0.49	12.62
10	6.27	432.5	0.50	12.73
11	6.16	424.6	0.51	12.85
12	6.04	416.6	0.52	12.97
13	5.93	408.8	0.53	13.10
14	5.81	401.0	0.54	13.23
15	5.70	393.2	0.55	13.36
16	5.59	385.5	0.56	13.49
17	5.48	377.9	0.57	13.62
18	5.37	370.4	0.58	13.76
19	5.26	362.9	0.59	13.90
20	5.16	355.6	0.60	14.04
21	5.05	348.3	0.62	14.19
22	4.95	341.1	0.63	14.34
23	4.84	334.0	0.64	14.49
24	4.74	327.0	0.66	14.65
25	4.64	320.1	0.67	14.80
26	4.54	313.3	0.69	14.96
27	4.45	306.6	0.70	15.13
28	4.35	300.0	0.72	15.29
29	4.26	293.6	0.73	15.46
30	4.16	287.2	0.75	15.63
31	4.07	281.0	0.76	15.80
32	3.99	275.0	0.78	15.97
33	3.90	269.0	0.80	16.15
34	3.82	263.2	0.82	16.32
35	3.73	257.5	0.83	16.50
36	3.65	252.0	0.85	16.68
37	3.58	246.6	0.87	16.86
38	3.50	241.4	0.89	17.05
39	3.43	236.3	0.91	17.23
40	3.35	231.3	0.93	17.41
41	3.28	226.5	0.95	17.60
42	3.22	221.8	0.97	17.78
43	3.15	217.3	0.99	17.97
44	3.09	212.9	1.01	18.15
45	3.02	208.6	1.03	18.34

>>

Tramo 30

---

>> tendido70

El vano de regulación en metros es: 98.34

La tabla de tendido es:

Temperatura [°C]	Tensión [daN/mm2]	Tiro [daN]	Flecha [m]	Tiempo [s]
0	7.45	514.0	0.44	11.96
1	7.33	505.7	0.45	12.06
2	7.21	497.4	0.45	12.16
3	7.09	489.1	0.46	12.26
4	6.97	480.8	0.47	12.37
5	6.85	472.6	0.48	12.47
6	6.73	464.4	0.49	12.58
7	6.62	456.3	0.49	12.69
8	6.50	448.2	0.50	12.81
9	6.38	440.2	0.51	12.92
10	6.27	432.2	0.52	13.04
11	6.15	424.3	0.53	13.16
12	6.04	416.4	0.54	13.29
13	5.92	408.6	0.55	13.41
14	5.81	400.8	0.56	13.54
15	5.70	393.2	0.57	13.68
16	5.59	385.5	0.58	13.81
17	5.48	378.0	0.60	13.95
18	5.37	370.5	0.61	14.09
19	5.26	363.1	0.62	14.23
20	5.16	355.8	0.63	14.37
21	5.05	348.6	0.65	14.52
22	4.95	341.5	0.66	14.67
23	4.85	334.4	0.67	14.83
24	4.75	327.5	0.69	14.98
25	4.65	320.7	0.70	15.14
26	4.55	313.9	0.72	15.30
27	4.46	307.3	0.73	15.47
28	4.36	300.8	0.75	15.63
29	4.27	294.4	0.77	15.80
30	4.18	288.2	0.78	15.97
31	4.09	282.0	0.80	16.15
32	4.00	276.0	0.82	16.32
33	3.92	270.2	0.83	16.50
34	3.83	264.4	0.85	16.67
35	3.75	258.8	0.87	16.85
36	3.67	253.4	0.89	17.03
37	3.60	248.1	0.91	17.22
38	3.52	242.9	0.93	17.40
39	3.45	237.8	0.95	17.58
40	3.38	232.9	0.97	17.77
41	3.31	228.2	0.99	17.95
42	3.24	223.5	1.01	18.14
43	3.18	219.0	1.03	18.32
44	3.11	214.7	1.05	18.51
45	3.05	210.5	1.07	18.69

>>

Tramo 31

---

>> tendido70

El vano de regulación en metros es: 96.62

La tabla de tendido es:

Temperatura [°C]	Tensión [daN/mm2]	Tiro [daN]	Flecha [m]	Tiempo [s]
0	7.46	514.5	0.42	11.74
1	7.34	506.2	0.43	11.84
2	7.22	497.8	0.44	11.94
3	7.10	489.5	0.44	12.04
4	6.98	481.2	0.45	12.14
5	6.86	473.0	0.46	12.25
6	6.74	464.8	0.47	12.36
7	6.62	456.7	0.48	12.47
8	6.50	448.5	0.48	12.58
9	6.39	440.5	0.49	12.69
10	6.27	432.5	0.50	12.81
11	6.15	424.5	0.51	12.93
12	6.04	416.6	0.52	13.05
13	5.93	408.7	0.53	13.18
14	5.81	400.9	0.54	13.31
15	5.70	393.2	0.55	13.44
16	5.59	385.5	0.56	13.57
17	5.48	377.9	0.58	13.70
18	5.37	370.4	0.59	13.84
19	5.26	363.0	0.60	13.98
20	5.16	355.6	0.61	14.13
21	5.05	348.4	0.62	14.27
22	4.95	341.2	0.64	14.42
23	4.84	334.1	0.65	14.58
24	4.74	327.1	0.66	14.73
25	4.64	320.2	0.68	14.89
26	4.54	313.4	0.69	15.05
27	4.45	306.8	0.71	15.21
28	4.35	300.2	0.72	15.38
29	4.26	293.8	0.74	15.54
30	4.17	287.5	0.76	15.71
31	4.08	281.3	0.77	15.88
32	3.99	275.2	0.79	16.06
33	3.90	269.3	0.81	16.23
34	3.82	263.5	0.83	16.41
35	3.74	257.9	0.84	16.59
36	3.66	252.4	0.86	16.77
37	3.58	247.0	0.88	16.95
38	3.51	241.8	0.90	17.13
39	3.43	236.7	0.92	17.32
40	3.36	231.7	0.94	17.50
41	3.29	226.9	0.96	17.69
42	3.22	222.2	0.98	17.87
43	3.16	217.7	1.00	18.06
44	3.09	213.3	1.02	18.24
45	3.03	209.1	1.04	18.42

>>

Tramo 32

>> tendido70

El vano de regulación en metros es: 96.27

La tabla de tendido es:

Temperatura [°C]	Tensión [daN/mm2]	Tiro [daN]	Flecha [m]	Tiempo [s]
0	7.46	514.6	0.42	11.70
1	7.34	506.3	0.43	11.80
2	7.22	497.9	0.43	11.90
3	7.10	489.6	0.44	12.00
4	6.98	481.3	0.45	12.10
5	6.86	473.1	0.46	12.20
6	6.74	464.9	0.46	12.31
7	6.62	456.7	0.47	12.42
8	6.50	448.6	0.48	12.53
9	6.39	440.5	0.49	12.65
10	6.27	432.5	0.50	12.76
11	6.16	424.5	0.51	12.88
12	6.04	416.6	0.52	13.00
13	5.93	408.7	0.53	13.13
14	5.81	400.9	0.54	13.26
15	5.70	393.2	0.55	13.39
16	5.59	385.5	0.56	13.52
17	5.48	377.9	0.57	13.65
18	5.37	370.4	0.58	13.79
19	5.26	363.0	0.59	13.93
20	5.16	355.6	0.61	14.08
21	5.05	348.3	0.62	14.22
22	4.95	341.1	0.63	14.37
23	4.84	334.0	0.65	14.52
24	4.74	327.0	0.66	14.68
25	4.64	320.1	0.67	14.84
26	4.54	313.3	0.69	15.00
27	4.45	306.7	0.70	15.16
28	4.35	300.1	0.72	15.32
29	4.26	293.7	0.74	15.49
30	4.17	287.3	0.75	15.66
31	4.08	281.1	0.77	15.83
32	3.99	275.1	0.78	16.00
33	3.90	269.1	0.80	16.18
34	3.82	263.3	0.82	16.36
35	3.74	257.7	0.84	16.54
36	3.66	252.1	0.86	16.72
37	3.58	246.8	0.87	16.90
38	3.50	241.5	0.89	17.08
39	3.43	236.4	0.91	17.26
40	3.36	231.5	0.93	17.45
41	3.29	226.6	0.95	17.63
42	3.22	222.0	0.97	17.82
43	3.15	217.4	0.99	18.00
44	3.09	213.0	1.01	18.19
45	3.03	208.8	1.03	18.37

>>

Tramo 33

---

>> tendido70

El vano de regulación en metros es: 92.32

La tabla de tendido es:

Temperatura [°C]	Tensión [daN/mm2]	Tiro [daN]	Flecha [m]	Tiempo [s]
0	7.48	515.8	0.38	11.21
1	7.36	507.4	0.39	11.30
2	7.23	499.0	0.40	11.40
3	7.11	490.6	0.40	11.49
4	6.99	482.3	0.41	11.59
5	6.87	474.0	0.42	11.69
6	6.75	465.7	0.43	11.80
7	6.63	457.5	0.43	11.90
8	6.51	449.3	0.44	12.01
9	6.40	441.1	0.45	12.12
10	6.28	433.0	0.46	12.23
11	6.16	425.0	0.47	12.35
12	6.05	417.0	0.48	12.47
13	5.93	409.0	0.49	12.59
14	5.82	401.1	0.49	12.71
15	5.70	393.3	0.50	12.84
16	5.59	385.5	0.51	12.96
17	5.48	377.8	0.53	13.10
18	5.37	370.2	0.54	13.23
19	5.26	362.7	0.55	13.37
20	5.15	355.2	0.56	13.51
21	5.04	347.8	0.57	13.65
22	4.94	340.5	0.58	13.80
23	4.83	333.3	0.60	13.94
24	4.73	326.2	0.61	14.10
25	4.63	319.1	0.62	14.25
26	4.53	312.2	0.64	14.41
27	4.43	305.4	0.65	14.57
28	4.33	298.7	0.66	14.73
29	4.24	292.2	0.68	14.89
30	4.14	285.7	0.69	15.06
31	4.05	279.4	0.71	15.23
32	3.96	273.2	0.73	15.40
33	3.87	267.1	0.74	15.57
34	3.79	261.2	0.76	15.75
35	3.70	255.4	0.78	15.93
36	3.62	249.8	0.79	16.11
37	3.54	244.3	0.81	16.29
38	3.46	238.9	0.83	16.47
39	3.39	233.7	0.85	16.65
40	3.32	228.6	0.87	16.83
41	3.24	223.7	0.89	17.02
42	3.17	219.0	0.91	17.20
43	3.11	214.3	0.93	17.39
44	3.04	209.8	0.95	17.57
45	2.98	205.5	0.97	17.76

>>

Tramo 34

---

>> tendido70

El vano de regulación en metros es: 92.57

La tabla de tendido es:

Temperatura [°C]	Tensión [daN/mm2]	Tiro [daN]	Flecha [m]	Tiempo [s]
0	7.48	515.7	0.39	11.24
1	7.36	507.3	0.39	11.33
2	7.23	498.9	0.40	11.43
3	7.11	490.5	0.41	11.52
4	6.99	482.2	0.41	11.62
5	6.87	473.9	0.42	11.72
6	6.75	465.6	0.43	11.83
7	6.63	457.4	0.44	11.93
8	6.51	449.2	0.44	12.04
9	6.40	441.1	0.45	12.15
10	6.28	433.0	0.46	12.27
11	6.16	424.9	0.47	12.38
12	6.05	416.9	0.48	12.50
13	5.93	409.0	0.49	12.62
14	5.82	401.1	0.50	12.74
15	5.70	393.3	0.51	12.87
16	5.59	385.5	0.52	13.00
17	5.48	377.8	0.53	13.13
18	5.37	370.2	0.54	13.27
19	5.26	362.7	0.55	13.40
20	5.15	355.2	0.56	13.54
21	5.04	347.8	0.57	13.69
22	4.94	340.5	0.59	13.83
23	4.83	333.3	0.60	13.98
24	4.73	326.2	0.61	14.13
25	4.63	319.2	0.63	14.29
26	4.53	312.3	0.64	14.44
27	4.43	305.5	0.65	14.60
28	4.33	298.8	0.67	14.77
29	4.24	292.3	0.68	14.93
30	4.14	285.8	0.70	15.10
31	4.05	279.5	0.71	15.27
32	3.96	273.3	0.73	15.44
33	3.88	267.3	0.75	15.61
34	3.79	261.4	0.76	15.79
35	3.71	255.6	0.78	15.97
36	3.62	249.9	0.80	16.15
37	3.54	244.4	0.82	16.33
38	3.47	239.1	0.83	16.51
39	3.39	233.9	0.85	16.69
40	3.32	228.8	0.87	16.87
41	3.25	223.9	0.89	17.06
42	3.18	219.1	0.91	17.24
43	3.11	214.5	0.93	17.43
44	3.05	210.1	0.95	17.61
45	2.98	205.7	0.97	17.80

>>

Tramo 35

---

>> tendido70

El vano de regulación en metros es: 106.98

La tabla de tendido es:

Temperatura [°C]	Tensión [daN/mm2]	Tiro [daN]	Flecha [m]	Tiempo [s]
0	7.41	511.3	0.52	13.05
1	7.29	503.1	0.53	13.15
2	7.18	494.9	0.54	13.26
3	7.06	486.8	0.55	13.37
4	6.94	478.7	0.56	13.48
5	6.82	470.6	0.57	13.60
6	6.71	462.6	0.58	13.71
7	6.59	454.6	0.59	13.83
8	6.48	446.7	0.60	13.96
9	6.36	438.8	0.61	14.08
10	6.25	431.0	0.62	14.21
11	6.14	423.3	0.63	14.34
12	6.03	415.6	0.64	14.47
13	5.92	408.0	0.65	14.60
14	5.81	400.4	0.67	14.74
15	5.70	392.9	0.68	14.88
16	5.59	385.5	0.69	15.02
17	5.48	378.2	0.70	15.17
18	5.38	371.0	0.72	15.32
19	5.27	363.8	0.73	15.47
20	5.17	356.7	0.75	15.62
21	5.07	349.7	0.76	15.77
22	4.97	342.9	0.78	15.93
23	4.87	336.1	0.79	16.09
24	4.78	329.4	0.81	16.25
25	4.68	322.8	0.83	16.42
26	4.59	316.4	0.84	16.58
27	4.49	310.0	0.86	16.75
28	4.40	303.8	0.88	16.92
29	4.32	297.7	0.90	17.10
30	4.23	291.7	0.91	17.27
31	4.14	285.8	0.93	17.45
32	4.06	280.1	0.95	17.63
33	3.98	274.5	0.97	17.81
34	3.90	269.0	0.99	17.99
35	3.82	263.6	1.01	18.17
36	3.75	258.4	1.03	18.35
37	3.67	253.3	1.05	18.53
38	3.60	248.4	1.07	18.72
39	3.53	243.5	1.09	18.90
40	3.46	238.8	1.12	19.09
41	3.40	234.3	1.14	19.27
42	3.33	229.9	1.16	19.46
43	3.27	225.6	1.18	19.64
44	3.21	221.4	1.20	19.82
45	3.15	217.3	1.23	20.01

>>

Tramo 36

---

>> tendido70

El vano de regulación en metros es: 83.20

La tabla de tendido es:

Temperatura [°C]	Tensión [daN/mm2]	Tiro [daN]	Flecha [m]	Tiempo [s]
0	7.52	518.4	0.31	10.08
1	7.39	509.8	0.32	10.16
2	7.27	501.3	0.32	10.25
3	7.15	492.8	0.33	10.33
4	7.02	484.3	0.33	10.42
5	6.90	475.9	0.34	10.52
6	6.78	467.5	0.34	10.61
7	6.66	459.1	0.35	10.71
8	6.54	450.8	0.36	10.81
9	6.42	442.5	0.36	10.91
10	6.30	434.2	0.37	11.01
11	6.18	426.0	0.38	11.12
12	6.06	417.8	0.39	11.22
13	5.94	409.6	0.39	11.33
14	5.82	401.5	0.40	11.45
15	5.71	393.5	0.41	11.56
16	5.59	385.5	0.42	11.68
17	5.48	377.6	0.43	11.81
18	5.36	369.8	0.44	11.93
19	5.25	362.0	0.45	12.06
20	5.14	354.3	0.46	12.19
21	5.03	346.6	0.47	12.32
22	4.92	339.0	0.48	12.46
23	4.81	331.6	0.49	12.60
24	4.70	324.2	0.50	12.74
25	4.59	316.9	0.51	12.89
26	4.49	309.7	0.52	13.04
27	4.39	302.6	0.53	13.19
28	4.29	295.6	0.55	13.34
29	4.19	288.7	0.56	13.50
30	4.09	282.0	0.57	13.66
31	3.99	275.4	0.59	13.82
32	3.90	268.9	0.60	13.99
33	3.81	262.5	0.61	14.16
34	3.72	256.3	0.63	14.33
35	3.63	250.2	0.64	14.50
36	3.54	244.2	0.66	14.68
37	3.46	238.4	0.68	14.86
38	3.38	232.8	0.69	15.04
39	3.30	227.3	0.71	15.22
40	3.22	222.0	0.73	15.40
41	3.14	216.8	0.74	15.58
42	3.07	211.8	0.76	15.76
43	3.00	206.9	0.78	15.95
44	2.93	202.2	0.80	16.13
45	2.87	197.6	0.82	16.32

>>

Tramo 37

---

>> tendido70

El vano de regulación en metros es: 103.26

La tabla de tendido es:

Temperatura [°C]	Tensión [daN/mm2]	Tiro [daN]	Flecha [m]	Tiempo [s]
0	7.43	512.5	0.48	12.58
1	7.31	504.2	0.49	12.68
2	7.19	496.0	0.50	12.78
3	7.07	487.8	0.51	12.89
4	6.95	479.6	0.52	13.00
5	6.84	471.5	0.53	13.11
6	6.72	463.4	0.54	13.23
7	6.60	455.4	0.55	13.34
8	6.49	447.4	0.56	13.46
9	6.37	439.4	0.57	13.58
10	6.26	431.5	0.58	13.71
11	6.14	423.7	0.59	13.83
12	6.03	416.0	0.60	13.96
13	5.92	408.2	0.61	14.09
14	5.81	400.6	0.62	14.23
15	5.70	393.0	0.63	14.36
16	5.59	385.5	0.64	14.50
17	5.48	378.1	0.66	14.64
18	5.38	370.8	0.67	14.79
19	5.27	363.5	0.68	14.93
20	5.17	356.3	0.70	15.08
21	5.06	349.2	0.71	15.24
22	4.96	342.3	0.73	15.39
23	4.86	335.4	0.74	15.55
24	4.76	328.6	0.76	15.71
25	4.67	321.9	0.77	15.87
26	4.57	315.3	0.79	16.03
27	4.48	308.9	0.80	16.20
28	4.39	302.5	0.82	16.37
29	4.30	296.3	0.84	16.54
30	4.21	290.2	0.86	16.71
31	4.12	284.2	0.87	16.89
32	4.04	278.3	0.89	17.07
33	3.95	272.6	0.91	17.24
34	3.87	267.0	0.93	17.42
35	3.79	261.6	0.95	17.60
36	3.72	256.3	0.97	17.79
37	3.64	251.1	0.99	17.97
38	3.57	246.0	1.01	18.15
39	3.50	241.1	1.03	18.34
40	3.43	236.3	1.05	18.52
41	3.36	231.7	1.07	18.71
42	3.29	227.2	1.09	18.89
43	3.23	222.8	1.11	19.07
44	3.17	218.5	1.14	19.26
45	3.11	214.4	1.16	19.44

>>

Tramo 38

---

>> tendido70

El vano de regulación en metros es: 88.01

La tabla de tendido es:

Temperatura [°C]	Tensión [daN/mm2]	Tiro [daN]	Flecha [m]	Tiempo [s]
0	7.50	517.0	0.35	10.67
1	7.37	508.6	0.35	10.76
2	7.25	500.1	0.36	10.85
3	7.13	491.7	0.37	10.94
4	7.01	483.3	0.37	11.04
5	6.89	474.9	0.38	11.14
6	6.76	466.6	0.39	11.23
7	6.64	458.3	0.39	11.34
8	6.52	450.0	0.40	11.44
9	6.41	441.8	0.41	11.55
10	6.29	433.6	0.42	11.65
11	6.17	425.4	0.42	11.77
12	6.05	417.4	0.43	11.88
13	5.93	409.3	0.44	11.99
14	5.82	401.3	0.45	12.11
15	5.70	393.4	0.46	12.23
16	5.59	385.5	0.47	12.36
17	5.48	377.7	0.48	12.49
18	5.36	370.0	0.49	12.62
19	5.25	362.3	0.50	12.75
20	5.14	354.7	0.51	12.88
21	5.03	347.2	0.52	13.02
22	4.93	339.8	0.53	13.16
23	4.82	332.5	0.54	13.31
24	4.72	325.2	0.55	13.46
25	4.61	318.1	0.57	13.61
26	4.51	311.0	0.58	13.76
27	4.41	304.1	0.59	13.92
28	4.31	297.3	0.61	14.08
29	4.21	290.5	0.62	14.24
30	4.12	284.0	0.64	14.40
31	4.02	277.5	0.65	14.57
32	3.93	271.2	0.67	14.74
33	3.84	264.9	0.68	14.91
34	3.75	258.9	0.70	15.08
35	3.67	253.0	0.71	15.26
36	3.58	247.2	0.73	15.44
37	3.50	241.5	0.75	15.61
38	3.42	236.0	0.76	15.79
39	3.35	230.7	0.78	15.98
40	3.27	225.5	0.80	16.16
41	3.20	220.5	0.82	16.34
42	3.13	215.6	0.84	16.53
43	3.06	210.9	0.86	16.71
44	2.99	206.3	0.87	16.90
45	2.93	201.8	0.89	17.08

>>

Tramo 39

>> tendido70

El vano de regulación en metros es: 94.89

La tabla de tendido es:

Temperatura [°C]	Tensión [daN/mm2]	Tiro [daN]	Flecha [m]	Tiempo [s]
0	7.47	515.1	0.41	11.53
1	7.35	506.7	0.41	11.62
2	7.22	498.3	0.42	11.72
3	7.10	490.0	0.43	11.82
4	6.98	481.7	0.44	11.92
5	6.86	473.4	0.44	12.03
6	6.74	465.2	0.45	12.13
7	6.63	457.0	0.46	12.24
8	6.51	448.8	0.47	12.35
9	6.39	440.7	0.48	12.46
10	6.27	432.7	0.48	12.58
11	6.16	424.7	0.49	12.70
12	6.04	416.7	0.50	12.82
13	5.93	408.8	0.51	12.94
14	5.81	401.0	0.52	13.07
15	5.70	393.2	0.53	13.19
16	5.59	385.5	0.54	13.33
17	5.48	377.9	0.56	13.46
18	5.37	370.3	0.57	13.60
19	5.26	362.9	0.58	13.74
20	5.15	355.4	0.59	13.88
21	5.05	348.1	0.60	14.02
22	4.94	340.9	0.62	14.17
23	4.84	333.8	0.63	14.32
24	4.74	326.7	0.64	14.47
25	4.64	319.8	0.66	14.63
26	4.54	313.0	0.67	14.79
27	4.44	306.2	0.68	14.95
28	4.34	299.6	0.70	15.12
29	4.25	293.1	0.72	15.28
30	4.16	286.8	0.73	15.45
31	4.07	280.5	0.75	15.62
32	3.98	274.4	0.76	15.79
33	3.89	268.4	0.78	15.97
34	3.81	262.6	0.80	16.15
35	3.72	256.9	0.82	16.32
36	3.64	251.3	0.83	16.50
37	3.57	245.9	0.85	16.68
38	3.49	240.6	0.87	16.87
39	3.41	235.5	0.89	17.05
40	3.34	230.5	0.91	17.23
41	3.27	225.6	0.93	17.42
42	3.20	220.9	0.95	17.60
43	3.14	216.4	0.97	17.79
44	3.07	211.9	0.99	17.97
45	3.01	207.7	1.01	18.16

>>

Tramo 40

>> tendido70

El vano de regulación en metros es: 108.04

La tabla de tendido es:

Temperatura [°C]	Tensión [daN/mm2]	Tiro [daN]	Flecha [m]	Tiempo [s]
0	7.41	511.0	0.53	13.18
1	7.29	502.8	0.54	13.29
2	7.17	494.6	0.55	13.40
3	7.05	486.5	0.56	13.51
4	6.94	478.4	0.57	13.62
5	6.82	470.3	0.58	13.74
6	6.70	462.3	0.59	13.85
7	6.59	454.4	0.60	13.97
8	6.47	446.5	0.61	14.10
9	6.36	438.7	0.62	14.22
10	6.25	430.9	0.63	14.35
11	6.14	423.2	0.64	14.48
12	6.02	415.5	0.65	14.61
13	5.91	407.9	0.67	14.75
14	5.80	400.4	0.68	14.89
15	5.70	392.9	0.69	15.03
16	5.59	385.5	0.71	15.17
17	5.48	378.2	0.72	15.32
18	5.38	371.0	0.73	15.47
19	5.28	363.9	0.75	15.62
20	5.17	356.8	0.76	15.77
21	5.07	349.9	0.78	15.93
22	4.97	343.0	0.79	16.08
23	4.88	336.3	0.81	16.24
24	4.78	329.6	0.82	16.41
25	4.68	323.1	0.84	16.57
26	4.59	316.7	0.86	16.74
27	4.50	310.3	0.88	16.91
28	4.41	304.1	0.89	17.08
29	4.32	298.1	0.91	17.26
30	4.24	292.1	0.93	17.43
31	4.15	286.3	0.95	17.61
32	4.07	280.6	0.97	17.79
33	3.99	275.0	0.99	17.96
34	3.91	269.5	1.01	18.15
35	3.83	264.2	1.03	18.33
36	3.76	259.0	1.05	18.51
37	3.68	253.9	1.07	18.69
38	3.61	249.0	1.09	18.88
39	3.54	244.2	1.11	19.06
40	3.47	239.6	1.14	19.25
41	3.41	235.0	1.16	19.43
42	3.34	230.6	1.18	19.62
43	3.28	226.3	1.20	19.80
44	3.22	222.2	1.22	19.99
45	3.16	218.2	1.25	20.17

>>

Tramo 41

>> tendido70

El vano de regulación en metros es: 101.51

La tabla de tendido es:

Temperatura [°C]	Tensión [daN/mm2]	Tiro [daN]	Flecha [m]	Tiempo [s]
0	7.44	513.0	0.47	12.36
1	7.32	504.7	0.48	12.46
2	7.20	496.5	0.48	12.56
3	7.08	488.2	0.49	12.67
4	6.96	480.0	0.50	12.77
5	6.84	471.9	0.51	12.88
6	6.72	463.8	0.52	13.00
7	6.61	455.7	0.53	13.11
8	6.49	447.7	0.54	13.23
9	6.38	439.7	0.55	13.35
10	6.26	431.8	0.56	13.47
11	6.15	423.9	0.57	13.59
12	6.03	416.1	0.58	13.72
13	5.92	408.4	0.59	13.85
14	5.81	400.7	0.60	13.98
15	5.70	393.1	0.61	14.12
16	5.59	385.5	0.62	14.25
17	5.48	378.1	0.63	14.39
18	5.37	370.7	0.65	14.54
19	5.27	363.4	0.66	14.68
20	5.16	356.1	0.67	14.83
21	5.06	349.0	0.69	14.98
22	4.96	342.0	0.70	15.14
23	4.86	335.0	0.72	15.29
24	4.76	328.2	0.73	15.45
25	4.66	321.4	0.75	15.61
26	4.56	314.8	0.76	15.77
27	4.47	308.3	0.78	15.94
28	4.38	301.9	0.80	16.11
29	4.29	295.6	0.81	16.28
30	4.20	289.5	0.83	16.45
31	4.11	283.4	0.85	16.63
32	4.02	277.5	0.86	16.80
33	3.94	271.8	0.88	16.98
34	3.86	266.1	0.90	17.16
35	3.78	260.6	0.92	17.34
36	3.70	255.2	0.94	17.52
37	3.62	250.0	0.96	17.70
38	3.55	244.9	0.98	17.89
39	3.48	239.9	1.00	18.07
40	3.41	235.1	1.02	18.25
41	3.34	230.4	1.04	18.44
42	3.28	225.9	1.06	18.62
43	3.21	221.5	1.08	18.81
44	3.15	217.2	1.11	18.99
45	3.09	213.0	1.13	19.18

>>

Tramo 42

---

>> tendido70

El vano de regulación en metros es: 100.00

La tabla de tendido es:

Temperatura [°C]	Tensión [daN/mm2]	Tiro [daN]	Flecha [m]	Tiempo [s]
0	7.45	513.5	0.45	12.17
1	7.32	505.2	0.46	12.27
2	7.20	496.9	0.47	12.37
3	7.08	488.6	0.48	12.47
4	6.97	480.4	0.48	12.58
5	6.85	472.2	0.49	12.69
6	6.73	464.1	0.50	12.80
7	6.61	456.0	0.51	12.91
8	6.49	447.9	0.52	13.03
9	6.38	439.9	0.53	13.15
10	6.26	432.0	0.54	13.27
11	6.15	424.1	0.55	13.39
12	6.04	416.3	0.56	13.51
13	5.92	408.5	0.57	13.64
14	5.81	400.8	0.58	13.77
15	5.70	393.1	0.59	13.91
16	5.59	385.5	0.60	14.04
17	5.48	378.0	0.62	14.18
18	5.37	370.6	0.63	14.32
19	5.27	363.2	0.64	14.47
20	5.16	356.0	0.65	14.61
21	5.06	348.8	0.67	14.76
22	4.95	341.7	0.68	14.92
23	4.85	334.7	0.70	15.07
24	4.75	327.9	0.71	15.23
25	4.66	321.1	0.73	15.39
26	4.56	314.4	0.74	15.55
27	4.46	307.8	0.76	15.72
28	4.37	301.4	0.77	15.88
29	4.28	295.1	0.79	16.05
30	4.19	288.9	0.81	16.22
31	4.10	282.8	0.82	16.40
32	4.01	276.8	0.84	16.57
33	3.93	271.0	0.86	16.75
34	3.85	265.3	0.88	16.93
35	3.77	259.8	0.90	17.11
36	3.69	254.4	0.92	17.29
37	3.61	249.1	0.94	17.47
38	3.54	243.9	0.95	17.65
39	3.46	238.9	0.97	17.84
40	3.39	234.1	1.00	18.02
41	3.33	229.4	1.02	18.21
42	3.26	224.8	1.04	18.39
43	3.19	220.3	1.06	18.58
44	3.13	216.0	1.08	18.76
45	3.07	211.8	1.10	18.94

>>

Tramo 43

---

>> tendido70

El vano de regulación en metros es: 100.00

La tabla de tendido es:

Temperatura [°C]	Tensión [daN/mm2]	Tiro [daN]	Flecha [m]	Tiempo [s]
0	7.45	513.5	0.45	12.17
1	7.32	505.2	0.46	12.27
2	7.20	496.9	0.47	12.37
3	7.08	488.6	0.48	12.47
4	6.97	480.4	0.48	12.58
5	6.85	472.2	0.49	12.69
6	6.73	464.1	0.50	12.80
7	6.61	456.0	0.51	12.91
8	6.49	447.9	0.52	13.03
9	6.38	439.9	0.53	13.15
10	6.26	432.0	0.54	13.27
11	6.15	424.1	0.55	13.39
12	6.04	416.3	0.56	13.51
13	5.92	408.5	0.57	13.64
14	5.81	400.8	0.58	13.77
15	5.70	393.1	0.59	13.91
16	5.59	385.5	0.60	14.04
17	5.48	378.0	0.62	14.18
18	5.37	370.6	0.63	14.32
19	5.27	363.2	0.64	14.47
20	5.16	356.0	0.65	14.61
21	5.06	348.8	0.67	14.76
22	4.95	341.7	0.68	14.92
23	4.85	334.7	0.70	15.07
24	4.75	327.9	0.71	15.23
25	4.66	321.1	0.73	15.39
26	4.56	314.4	0.74	15.55
27	4.46	307.8	0.76	15.72
28	4.37	301.4	0.77	15.88
29	4.28	295.1	0.79	16.05
30	4.19	288.9	0.81	16.22
31	4.10	282.8	0.82	16.40
32	4.01	276.8	0.84	16.57
33	3.93	271.0	0.86	16.75
34	3.85	265.3	0.88	16.93
35	3.77	259.8	0.90	17.11
36	3.69	254.4	0.92	17.29
37	3.61	249.1	0.94	17.47
38	3.54	243.9	0.95	17.65
39	3.46	238.9	0.97	17.84
40	3.39	234.1	1.00	18.02
41	3.33	229.4	1.02	18.21
42	3.26	224.8	1.04	18.39
43	3.19	220.3	1.06	18.58
44	3.13	216.0	1.08	18.76
45	3.07	211.8	1.10	18.94

>>

Tramo 44

---

>> tendido70

El vano de regulación en metros es: 96.72

La tabla de tendido es:

Temperatura [°C]	Tensión [daN/mm2]	Tiro [daN]	Flecha [m]	Tiempo [s]
0	7.46	514.5	0.42	11.76
1	7.34	506.1	0.43	11.85
2	7.22	497.8	0.44	11.95
3	7.10	489.5	0.45	12.05
4	6.98	481.2	0.45	12.16
5	6.86	473.0	0.46	12.26
6	6.74	464.8	0.47	12.37
7	6.62	456.6	0.48	12.48
8	6.50	448.5	0.49	12.59
9	6.39	440.5	0.49	12.71
10	6.27	432.4	0.50	12.82
11	6.15	424.5	0.51	12.94
12	6.04	416.6	0.52	13.07
13	5.93	408.7	0.53	13.19
14	5.81	400.9	0.54	13.32
15	5.70	393.2	0.55	13.45
16	5.59	385.5	0.57	13.58
17	5.48	377.9	0.58	13.72
18	5.37	370.4	0.59	13.86
19	5.26	363.0	0.60	14.00
20	5.16	355.6	0.61	14.14
21	5.05	348.4	0.63	14.29
22	4.95	341.2	0.64	14.44
23	4.84	334.1	0.65	14.59
24	4.74	327.1	0.67	14.74
25	4.64	320.2	0.68	14.90
26	4.55	313.5	0.70	15.06
27	4.45	306.8	0.71	15.23
28	4.35	300.3	0.73	15.39
29	4.26	293.8	0.74	15.56
30	4.17	287.5	0.76	15.73
31	4.08	281.3	0.77	15.90
32	3.99	275.3	0.79	16.07
33	3.91	269.4	0.81	16.25
34	3.82	263.6	0.83	16.43
35	3.74	257.9	0.84	16.61
36	3.66	252.4	0.86	16.79
37	3.58	247.0	0.88	16.97
38	3.51	241.8	0.90	17.15
39	3.43	236.7	0.92	17.33
40	3.36	231.8	0.94	17.52
41	3.29	227.0	0.96	17.70
42	3.22	222.3	0.98	17.89
43	3.16	217.8	1.00	18.07
44	3.09	213.4	1.02	18.26
45	3.03	209.2	1.04	18.44

>>

Tramo 45

---

>> tendido70

El vano de regulación en metros es: 100.00

La tabla de tendido es:

Temperatura [°C]	Tensión [daN/mm2]	Tiro [daN]	Flecha [m]	Tiempo [s]
0	7.45	513.5	0.45	12.17
1	7.32	505.2	0.46	12.27
2	7.20	496.9	0.47	12.37
3	7.08	488.6	0.48	12.47
4	6.97	480.4	0.48	12.58
5	6.85	472.2	0.49	12.69
6	6.73	464.1	0.50	12.80
7	6.61	456.0	0.51	12.91
8	6.49	447.9	0.52	13.03
9	6.38	439.9	0.53	13.15
10	6.26	432.0	0.54	13.27
11	6.15	424.1	0.55	13.39
12	6.04	416.3	0.56	13.51
13	5.92	408.5	0.57	13.64
14	5.81	400.8	0.58	13.77
15	5.70	393.1	0.59	13.91
16	5.59	385.5	0.60	14.04
17	5.48	378.0	0.62	14.18
18	5.37	370.6	0.63	14.32
19	5.27	363.2	0.64	14.47
20	5.16	356.0	0.65	14.61
21	5.06	348.8	0.67	14.76
22	4.95	341.7	0.68	14.92
23	4.85	334.7	0.70	15.07
24	4.75	327.9	0.71	15.23
25	4.66	321.1	0.73	15.39
26	4.56	314.4	0.74	15.55
27	4.46	307.8	0.76	15.72
28	4.37	301.4	0.77	15.88
29	4.28	295.1	0.79	16.05
30	4.19	288.9	0.81	16.22
31	4.10	282.8	0.82	16.40
32	4.01	276.8	0.84	16.57
33	3.93	271.0	0.86	16.75
34	3.85	265.3	0.88	16.93
35	3.77	259.8	0.90	17.11
36	3.69	254.4	0.92	17.29
37	3.61	249.1	0.94	17.47
38	3.54	243.9	0.95	17.65
39	3.46	238.9	0.97	17.84
40	3.39	234.1	1.00	18.02
41	3.33	229.4	1.02	18.21
42	3.26	224.8	1.04	18.39
43	3.19	220.3	1.06	18.58
44	3.13	216.0	1.08	18.76
45	3.07	211.8	1.10	18.94

>>

Tramo 46

---

>> tendido70

El vano de regulación en metros es: 100.00

La tabla de tendido es:

Temperatura [°C]	Tensión [daN/mm2]	Tiro [daN]	Flecha [m]	Tiempo [s]
0	7.45	513.5	0.45	12.17
1	7.32	505.2	0.46	12.27
2	7.20	496.9	0.47	12.37
3	7.08	488.6	0.48	12.47
4	6.97	480.4	0.48	12.58
5	6.85	472.2	0.49	12.69
6	6.73	464.1	0.50	12.80
7	6.61	456.0	0.51	12.91
8	6.49	447.9	0.52	13.03
9	6.38	439.9	0.53	13.15
10	6.26	432.0	0.54	13.27
11	6.15	424.1	0.55	13.39
12	6.04	416.3	0.56	13.51
13	5.92	408.5	0.57	13.64
14	5.81	400.8	0.58	13.77
15	5.70	393.1	0.59	13.91
16	5.59	385.5	0.60	14.04
17	5.48	378.0	0.62	14.18
18	5.37	370.6	0.63	14.32
19	5.27	363.2	0.64	14.47
20	5.16	356.0	0.65	14.61
21	5.06	348.8	0.67	14.76
22	4.95	341.7	0.68	14.92
23	4.85	334.7	0.70	15.07
24	4.75	327.9	0.71	15.23
25	4.66	321.1	0.73	15.39
26	4.56	314.4	0.74	15.55
27	4.46	307.8	0.76	15.72
28	4.37	301.4	0.77	15.88
29	4.28	295.1	0.79	16.05
30	4.19	288.9	0.81	16.22
31	4.10	282.8	0.82	16.40
32	4.01	276.8	0.84	16.57
33	3.93	271.0	0.86	16.75
34	3.85	265.3	0.88	16.93
35	3.77	259.8	0.90	17.11
36	3.69	254.4	0.92	17.29
37	3.61	249.1	0.94	17.47
38	3.54	243.9	0.95	17.65
39	3.46	238.9	0.97	17.84
40	3.39	234.1	1.00	18.02
41	3.33	229.4	1.02	18.21
42	3.26	224.8	1.04	18.39
43	3.19	220.3	1.06	18.58
44	3.13	216.0	1.08	18.76
45	3.07	211.8	1.10	18.94

>>

Tramo 47

---

>> tendido70

El vano de regulación en metros es: 96.06

La tabla de tendido es:

Temperatura [°C]	Tensión [daN/mm2]	Tiro [daN]	Flecha [m]	Tiempo [s]
0	7.46	514.7	0.42	11.67
1	7.34	506.3	0.42	11.77
2	7.22	498.0	0.43	11.87
3	7.10	489.7	0.44	11.97
4	6.98	481.4	0.45	12.07
5	6.86	473.1	0.45	12.18
6	6.74	464.9	0.46	12.28
7	6.62	456.8	0.47	12.39
8	6.50	448.6	0.48	12.50
9	6.39	440.6	0.49	12.62
10	6.27	432.5	0.50	12.74
11	6.16	424.6	0.51	12.85
12	6.04	416.6	0.52	12.98
13	5.93	408.8	0.53	13.10
14	5.81	401.0	0.54	13.23
15	5.70	393.2	0.55	13.36
16	5.59	385.5	0.56	13.49
17	5.48	377.9	0.57	13.62
18	5.37	370.4	0.58	13.76
19	5.26	362.9	0.59	13.90
20	5.16	355.6	0.60	14.05
21	5.05	348.3	0.62	14.19
22	4.95	341.1	0.63	14.34
23	4.84	334.0	0.64	14.49
24	4.74	327.0	0.66	14.65
25	4.64	320.1	0.67	14.80
26	4.54	313.3	0.69	14.96
27	4.45	306.6	0.70	15.13
28	4.35	300.0	0.72	15.29
29	4.26	293.6	0.73	15.46
30	4.16	287.2	0.75	15.63
31	4.07	281.0	0.76	15.80
32	3.99	275.0	0.78	15.97
33	3.90	269.0	0.80	16.15
34	3.82	263.2	0.82	16.33
35	3.73	257.6	0.83	16.50
36	3.65	252.0	0.85	16.68
37	3.58	246.6	0.87	16.87
38	3.50	241.4	0.89	17.05
39	3.43	236.3	0.91	17.23
40	3.35	231.3	0.93	17.41
41	3.28	226.5	0.95	17.60
42	3.22	221.8	0.97	17.78
43	3.15	217.3	0.99	17.97
44	3.09	212.9	1.01	18.15
45	3.02	208.6	1.03	18.34

>>

### 3 Cálculo de aisladores

En este capítulo se realiza la selección de los aisladores a utilizar. Se elegirán aisladores line post de compuesto elastomérico para estructuras de suspensión y aisladores de retención poliméricos para estructuras de retención.

#### 3.1 Aisladores de suspensión

Los aisladores line post cumplen la función de aislador y ménsula permitiendo construir estructuras cuyo cabezal es muy compacto. Se ahorran los costos de las ménsulas y los debidos a la constitución de la servidumbre de electroducto. La configuración de las faldas es abierta, permitiendo que el viento y la lluvia limpien el aislador. La principal desventaja de estos aisladores es su debilidad mecánica, no pudiendo resistir un importante momento flector como el que originaría el corte de un conductor.

Para una tensión eficaz nominal de 33 kV se elige el aislador de silicona line post de la marca AVATOR, de las siguientes características:

<b>Marca</b>	<b>AVATOR</b>
<b>Distancia de arco</b>	273 mm
<b>Distancia de fuga</b>	555 mm
<b>Resistencia mecánica de flexión</b>	10000 N
<b>Voltaje de línea</b>	35 kV
<b>Flameo de baja frecuencia en seco</b>	115 kV
<b>Flameo de baja frecuencia en húmedo</b>	90 kV
<b>Flameo crítico al impulso positivo</b>	190 kV

El paso siguiente es realizar la verificación de aislación eléctrica y la verificación mecánica.

#### Verificación eléctrica

El cálculo eléctrico de la aislación se realiza teniendo en cuenta la norma IRAM 2211 de "Coordinación de la aislación", a partir de un criterio de ensayo de tensión y un criterio de grado de aislamiento.

#### Criterio del ensayo de tensión

Para los equipos cuya tensión máxima para el equipamiento es menor que 300 kV, el nivel de aislación nominal lo define: las tensiones resistidas nominales a los impulsos de origen atmosférico y la tensión resistida nominal de corta

duración de frecuencia industrial. Ambas tensiones deben ser menores a la determinada por el fabricante.

La tensión resistida nominal a los impulsos de origen atmosférico es el valor de cresta de la tensión resistida a los impulsos de origen atmosférico. La tensión de impulso atmosférico normalizado es de una duración de frente de onda de 1.2  $\mu$ s y una duración de la semiamplitud (cola de onda) de 50  $\mu$ s.

La tensión resistida de corta duración a frecuencia industrial es el valor eficaz de la tensión sinusoidal de frecuencia industrial que la aislación del equipamiento debe soportar cuando los ensayos se efectúan en condiciones específicas, y durante un tiempo que no excede generalmente 1 minuto.

Niveles normalizados de aislación para  $1 \text{ kV} < U_m < 36 \text{ kV}$

Tensión nominal entre fases $U_n$ (Valor eficaz)	Tensión máxima para materiales y equipos $U_m$ (Valor eficaz)	Tensión nominal resistida de impulso atmosférico (cresta)		Tensión nominal resistida a frecuencia industrial de corta duración (Valor eficaz)
		Lista 1	Lista 2	
kV	kV	kV	kV	kV
3.3	3.6	20	40	10
6.6	7.2	40	60	20
13.2	14.5	75	95	38
33	36	145	170	70

El aislador elegido resiste una tensión de impulso atmosférico de 190 kV que es mayor al valor nominal indicado en lista 1 y lista 2. La elección entre lista 1 y lista 2 se describe en la norma IRAM 2211.

El aislador elegido resiste la tensión nominal a frecuencia industrial de corta duración de 70 kV.

#### Criterio del grado de aislamiento

El grado de aislamiento se define:

$$\text{Grado de aislamiento} = \frac{\text{Línea de fuga total del aislador}}{\text{Tensión máxima de servicio}}$$

Este grado de aislamiento debe ser mayor a la longitud mínima de línea de fuga dada por la siguiente tabla.

Relación entre niveles de contaminación y longitud de líneas de fuga

Nivel de contaminación	Longitud mínima nominal de línea de fuga específica (mm/kV ef)
Leve	16
Media	20
Fuerte	25
Muy fuerte	31

Este proyecto abarca zonas con poca densidad de industrias o de casas pero sometidas a vientos limpios o lluvias frecuentes, por lo que corresponde un nivel de contaminación leve. La tabla I de IRAM 2211-II da una descripción del medio ambiente para determinar el nivel de contaminación.

En zonas muy levemente contaminadas se permite una longitud mínima de línea de fuga de 12 mm/kVef. Por lo tanto, el grado de aislamiento resulta ser:

$$\text{Grado de aislamiento} = \frac{555 \text{ mm}}{36 \text{ kV}} = 15.41 \frac{\text{mm}}{\text{kV}} > 12 \frac{\text{mm}}{\text{kV}}$$

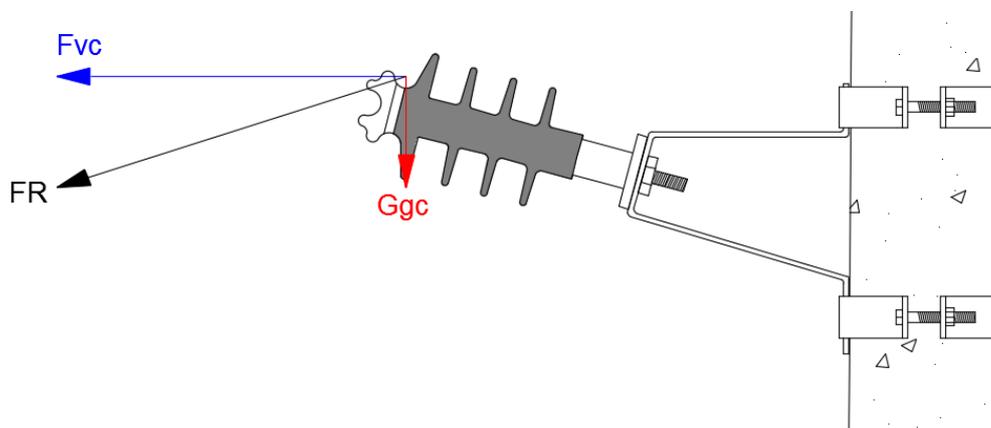
### Verificación mecánica

Estudiaremos un poste de suspensión en terreno con exposición C con vanos adyacentes de 100 m y conductores de 95 mm<sup>2</sup>.

Se plantean dos hipótesis de cálculo:

#### Hipótesis normal

Se debe verificar que el cociente entre la carga electromecánica de rotura del aislador y la suma de los esfuerzos de viento, peso del conductor en los semivanos adyacentes y accesorios (aisladores y grapería), concentrados, sea mayor que 3 para viento máximo.



La fuerza del viento en dirección normal a la línea ( $\psi = 0$ ) en exposición C sobre el conductor de 95 mm<sup>2</sup> en los semivanos adyacentes es:

$$F_{vc} = 100 \text{ daN}$$

El peso del conductor de  $95 \text{ mm}^2$  en los semivanos adyacentes es:

$$G_{gc} = 2 * g * \frac{a}{2} * S_c = 2 * 0.00269 \frac{\text{daN}}{\text{m} * \text{mm}^2} * 50 \text{ m} * 95 \text{ mm}^2 = 25.5 \text{ daN}$$

La fuerza resultante aplicada al aislador será:

$$F_R = \sqrt{F_{vc}^2 + G_{gc}^2} = \sqrt{(100 \text{ daN})^2 + (25.5 \text{ daN})^2} = 103.2 \text{ daN}$$

Verificación mecánica

$$\frac{1000 \text{ daN}}{103.2 \text{ daN}} = 9.69 > 3$$

Hipótesis extraordinaria

Se debe verificar que la relación entre la carga electromecánica de rotura y la suma de los esfuerzos considerando el 50% del tiro máximo del conductor, sin influencia del viento sea mayor que 2.

El 50% del tiro máximo de un conductor de  $95 \text{ mm}^2$  sin influencia del viento es:

$$T_{II} = 0.5 * \sigma_{II} * S_c = 0.5 * 8.67 \frac{\text{daN}}{\text{mm}^2} * 95 \text{ mm}^2 = 411 \text{ daN}.$$

Verificación mecánica

$$\frac{1000 \text{ daN}}{411 \text{ daN}} = 2.43 > 2$$

### 3.2 Aisladores de retención

Los aisladores poliméricos sustituyen, con un solo elemento, las cadenas de muchos elementos de aisladores. Se construyen con una barra central de fibra de vidrio embebida en resina epoxídica. Alrededor una cubierta de polímero elástico le da resistencia a los agentes externos como el vandalismo y los rayos UV.

Para una tensión eficaz nominal de 33 kV se elige el aislador de retención de la marca Balestro modelo IPB 34/GO/CMN/NP/8, de las siguientes características:

Marca	Balestro	
Modelo	IPB 34/GO/CMN/NP/8	
N° de aletas	8	
Longitud (mm)	480	
Distancia de fuga (mm)	810	
Distancia de arco seco (mm)	355	
Carga Mecánica Nominal (kN)	50, 70, 80	
Peso Neto (kg)	1,5	
Tensión soportable de impulso atmosférico (kV pico)	190	
Tensión soportable con frecuencia industrial (kV RMS)	Seco	115
	Lluvia	110
Contorneo crítico de impulso (kV RMS)	Positivo	235
	Negativo	295
Tensión disruptiva con frecuencia industrial lluvia (kV RMS)	130	
RIV (Prueba de tensión de Radio Interferencia) ( $\mu$ V)	<10	

El paso siguiente es realizar la verificación de aislación eléctrica y la verificación mecánica.

### Verificación eléctrica

El cálculo eléctrico de la aislación se realiza teniendo en cuenta la norma IRAM 2211 de "Coordinación de la aislación", a partir de un criterio de ensayo de tensión y un criterio de grado de aislamiento.

#### Criterio del ensayo de tensión

Para los equipos cuya tensión máxima para el equipamiento es menor que 300 kV, el nivel de aislación nominal lo define: las tensiones resistidas nominales a los impulsos de origen atmosférico y la tensión resistida nominal de corta duración de frecuencia industrial. Ambas tensiones deben ser menores a la determinada por el fabricante.

La tensión resistida nominal a los impulsos de origen atmosférico es el valor de cresta de la tensión resistida a los impulsos de origen atmosférico. La tensión de impulso atmosférico normalizado es de una duración de frente de onda de 1.2  $\mu$ s y una duración de la semiamplitud (cola de onda) de 50  $\mu$ s.

La tensión resistida de corta duración a frecuencia industrial es el valor eficaz de la tensión sinusoidal de frecuencia industrial que la aislación del equipamiento debe soportar cuando los ensayos se efectúan en condiciones específicas, y durante un tiempo que no excede generalmente 1 minuto.

Niveles normalizados de aislación para  $1 \text{ kV} < U_m < 36 \text{ kV}$

Tensión nominal entre fases $U_n$ (Valor eficaz)	Tensión máxima para materiales y equipos $U_m$ (Valor eficaz)	Tensión nominal resistida de impulso atmosférico (cresta)		Tensión nominal resistida a frecuencia industrial de corta duración (Valor eficaz)
		Lista 1	Lista 2	
kV	kV	kV	kV	kV
3.3	3.6	20	40	10
6.6	7.2	40	60	20
13.2	14.5	75	95	38
33	36	145	170	70

El aislador elegido resiste una tensión de impulso atmosférico de 190 kV que es mayor al valor nominal indicado en lista 1 y lista 2. La elección entre lista 1 y lista 2 se describe en la norma IRAM 2211.

El aislador elegido resiste la tensión nominal a frecuencia industrial de corta duración de 70 kV, puesto que resiste hasta 110 kV en húmedo.

#### Criterio del grado de aislamiento

El grado de aislamiento se define:

$$\text{Grado de aislamiento} = \frac{\text{Línea de fuga total del aislador}}{\text{Tensión máxima de servicio}}$$

Este grado de aislamiento debe ser mayor a la longitud mínima de línea de fuga dada por la siguiente tabla.

Relación entre niveles de contaminación y longitud de líneas de fuga

Nivel de contaminación	Longitud mínima nominal de línea de fuga específica (mm/kV ef)
Leve	16
Media	20
Fuerte	25
Muy fuerte	31

Este proyecto abarca zonas con poca densidad de industrias o de casas pero sometidas a vientos limpios o lluvias frecuentes, por lo que corresponde un nivel de contaminación leve. La tabla I de IRAM 2211-II da una descripción del medio ambiente para determinar el nivel de contaminación.

En zonas muy levemente contaminadas se permite una longitud mínima de línea de fuga de 12 mm/kVef. Por lo tanto, el grado de aislamiento resulta ser:

$$\text{Grado de aislamiento} = \frac{810 \text{ mm}}{36 \text{ kV}} = 22,5 \frac{\text{mm}}{\text{kV}} > 12 \frac{\text{mm}}{\text{kV}}$$

### Verificación mecánica

Estudiaremos un poste de retención con vanos adyacentes de 100 m y conductores de 95 mm<sup>2</sup>.

Se plantean dos hipótesis de cálculo:

#### Hipótesis normal

Se debe verificar que la relación entre la carga electromecánica directa y los esfuerzos incluyendo el tiro máximo del conductor, el peso de la cadena de aisladores y el peso del conductor en el semivano adyacente sea mayor a 3 (sin viento).

El peso del conductor de 95 mm<sup>2</sup> en el semivano adyacente es:

$$G_{gc} = g * \frac{a}{2} * S_c = 0.00269 \frac{\text{daN}}{\text{m} * \text{mm}^2} * 50 \text{ m} * 95 \text{ mm}^2 = 12.7 \text{ daN}$$

El peso del aislador es  $G_{ga} = 1.5 \text{ daN}$ .

El tiro máximo de un conductor de 95 mm<sup>2</sup> sin influencia del viento es:

$$T_{II} = \sigma_{II} * S_c = 8.67 \frac{\text{daN}}{\text{mm}^2} * 95 \text{ mm}^2 = 823.6 \text{ daN}$$

La fuerza resultante aplicada al aislador será:

$$F_R = \sqrt{T_{II}^2 + (G_{gc} + G_{ga})^2} = \sqrt{(823.6 \text{ daN})^2 + (12.7 \text{ daN} + 1.5 \text{ daN})^2} = 824 \text{ daN}$$

Verificación mecánica

$$\frac{5000 \text{ daN}}{824 \text{ daN}} = 6 > 3$$

#### Hipótesis extraordinaria

Se debe verificar que la relación entre la carga electromecánica directa y los esfuerzos incluyendo el tiro máximo del conductor, el peso de la cadena de aisladores y el peso del conductor en el semivano adyacente sea mayor a 2 (sin viento).

El peso del conductor de 95 mm<sup>2</sup> en el semivano adyacente es:

$$G_{gc} = g * \frac{a}{2} * S_c = 0.00269 \frac{daN}{m * mm^2} * 50 m * 95 mm^2 = 12.7 daN$$

El peso del aislador es  $G_{ga} = 1.5 daN$ .

El tiro máximo de un conductor de 95 mm<sup>2</sup> es:

$$T_{II} = \sigma_{II} * S_c = 8.67 \frac{daN}{mm^2} * 95 mm^2 = 823.6 daN$$

La fuerza resultante aplicada al aislador será:

$$F_R = \sqrt{T_{II}^2 + (G_{gc} + G_{ga})^2} = \sqrt{(823.6 daN)^2 + (12.7 daN + 1.5 daN)^2} = 824 daN$$

Verificación mecánica

$$\frac{5000 daN}{824 daN} = 6 > 2$$

## 4 Cálculo de distancias eléctricas

Las alturas y distancias de seguridad que más adelante se especifican, se aplican a líneas que son capaces de despejar automáticamente sus propias fallas eléctricas a tierra y están basadas en la máxima tensión de servicio del sistema. Estas alturas y distancias son las mínimas de seguridad exigibles para instalaciones permanentes y temporarias.

### 4.1 Consideración sobre el cálculo de las distancias

Las alturas y distancias de seguridad que más adelante se especifican, se aplican bajo las siguientes condiciones de carga y temperatura del conductor, rigiendo aquella que produzca la mayor altura o distancia final, luego de evaluar cuidadosamente e incluir los efectos de las deformaciones permanentes que puedan producirse sobre el conductor.

- a) 50°C sin viento, o si es la mayor temperatura ambiente máxima debida a la formación de microclimas. En líneas compactas se aplica siempre la temperatura máxima, sin viento, por zona climática.
- b) La temperatura máxima del conductor por potencia transmitida, sin viento, para la cual la línea se haya diseñado, siempre que resulte mayor a 50°C. No se aplica a líneas compactas.
- c) La temperatura mínima que corresponda a la zona climática, con sobrecarga vertical por manguito de hielo y con o sin viento asociado.
- d) Presión dinámica del viento básico, corregido por periodo de recurrencia, altura y exposición. El factor de ráfaga se considerará, cuando corresponda, para la determinación de las distancias a estructuras de otras líneas, otras obras o al terreno circundante y accesible.

### 4.2 Distancia entre conductores de la misma terna

La distancia entre conductores, en m, en el centro del vano y en situación de reposo, no será menor que la dada por la fórmula:

$$D = k * \sqrt{f_{max} + L_k} + \frac{V_N}{150}$$

Donde:

$D$ : Distancia entre conductores en medio del vano, en metros.

$f_{max}$ : Flecha vertical máxima del conductor, en metros.

$L_k$ : Longitud oscilante de la cadena de suspensión en metros. Para aisladores rígidos vale 0.

$V_N$ : Tensión nominal de línea, en kV.

$k$ : Coeficiente dependiente del ángulo de declinación máximo del conductor por efecto del viento máximo de diseño (básico modificado por recurrencia y factor del terreno), considerado perpendicular a la línea.

Tabla 7.2-a de AEA 95301 – Valores del coeficiente  $k$

Disposición de los conductores	<45°	De 45° a 55°	De 55° a 65°	>65°
Vertical: superpuestos en un plano vertical	0.70	0.75	0.85	0.95
Triangular: dispuestos en triángulo equilátero, dos a igual nivel	0.62	0.65	0.70	0.75
Horizontal: ubicados en un mismo plano horizontal	0.60	0.62	0.65	0.70

Carga aerodinámica máxima para exposición B y C

$$g_{vB} = 0.00853 \frac{daN}{m * mm^2}$$

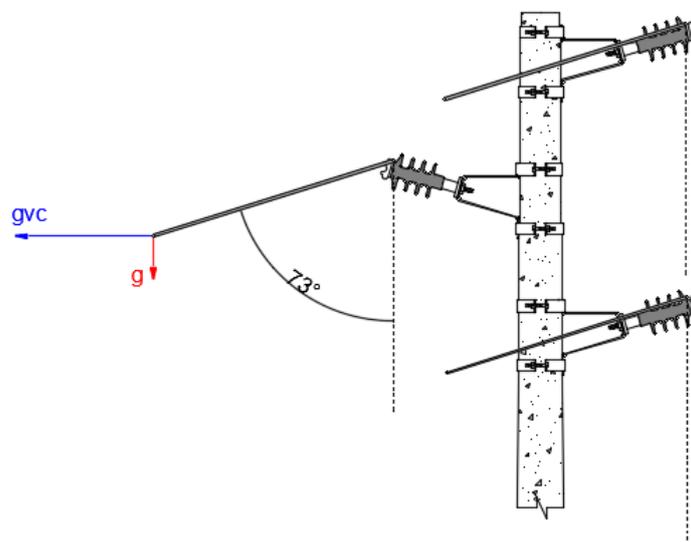
$$g_{vC} = 0.01625 \frac{daN}{m * mm^2}$$

Peso específico del conductor

$$g = 0.00269 \frac{daN}{m * mm^2}$$

Ángulo de declinación máximo para exposición B y C, obtenido por trigonometría

$$\beta_B = \tan^{-1} \left( \frac{g_{vB}}{g} \right) = \tan^{-1} \left( \frac{0.00853 \frac{daN}{m * mm^2}}{0.00269 \frac{daN}{m * mm^2}} \right) = 72.5^\circ$$



$$\beta_C = \tan^{-1} \left( \frac{g_{vc}}{g} \right) = \tan^{-1} \left( \frac{0.01625 \frac{daN}{m \cdot mm^2}}{0.00269 \frac{daN}{m \cdot mm^2}} \right) = 80.6^\circ$$

Por tabla 7.2-a, para exposición B y C con disposición triangular se tiene:

$$k_B = 0.75$$

$$k_C = 0.75$$

Con un flecha máxima típica de 1.1 m, la distancia mínima entre conductores, para exposición B y C debe ser:

$$D_B = k_B * \sqrt{f_{max} + L_k} + \frac{V_N}{150} = 0,75 * \sqrt{1.1 \text{ m} + 0 \text{ m}} + \frac{33 \text{ kV}}{150} = 1 \text{ m}$$

$$D_C = k_C * \sqrt{f_{max} + L_k} + \frac{V_N}{150} = 0,75 * \sqrt{1.1 \text{ m} + 0 \text{ m}} + \frac{33 \text{ kV}}{150} = 1 \text{ m}$$

En líneas de clase B esta distancia puede reducirse: con conductores desnudos hasta en un 30% y con conductores protegidos, sin el empleo de espaciadores, hasta en un 60%, con un mínimo de 0.4 m. Entonces, la distancia mínima entre conductores puede ser:

$$D_{B \text{ min}} = 0.7 * D_B = 0.7 * 1 \text{ m} = 0.7 \text{ m}$$

$$D_{C \text{ min}} = 0.7 * D_C = 0.7 * 1 \text{ m} = 0.7 \text{ m}$$

Debe verificarse que:

$$D_{B \text{ min}} > \frac{V_N}{150}$$

$$0.7 \text{ m} > \frac{33 \text{ kV}}{150} = 0.22 \text{ m} \rightarrow \text{verifica}$$

$$D_{C \text{ min}} > \frac{V_N}{150}$$

$$0.7 \text{ m} > \frac{33 \text{ kV}}{150} = 0.22 \text{ m} \rightarrow \text{verifica}$$

#### 4.3 Distancia entre conductores y partes estructurales propias puestas a tierra

La distancia "s" mínima entre el conductor o sus accesorios puestas a potencial de línea y las partes a potencial de tierra, en líneas de clase B para  $8.7 \text{ kV} < V_M \leq 50 \text{ kV}$ , debe ser:

$$s = 0.075 + 0.005 * (V_M - 8.7) \text{ en metros}$$

$V_M$ : Máxima tensión de servicio del sistema, fase a fase, en kV.

Para una línea de  $V_M = 36 \text{ kV}$  resulta

$$s = 0.075 + 0.005 * (36 \text{ kV} - 8.7) = 0.2115 \text{ m}$$

#### *4.4 Distancias verticales a tierra, a objetos bajo la línea y aplicables en cruces entre líneas*

Las distancias serán como mínimo, las que resulten de la aplicación de la siguiente expresión:

$$D = a \text{ [m]} \text{ para } V_N \leq 38 \text{ kV}$$

Donde:

$a$ : Distancia básica según tabla 7.4-a de AEA 95301, en metros.

$V_N$ : Tensión nominal de la línea, en kV.

Por tabla 7.4-a de AEA 95301, la altura libre mínima de la línea debe ser:

- Zonas accesibles solamente a pedestres:  $D = a = 4.7 \text{ m}$ .
- Zonas con circulación de maquina agrícola, caminos rurales o secundarios, y calles comunales y distritales:  $D = a = 5.9 \text{ m}$ .
- Autopistas, rutas y caminos principales:  $D = a = 7.0 \text{ m}$ .
- Vías de Ferrocarriles:  $D = a = 8.5 \text{ m}$ .
- Líneas de energía eléctrica de MT:  $D = a = 1.2 \text{ m}$ .

En este proyecto la altura libre de la línea en zona rural será de 7 m y en zona urbana de 9 m.

Para la determinación de distancias de cruces con otras líneas, se calculará  $0.01 * \left(\frac{V_M}{\sqrt{3}} - 22\right)$  para cada una de las tensiones de cruce. A este valor se le agregará la distancia básica " $a$ " correspondiente a Líneas de energía de MT.

La distancia mínima a líneas de 132 kV debe ser:

$$D = a + 0.01 * \left(\frac{V_M}{\sqrt{3}} - 22\right) = 1.2 \text{ m} + 0.01 * \left(\frac{145 \text{ kV}}{\sqrt{3}} - 22\right) = 1.81 \text{ m}$$

La distancia mínima a líneas de 500 kV debe ser:

$$D = a + 0.01 * \left(\frac{V_M}{\sqrt{3}} - 22\right) = 1.2 \text{ m} + 0.01 * \left(\frac{550 \text{ kV}}{\sqrt{3}} - 22\right) = 4.15 \text{ m}$$

Este proyecto cuenta con dos cruces con líneas de 132 kV y 500 kV tanto en Avenida Monseñor Rosch como en Bulevar Yuqueri. En estos cruces, se decide

cambiar los postes de madera existentes por postes de hormigón, conservando las actuales dimensiones de la estructura, puesto que se verifican perfectamente las distancias requeridas.

#### *4.5 Distancia libre a edificios o sus partes*

##### Sin desplazamiento del conductor por acción del viento

Por tabla 7.8-a de AEA 95301, para conductores desnudos con tensiones fase-tierra mayores a 1 kV hasta 22 kV, la distancia horizontal básica a paredes con aberturas accesibles o ventanas de abrir es:  $D = 2.7 \text{ m}$ .

Por tabla 7.8-a de AEA 95301, para conductores desnudos con tensiones fase-tierra mayores a 1 kV hasta 22 kV, la distancia vertical básica a techos, balcones, chimeneas, antenas de radio y televisión, etc, es:  $D = 4.1 \text{ m}$ .

##### Con conductores desplazados por acción del viento

El desplazamiento de los conductores, desnudos o protegidos, corresponde al viento máximo, de diseño y la distancia a cumplir es de 1.9 m, para líneas con tensión fase-tierra hasta 22 kV.

#### *4.6 Distancia respecto a columnas de alumbrado*

Para líneas de clase B, considerando la flecha vertical máxima:

- Para conductores desnudos o protegidos por encima del brazo pescante o de la luminaria, 1.8 m en cualquier dirección, respecto de los mismos.
- Para conductores, por encima del plano de ubicación del artefacto de iluminación, respecto a cualquier posición practicable sobre la columna de alumbrado, su pescante y luminaria: 3 m en cualquier dirección, para instalaciones nuevas de líneas desnudas o protegidas.

#### *4.7 Franja de servidumbre*

Se define franja de servidumbre como aquella que se extiende a ambos lados de la línea y posee restricciones para su empleo.

La franja total de terreno, afectada por servidumbre, ancho físico de la línea (bajo condición de viento máximo) más las franjas de seguridad a ambos lados, responde a la fórmula:

$$A = C + 2 * (L_k + f_i) * \text{sen } \alpha + 2 * d$$

Donde:

A: Ancho total de la franja, en metros.

$C$ : Distancia entre los puntos de fijación de los conductores extremos, en metros, para líneas horizontales o triangulares. En líneas verticales  $C = 0$ .

$L_k$ : Longitud oscilante de la cadena de suspensión, en metros. Para aisladores rígidos  $L_k = 0$ .

$f_i$ : Flecha inclinada máxima del conductor, en metros, para el estado de viento definido en el punto 6.2.2 para franja de servidumbre.

$\alpha$ : Ángulo de declinación máximo del conductor, por efecto del viento definido en el punto 6.2.2 para franja de servidumbre. Dicho viento se corresponde con el empleado para la determinación de las distancias eléctricas externas de la línea.

$d$ : Distancia de seguridad, en metros.

$$d = 1.5 * d_m + 2$$

$d_m$ : Distancia mínima, en metros.

$$d_m = \frac{V_S}{150}$$

$$V_S = \mu * 1.2 * 0.82 * V_N$$

$\mu$ : Coeficiente de sobretensión máxima de servicio. (1.1 en general en sistemas trifásicos simétricos de 50 Hz y con centro de estrella, neutro, conectado rígidamente a tierra).

1.2: Consideración del enrarecimiento del aire (humedad, polución, etc.).

0.82: Factor de valor de cresta de la tensión (Tensión contra tierra).

$V_N$ : Tensión nominal de la línea, en kV.

Cálculo de la distancia de seguridad

$$V_S = \mu * 1.2 * 0.82 * V_N = 1.1 * 1.2 * 0.82 * 33 \text{ kV} = 35.71 \text{ kV}$$

$$d_m = \frac{V_S}{150} = \frac{35.71 \text{ kV}}{150} = 0.238 \text{ m}$$

$$d = 1.5 * d_m + 2 = 1.5 * 0.238 \text{ m} + 2 = 2.35 \text{ m}$$

Flecha máxima inclinada del conductor

Se considera igual a la flecha máxima en reposo.

$$f_i = f_{max} = 1.1 \text{ m}$$

Ángulo de declinación máximo del conductor, por efecto del viento

Se considera el mismo ángulo de inclinación obtenido para el cálculo de distancia mínima entre conductores.

$$\alpha_B = \beta_B = 72.5^\circ$$

$$\alpha_C = \beta_C = 80.6^\circ$$

Distancia entre los puntos de fijación de los conductores externos

$$C = 1.41 \text{ m}$$

Ancho de la franja de servidumbre

Se obtiene para exposición B y C.

$$A_B = C + 2 * (L_k + f_i) * \text{sen } \alpha_B + 2 * d$$

$$A_B = 1.41 \text{ m} + 2 * (0 \text{ m} + 1.1 \text{ m}) * \text{sen } 72.5^\circ + 2 * 2.35 \text{ m} = 8.20 \text{ m}$$

$$A_C = C + 2 * (L_k + f_i) * \text{sen } \alpha_C + 2 * d$$

$$A_C = 1.41 \text{ m} + 2 * (0 \text{ m} + 1.1 \text{ m}) * \text{sen } 80.6^\circ + 2 * 2.35 \text{ m} = 8.28 \text{ m}$$

Verificación de los anchos de franjas

Este ancho de la franja de servidumbre debe ser verificado, con los conductores en reposo, considerando que en los límites de la misma:

- a) El campo eléctrico no supere 3 kV/m.
- b) El campo magnético no supere 25  $\mu\text{T}$ .

## 5 Cálculo de estructuras

En este capítulo se realizará la selección y verificación de los postes de hormigón armado para estructuras de suspensión, estructuras angulares, estructuras de retención y estructuras terminales, de acuerdo a los lineamientos de AEA 95301 "Reglamentación de Líneas Aéreas Exteriores de Media Tensión y Alta Tensión".

### 5.1 Método de proyecto

El proyecto de las estructuras se basará en la aplicación del "Método de factorización de cargas y de resistencias"; debiéndose cumplir con la siguiente condición:

$$K_E * K_C * S \leq \varphi * R_C$$

Donde:

$K_E$  = Factor de carga estructural que tiene en cuenta el apartamiento de la estructura real, respecto al modelo ideal de cálculo y los recaudos constructivos (excentricidades no previstas en nudos y empalmes, falta de alineación de los elementos componentes, excentricidades en la aplicación de las cargas, etc.)

$K_E = 1$  Si el comportamiento de la estructura es verificado con ensayos de carga sobre un prototipo a escala natural, representativo de la resistencia de las estructuras a instalar en la obra.

$K_E = 1$  Para estructuras de estaciones transformadoras y soportes del equipamiento eléctrico.

$K_E = 1.1$  Si no se realizan ensayos sobre un prototipo a escala natural.

$K_C$  = Factor de carga por colapso que tiene en cuenta el tipo de estructura y el daño que produciría la falla de dicha estructura.

$K_C = 1$  Para estructuras de suspensión y retenciones de línea.

$K_C = 1.2$  Retenciones angulares y terminales de línea.

$K_C = 1.3$  Estructuras especiales para cruces de ríos navegables o de frontera. Centros de transformación aéreos tipo plataforma y soportes de su equipamiento eléctrico. No incluye a los transformadores de montaje tipo monoposte y su equipamiento; y a equipos de protección y maniobra de línea, instalados sobre postación simple o estructuras de línea (que solo deben ser considerados ante sus cargas estáticas y la presión de viento).

$S$  = Es una sollicitación última, que resulta ser la sollicitación máxima actuante (correspondiente a cargas aleatorias con un periodo de recurrencia  $T$ , a cargas de montaje, o a cargas especiales) calculada según se detalla en el presente capítulo, en función del destino, las condiciones de exposición de la obra y de acuerdo con las hipótesis del proyecto.

$K_E * K_C * S$  = Sollicitación última factorizada.

$R_c$  = Resistencia característica o nominal de los elementos componentes y el de sus uniones. Esta resistencia será determinada empíricamente por cálculo, a partir de los resultados de una serie de ensayos, o establecida como carga de rotura por las normas IRAM de aplicación.

$\phi$  = Factor global de resistencia estructural, que depende del tipo de sollicitación a que está sometido el elemento estructural y del material con el que está construido el mismo. Este coeficiente siempre menor que la unidad, tiene en cuenta la dispersión de la resistencia debido a la calidad de fabricación y montaje de la estructura.

Valores de los factores globales de resistencia

Elemento	Sollicitación	$\phi$	Observaciones
Postes	Flexión Flexo-Tracción	0.7 a 0.9	Postes simples – Patas traccionadas de pórticos (Notas 1, 2 y 3)
	Flexocompresión Compresión	0.7 a 0.75	Postes múltiples – Patas comprimidas de pórticos (Nota 2)
	Corte. Torsión. Torsión + Corte	0.85	En General
Ménsulas Cruceas	Flexión	0.9	(Nota 1)
	Corte Torsión Torsión + Corte	0.85	
Riendas y herrajes	Tracción Corte	0.5	Tiene la finalidad de limitar la flexibilidad del conjunto de sujeción

Nota 1: Las secciones de hormigón armado y parcialmente pretensado se consideran “subarmadas”, cuando al llegar a un estado límite, la deformación unitaria neta a tracción ( $\epsilon_L$ ) de la armadura más extrema (sin contar con la deformación unitaria efectiva del pretensado) es igual o mayor a 0.005. Para esta situación  $\phi$  es igual a 0.9.

Nota 2: Las secciones de hormigón armado y parcialmente pretensado se consideran “sobreamadas”, cuando al llegar a un estado límite, la deformación unitaria neta a tracción ( $\epsilon_L$ ) de la armadura más extrema (sin contar con la deformación unitaria efectiva del pretensado) es igual o inferior a 0.002. Para esta situación  $\phi$  es igual a 0.7 (armadura transversal con estribos) o 0.75 (armadura transversal con espirales continuos).

Nota 3: Para la zona de transición, comprendidas entre las deformaciones netas de tracción ( $\varepsilon_L$ ) del acero 0.002 y 0.005, el coeficiente  $\varphi$  de reducción de resistencia a flexión se calcula de acuerdo a las expresiones:

$$\varphi = 0.56 + 0.68 * \varepsilon_L \text{ (estribos) y } \varphi = 0.65 + 0.5 * \varepsilon_L \text{ (espirales continuos).}$$

## 5.2 Definición de las cargas de cálculo

### Cargas según su origen

Las cargas que actúan sobre una estructura para soporte de línea se agrupan, según su origen, en tres tipos:

- a) Aleatorias: Son las cargas originadas por el viento, los sismos o la formación de hielo, es decir aquellas cuya definición debe realizarse por medios estadísticos.
- b) Permanentes: Son aquellas cargas que pueden determinarse con más exactitud, tales como el peso de los distintos elementos, como ser conductores (cables de guardia, cables o tensores portantes), aisladores, etc. y que pueden considerarse invariables para la determinación del riesgo.
- c) Especiales: Agrupa las solicitaciones cuyo origen se encuentra en el montaje, el mantenimiento o en alguno de los elementos de la línea, como ser conductores, aisladores, etc.,. Estas cargas alcanzan valores máximos y no admiten tratamiento estadístico.

### Cargas según condiciones de funcionamiento

Desde el punto de vista de la función, una estructura se dimensionará para responder a distintas clases de requerimientos definidos por las condiciones de servicio a que estará sometida durante su vida útil. Las cargas de cálculo, en consecuencia responderán a condiciones de funcionamiento permanentes o transitorias, a saber:

- a) De servicio: Son las cargas originadas por la acción de elementos exteriores cuya magnitud y recurrencia se ajustará con la importancia de la línea y con la ubicación de la misma, y cargas permanentes cuya magnitud será invariable (tales como peso de los conductores, accesorios, etc.).
- b) De construcción y mantenimiento: En este grupo de cargas se considerarán esfuerzos que aparecen durante el montaje, el mantenimiento o reparación de la línea. Básicamente están dirigidas a evitar accidentes o pérdida de vidas de quienes efectúan las tareas de montaje o mantenimiento.

- c) De contención de fallas: Estas cargas tienen en cuenta fundamentalmente los esfuerzos que aparecen sobre las estructuras en caso de colapso de algún elemento de la línea y tienen como finalidad evitar la propagación de las fallas a los tramos adyacentes de la línea. Esta condición no es de aplicación en estructuras de madera.

### **Acciones a considerar**

- a) Presión del viento sobre los conductores o carga adicional (manguito de hielo).
- b) Presión del viento sobre los aisladores y accesorios.
- c) Presión del viento sobre la estructura.
- d) Acciones horizontales del tiro de los conductores por el ángulo de la línea, desequilibrio de los tiros, rotura de los conductores, etc.
- e) Acción vertical del tiro de los conductores.
- f) Peso de los aisladores y accesorios
- g) Peso de la estructura
- h) Peso de hielo sobre la estructura.
- i) Sobrecarga adicional de montaje en los puntos de fijación de las cadenas de aisladores o tensores portantes.
- j) Sismo, en las condiciones que establece el Reglamento INPRES-CIRSOC 103. Se deberán considerar las interacciones inerciales y las cinemáticas debidas a los corrimientos del terreno.

### ***5.3 Hipótesis de cálculo***

Las estructuras se proyectarán para las diferentes condiciones de funcionamiento, con las siguientes combinaciones de cargas:

#### **Estructuras de suspensión**

##### Cargas de servicio

- a) Peso propio y cargas verticales permanentes. Carga del viento máximo normal a la línea sobre aisladores, accesorios, estructura y sobre la semilongitud de conductores de ambos vanos adyacentes.
- b) Peso propio y cargas verticales permanentes. Carga del viento máximo sobre estructura, aisladores y accesorios en dirección de la línea.

- c) Peso propio y cargas verticales permanentes. Carga del viento máximo en dirección oblicua sobre estructura, aisladores, accesorios y sobre la semilongitud de conductores de ambos vanos adyacentes.
- d) Peso propio y cargas verticales permanentes. Carga adicional. Carga del viento normal a la línea sobre estructura, aisladores accesorios y semilongitud de conductores de ambos vanos adyacentes.
- e) Peso propio y cargas verticales permanentes. Carga adicional (por hielo). Tiro de todos los conductores reducidos unilateralmente un 20 % para longitudes de cadena de suspensión hasta 2.5 m o aisladores rígidos. La reducción unilateral será del 15 % del tiro, para cadenas de suspensión mayores de 2.5 m de longitud. Para cables de guardia la reducción unilateral será del 40 %.

#### Cargas de construcción y mantenimiento

- a) Peso propio de la estructura. Cargas verticales permanentes con un factor de carga de 2.5, aplicadas en cualquiera de los puntos de suspensión, en varios de ellos o en todos simultáneamente. Sobrecarga adicional de montaje. No se considera viento.

#### Cargas de contención de fallas

- a) Peso propio y cargas verticales permanentes. Carga longitudinal en cualquiera de los puntos de suspensión, equivalente al 50 % del tiro máximo de una fase o el 70 % del tiro a temperatura media anual (EDS), el que provoque solicitaciones más desfavorables para conductores simples o haces de conductores. En el caso del cable de guardia se aplicará el tiro máximo longitudinal reducido al 65 % o al 100 % del tiro a temperatura media anual (EDS). No se considera la carga del viento.

Nota 1: Para líneas de clase B y BB y en el caso de emplear sujeciones de conductor de tipo deslizantes, se considera para cada conductor, el valor máximo de tensión mecánica de deslizamiento. El diseño debe garantizar el deslizamiento durante toda su vida útil. No se considera viento.

Nota 2: En el caso de líneas de clase B y C compactas: donde se emplean brazos de suspensión no se aplica.

- b) Peso propio y cargas verticales permanentes. Cargas inerciales y desplazamientos relativos de apoyo producidos por el sismo de proyecto. No se considera la carga del viento.

Nota: Para las cargas de contención de falla indicadas en a) y b) corresponden a líneas que soportan hasta dos ternas. Para estructuras que soportan más de 2 y hasta 4 ternas, se agregará una carga longitudinal, de igual sentido, equivalente al 50 % de la utilizada para las dos primeras ternas, de forma tal que produzcan la sollicitación más desfavorable. Para estructuras con mayor

número de ternas se considerará la aplicación de una carga adicional longitudinal cada nuevo par de ternas, de igual intensidad que la aplicada para la 3ra y 4ta y de forma que provoque la sollicitación más desfavorable. En todos los casos se aplicará una única reducción de tiro por ménsula.

## **Estructuras de suspensión angular y angulares**

### Cargas de servicio

- a) Peso propio y cargas verticales permanentes. Carga del viento máximo sobre estructura, aisladores, accesorios y sobre la semilongitud de los conductores de ambos vanos adyacentes en dirección de la bisectriz del ángulo de la línea. Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores.
- b) Peso propio y cargas verticales permanentes. Carga del viento máximo sobre estructura, aisladores, accesorios y sobre la semilongitud de los conductores de ambos vanos adyacentes en dirección normal a la bisectriz del ángulo de la línea. Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores.
- c) Peso propio y cargas verticales permanentes. Carga del viento máximo en dirección oblicua sobre estructura, aisladores, accesorios y sobre la semilongitud de los conductores de ambos vanos adyacentes. Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores.
- d) Peso propio y cargas verticales permanentes. Carga adicional (por hielo). Carga del viento sobre estructura, aisladores, accesorios y sobre la semilongitud de los conductores de ambos vanos adyacentes en dirección de la bisectriz del ángulo de la línea. Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores.
- e) Peso propio y cargas verticales permanentes. Carga adicional. Tiro de todos los conductores reducidos unilateralmente un 20 % para longitud de cadena de suspensión hasta 2.5 m o aislador rígido. La reducción unilateral del tiro será del 15 % para longitud de cadena mayor a 2.5 m. Para el cable de guardia la reducción unilateral será del 40 %. Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores.
- f) Peso propio y cargas verticales permanentes. Tracciones de todos los conductores en el estado de temperatura mínima.

### Cargas de construcción y mantenimiento

- a) Peso propio de la estructura. Cargas verticales permanentes con un factor de carga de 2.5 m, aplicadas en cualquiera de los puntos de sujeción, en varios de ellos o en todos simultáneamente. Sobrecarga adicional de montaje. No se considera el viento. Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores (o tensor portante, en líneas compactas de clase B y C), consideradas a temperatura mínima.

### Cargas de contención de falla

- a) Peso propio y cargas verticales permanentes. Carga longitudinal en cualquiera de los puntos de sujeción, equivalente a:
- i) Estructura de suspensión angular, al 50 % del tiro máximo de una fase o al 70 % del tiro a temperatura media anual (EDS), el que provoque solicitaciones más desfavorables, para conductores simples o haces de conductores;
  - ii) Estructura angular, 100 % del tiro máximo de una fase para conductores simples o haces de conductores. En el caso de cables de guardia se aplicará el tiro máximo longitudinal reducido al 65 % o al 100 % del tiro a temperatura media anual (EDS). No se considera la carga del viento. Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores, considerados a temperatura mínima.

Nota: Para líneas de clase B y C compactas se debe considerar el esfuerzo a la rotura correspondiente a la tracción del tensor portante considerada a temperatura media anual con un factor de carga de 1.5.

- b) Peso propio y cargas verticales permanentes. Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores e cables de guardia correspondientes a la tracción con temperatura mínima. Cargas inerciales y desplazamientos relativos de apoyos producidos por el sismo del proyecto. No se considera la carga de viento.

Nota: Para las cargas de contención de falla indicadas en a) y b) corresponden a líneas que soportan hasta dos ternas. Para estructuras que soportan más de 2 y hasta 4 ternas, se agregará una carga longitudinal, de igual sentido, equivalente al 50 % de la utilizada para las dos primeras ternas, de forma tal que produzcan la solicitación más desfavorable. Para estructuras con mayor número de ternas se considerará la aplicación de una carga adicional longitudinal cada nuevo par de ternas, de igual intensidad que la aplicada para la 3ra y 4ta y de forma que provoque la solicitación más desfavorable. En todos los casos se aplicará una única reducción de tiro por ménsula.

### **Estructuras de retención y retención angular**

#### Cargas de servicio

- a) Peso propio y cargas verticales permanentes. Carga del viento máximo en dirección de la bisectriz del ángulo de la línea sobre estructura, aisladores, accesorios y sobre la semilongitud de los conductores de ambos vanos adyacentes. Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores.
- b) Peso propio y cargas verticales permanentes. Carga del viento máximo sobre estructura, aisladores, accesorios y sobre la semilongitud de los conductores de ambos vanos adyacentes en dirección normal a la

- bisectriz del ángulo de la línea. Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores.
- c) Peso propio y cargas verticales permanentes. Carga del viento máximo en dirección oblicua sobre estructura, aisladores, accesorios y sobre la semilongitud de los conductores de ambos vanos adyacentes. Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores.
  - d) Peso propio y cargas verticales permanentes. Carga adicional (por hielo). Carga del viento sobre estructura, aisladores, accesorios y sobre la semilongitud de los conductores de ambos vanos adyacentes. Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores.
  - e) Peso propio y cargas verticales permanentes. Tracciones de todos los conductores en el estado de temperatura mínima.

#### Cargas de construcción y mantenimiento

- a) Peso propio de la estructura. Cargas verticales permanentes con un factor de carga de 2.5 en uno cualquiera, varios o todos los puntos de sujeción de fase o cable de guardia. Sobrecarga adicional de montaje. Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores (o tensor portante, en líneas compactas de clase B y C), consideradas a temperatura mínima. No se considera viento.
- b) Peso propio. Cargas verticales permanentes con un factor de carga de 2.5. Carga unilateral de todos los conductores (o tensor portante, en líneas compactas de clase B y C), correspondiente a la tracción considerada a temperatura media anual con un factor de carga de 1.5. No se considera viento.

#### Cargas de contención de falla

- a) Peso propio y cargas verticales permanentes. Tiro máximo unilateral aplicado en cualquiera de los puntos de sujeción de fase o cable de guardia. Fuerzas resultantes de las tracciones de los restantes conductores e cables de guardia. No se considera viento.
- b) Peso propio y cargas verticales permanentes. Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores e cables de guardia correspondientes a la tracción en el estado de mayor sollicitación. Fuerzas inerciales y desplazamientos relativos de apoyos producidos por el sismo de proyecto. No se considera la carga de viento.

Nota: Para líneas de clase B y C compactas se debe considerar el esfuerzo a la rotura correspondiente a la máxima tracción del tensor portante.

- c) Peso propio y cargas verticales permanentes. Tiro unilateral máximo, en el estado que corresponda, igual a  $2/3$  para líneas horizontales o por

corte del conductor superior (el que ocasione el mayor esfuerzo). No se considera la carga de viento. No es requisito obligatorio para líneas superiores a la clase C.

## **Estructuras terminales**

### Cargas de servicio

- a) Peso propio y cargas verticales permanentes. Carga del viento máximo perpendicular a la dirección de la línea sobre estructura, aisladores, accesorios y sobre la semilongitud de los conductores del vano adyacente. Tracciones unilaterales de todos los conductores.
- b) Peso propio y cargas verticales permanentes. Tracciones unilaterales de todos los conductores en el estado de temperatura mínima.
- c) Peso propio y cargas verticales permanentes. Carga adicional. Carga del viento perpendicular a la dirección de la línea sobre estructura, aisladores, accesorios y sobre la semilongitud de los conductores del vano adyacente. Tracciones unilaterales de todos los conductores.

### Cargas de construcción y mantenimiento

- a) Peso propio. Cargas verticales permanentes con un factor de carga de 2.5 en cualquiera de los puntos de sujeción de fase o cable de guardia. Sobrecarga adicional de montaje. Tiro de todos los conductores correspondientes a la tracción de tensado considerada a temperatura media anual con un factor de carga de 1.5. No se considera viento.

### Cargas de contención de falla

- a) Peso propio y cargas verticales permanentes. Eliminación de una cualquiera o varias tracciones en el estado de mayor sollicitación. No se considera la carga de viento.
- b) Peso propio y cargas verticales permanentes. Tiro de todos los conductores e cable de guardia correspondientes a la tracción en el estado de mayor sollicitación. Cargas inerciales y desplazamientos relativos de apoyo producidos por el sismo de proyecto. No se considera la carga de viento.

## **Aclaraciones Generales**

- a) Viento oblicuo: La verificación con viento oblicuo debe efectuarse para la dirección más comprometida entre las siguientes: 30°, 45° y 60° respecto de la bisectriz del ángulo de la línea.
- b) Viento con hielo: En la zona climática "D" el hielo solo se considera sobre conductores y cable de guardia con una densidad de 900 kg/m<sup>3</sup>. Estas

condiciones podrán modificarse, si se dispone de la información específica. El manguito se considerará cilíndrico y con coeficiente aerodinámico igual a 1.

La velocidad del viento a adoptar, es la que corresponde a la hipótesis de cálculo considerada. Su valor no será inferior a lo especificado en el punto 10.2.2.7 de la norma AEA 95301.

El valor de tracción de conductores a adoptar, es el que corresponde a la hipótesis de cálculo considerada.

- c) Se designa "carga vertical permanente" al peso de los conductores, aisladores y accesorios.
- d) Se designa "carga adicional" al peso del hielo sobre los conductores.
- e) Se designa "ángulo de la línea" al ángulo menor de  $180^\circ$  determinado por la traza de la línea en correspondencia con los vanos adyacentes de un soporte angular.

## 5.4 Cálculo de un poste de suspensión

### Designación del poste

La resistencia del poste se elige de modo tal de cumplir con las verificaciones mecánicas de resistencia para todas las hipótesis estudiadas.

La altura total del poste surge del dimensionamiento del cabezal y del estudio de planialtimetría, donde se tuvo en cuenta la flecha máxima obtenida en el cálculo mecánico de los conductores y la altura libre establecida en 9 m para zona urbana.

$R_c := 750 \text{ daN}$	resistencia del poste
$H := 15 \text{ m}$	longitud total del poste
$d := 17 \text{ cm}$	diámetro del poste en la cima
$D := 39 \text{ cm}$	diámetro del poste en el empotramiento
$G_{gp} := 1489 \text{ kgf} \cdot 0.981 \cdot \frac{\text{daN}}{\text{kgf}} = 1461 \text{ daN}$	peso del poste

El poste se designa 15 R750 según IRAM 1586.

### Dimensionamiento geométrico

El cabezal se diseña respetando las distancias eléctricas mínimas ya estudiadas.

$h := 0.9 \cdot H = 13.5 \text{ m}$	altura libre del poste
$t_1 := 0.1 \cdot H = 1.5 \text{ m}$	empotramiento
$h_{cs} := 13.41 \text{ m}$	altura de conductor superior
$h_{cm} := 12.81 \text{ m}$	altura de conductor medio
$h_{ci} := 12.21 \text{ m}$	altura de conductor inferior
$L_c := 0.7 \text{ m}$	distancia del conductor al eje del poste

## Hipótesis de carga

### Datos

$a_1 := 100 \text{ m}$	vano adyacente anterior
$a_2 := 100 \text{ m}$	vano adyacente posterior
$\gamma := 260 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{km}}$	masa por unidad de longitud del conductor
$G_{gc} := \left( \frac{a_1}{2} + \frac{a_2}{2} \right) \cdot \gamma \cdot 9.81 \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 25.5 \text{ daN}$	peso del conductor
$G_{ga} := 3.6 \text{ kgf} \cdot 0.981 \cdot \frac{\text{daN}}{\text{kgf}} = 3.5 \text{ daN}$	peso del aislador
$G_{gs} := 5 \text{ kgf} \cdot 0.981 \cdot \frac{\text{daN}}{\text{kgf}} = 4.9 \text{ daN}$	peso de soporte de aislador
$Q := 0.0613$	factor de densidad del aire
$Z_{pB} := 0.79$	factor del terreno para exposición B (de Tabla 10.2-f)
$V := 35 \frac{\text{m}}{\text{s}}$	velocidad de viento de cálculo (de Anexo C de la norma )
$F_c := 1$	factor de carga (de Tabla 10.2-b)
$G_W := 1$	factor de ráfaga para conductor y aislador
$G_t := 1$	factor de ráfaga para estructura
$C_{Fc} := 1$	coeficiente de forma para conductor
$C_{Fp} := 0.9$	coeficiente de forma para poste (de Tabla 10.2-e)
$d_c := 12.6 \text{ mm}$	diámetro del conductor
$A_c := d_c \cdot \left( \frac{a_1}{2} + \frac{a_2}{2} \right) = 12600 \text{ cm}^2$	área del conductor
$A_a := 230.58 \text{ cm}^2$	área del aislador
$D_e := d + \frac{D-d}{H} \cdot h = 36.8 \text{ cm}$	diámetro del poste a nivel del suelo

$$A_p := \frac{(d + D_e)}{2} \cdot h = 3.6 \text{ m}^2 \quad \text{área del poste (fórmula del área de un trapecio)}$$

$$h_p := \frac{h}{3} \cdot \left( \frac{2 \cdot d + D_e}{d + D_e} \right) = 5.9 \text{ m} \quad \text{altura del centro de gravedad del poste (fórmula para el trapecio)}$$

### Cargas de servicio

a) "Peso propio y cargas verticales permanentes. Carga del viento máximo normal a la línea sobre aisladores, accesorios, estructuras y sobre la semilongitud de conductores de ambos vanos adyacentes".

Cargas desequilibradas reducidas a la cima: es un esfuerzo en la cima del poste que produce el mismo momento en la base del poste (a nivel del suelo) que las cargas verticales.

$$F_{des} := \frac{(G_{gc} + G_{ga} + G_{gs}) \cdot L_c \cdot 2 - (G_{gc} + G_{ga} + G_{gs}) \cdot L_c + G_{gp} \cdot 0}{h} \text{ m}$$

$$F_{des} = 1.8 \text{ daN}$$

Nota: el centro de gravedad del aislador y del soporte se considera en el punto de fijación del conductor.

Carga del viento reducida a la cima: es un esfuerzo en la cima del poste que produce el mismo momento en la base del poste (a nivel del suelo) que las fuerzas del viento sobre el poste, conductores y aisladores.

$$\psi := 0^\circ \quad \text{ángulo del viento con el eje perpendicular de la línea}$$

Fuerza del viento sobre conductor

$$F_{cB} := \left( Q \cdot 10 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) \cdot (Z_{pB} \cdot V)^2 \cdot F_c \cdot G_W \cdot C_{Fc} \cdot A_c \cdot \cos(\psi)^2 = 59 \text{ daN}$$

Fuerza del viento sobre aislador

$$F_{aB} := \left( Q \cdot 10 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) \cdot (Z_{pB} \cdot V)^2 \cdot F_c \cdot G_W \cdot C_{Fc} \cdot A_a \cdot \cos(\psi)^2 = 1.1 \text{ daN}$$

Fuerza del viento sobre el poste

$$F_{vp} := \left( Q \cdot 10 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) \cdot (Z_{pB} \cdot V)^2 \cdot F_c \cdot G_t \cdot C_{Fp} \cdot A_p \cdot \cos(\psi)^2 = 153 \text{ daN}$$

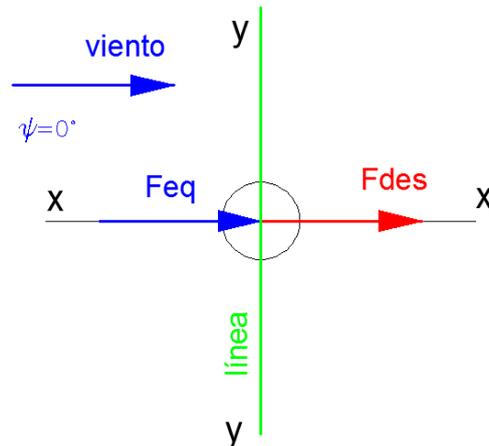
Fuerza del viento sobre el poste reducida a la cima

$$F_p := \frac{F_{vp} \cdot h_p}{h} = 67 \text{ daN}$$

Carga del viento reducida a la cima

$$F_{eq} := \frac{(F_{cB} + F_{aB}) \cdot h_{cs} + (F_{cB} + F_{aB}) \cdot h_{cm} + (F_{cB} + F_{aB}) \cdot h_{ci}}{h} + F_p$$

$$F_{eq} = 238 \text{ daN}$$



Esquema que muestra el sentido de los esfuerzos reducidos a la cima

Fuerza resultante en la cima

$$T_{1a} := F_{des} + F_{eq}$$

$$T_{1a} = 240 \text{ daN}$$

b) "Peso propio y cargas verticales permanentes. Carga del viento máximo sobre estructuras, aisladores y accesorios en dirección de la línea".

Cargas desequilibradas reducidas a la cima

$$F_{des} := \frac{(G_{gc} + G_{ga} + G_{gs}) \cdot L_c \cdot 2 - (G_{gc} + G_{ga} + G_{gs}) \cdot L_c + G_{gp} \cdot 0}{h} \text{ m}$$

$$F_{des} = 1.8 \text{ daN}$$

$\psi := 90^\circ$  ángulo del viento con el eje perpendicular de la línea

Fuerza del viento sobre aislador

$$F_{aB} := \left( Q \cdot 10 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) \cdot (Z_{pB} \cdot V)^2 \cdot F_c \cdot G_W \cdot C_{Fc} \cdot A_a \cdot \cos(\psi)^2 = 0 \text{ daN}$$

Fuerza del viento sobre el poste

$$F_{vp} := \left( Q \cdot 10 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) \cdot (Z_{pB} \cdot V)^2 \cdot F_c \cdot G_t \cdot C_{Fp} \cdot A_p \cdot \cos(\psi)^2 = 0 \text{ daN}$$

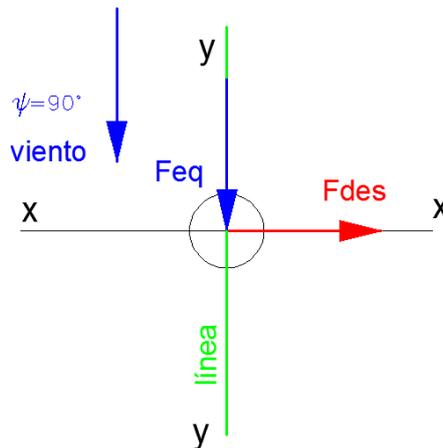
Fuerza del viento sobre el poste reducida a la cima

$$F_p := \frac{F_{vp} \cdot h_p}{h} = 0 \text{ daN}$$

Carga del viento reducida a la cima

$$F_{eq} := \frac{(F_{cB} + F_{aB}) \cdot h_{cs} + (F_{cB} + F_{aB}) \cdot h_{cm} + (F_{cB} + F_{aB}) \cdot h_{ci}}{h} + F_p$$

$$F_{eq} = 168 \text{ daN}$$



Esquema que muestra el sentido de los esfuerzos reducidos a la cima

Fuerza resultante en la cima

$$T_{1b} := \sqrt{F_{des}^2 + F_{eq}^2}$$

$$T_{1b} = 168 \text{ daN}$$

c) "Peso propio y cargas verticales permanentes. Carga del viento máximo en dirección oblicua sobre estructura, aisladores, accesorios y sobre la semilongitud de conductores de ambos vanos adyacentes".

Cargas desequilibradas reducidas a la cima

$$F_{des} := \frac{(G_{gc} + G_{ga} + G_{gs}) \cdot L_c \cdot 2 - (G_{gc} + G_{ga} + G_{gs}) \cdot L_c + G_{gp} \cdot 0}{h} \text{ m}$$

$$F_{des} = 1.8 \text{ daN}$$

$\psi := 45^\circ$  ángulo del viento con el eje perpendicular de la línea

Fuerza del viento sobre conductor

$$F_{cB} := \left( Q \cdot 10 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) \cdot (Z_{pB} \cdot V)^2 \cdot F_c \cdot G_W \cdot C_{Fc} \cdot A_c \cdot \cos(\psi)^2 = 30 \text{ daN}$$

Fuerza del viento sobre aislador

$$F_{aB} := \left( Q \cdot 10 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) \cdot (Z_{pB} \cdot V)^2 \cdot F_c \cdot G_W \cdot C_{Fa} \cdot A_a \cdot \cos(\psi)^2 = 0.5 \text{ daN}$$

Fuerza del viento sobre el poste

$$F_{vp} := \left( Q \cdot 10 \cdot \frac{kg}{m^3} \right) \cdot (Z_{pB} \cdot V)^2 \cdot F_c \cdot G_t \cdot C_{Fp} \cdot A_p \cdot \cos(\psi)^2 = 77 \text{ daN}$$

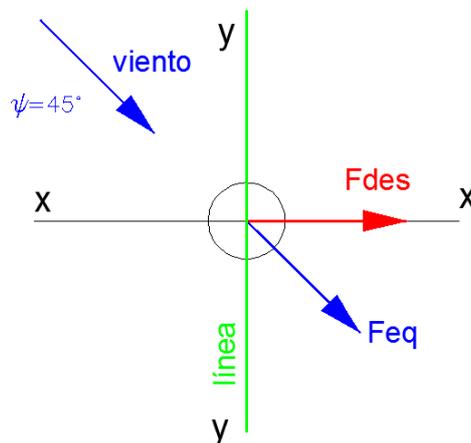
Fuerza del viento sobre el poste reducida a la cima

$$F_p := \frac{F_{vp} \cdot h_p}{h} = 34 \text{ daN}$$

Carga del viento reducida a la cima

$$F_{eq} := \frac{(F_{cB} + F_{aB}) \cdot h_{cs} + (F_{cB} + F_{aB}) \cdot h_{cm} + (F_{cB} + F_{aB}) \cdot h_{ci}}{h} + F_p$$

$$F_{eq} = 119 \text{ daN}$$



Esquema que muestra el sentido de los esfuerzos reducidos a la cima

Fuerza resultante en la cima

$$T_{1c} := \sqrt{(F_{des} + F_{eq} \cdot \cos(\psi))^2 + (F_{eq} \cdot \sin(\psi))^2} \quad T_{1c} = 120 \text{ daN}$$

d) "Peso propio y cargas verticales permanentes. Carga adicional. Carga del viento normal a la línea sobre estructura, aisladores, accesorios y semilongitud de conductores de ambos vanos adyacentes".

No se considera carga adicional (peso del hielo sobre conductores), de modo que el tiro reducido a la cima es el mismo de la hipótesis a).

$$T_{1d} := T_{1a} \quad T_{1d} = 240 \text{ daN}$$

e) "Peso propio y cargas verticales permanentes. Carga adicional (por hielo). Tiro de todos los conductores reducidos unilateralmente un 20 % para longitudes de cadena de suspensión hasta 2.5 m o aisladores rígidos. La reducción unilateral será del 15 % del tiro, para cadenas de suspensión mayores de 2.5 m de longitud. Para cables de guardia la reducción unilateral será del 40 %".

Cargas desequilibradas reducidas a la cima

$$F_{des} := \frac{(G_{gc} + G_{ga} + G_{gs}) \cdot L_c \cdot 2 - (G_{gc} + G_{ga} + G_{gs}) \cdot L_c + G_{gp} \cdot 0}{h} \text{ m}$$

$$F_{des} = 1.8 \text{ daN}$$

No se considera carga adicional (peso del hielo sobre conductores) en la zona estudiada.

Tiro de los conductores

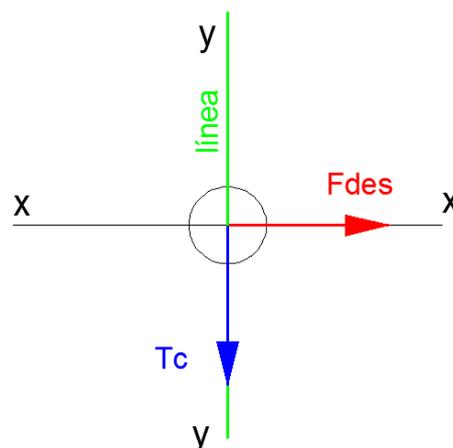
$$\sigma_{II} := 8.67 \frac{\text{daN}}{\text{mm}^2} \quad \text{tensión mecánica del estado II (máxima tensión)}$$

$$S_c := 94.76 \text{ mm}^2 \quad \text{sección real del conductor}$$

$$T_{II} := \sigma_{II} \cdot S_c = 822 \text{ daN} \quad \text{tiro máximo de un conductor}$$

Tiro de todos los conductores reducido a la cima

$$T_c := \frac{0.2 \cdot T_{II} \cdot (h_{ci} + h_{cm} + h_{cs})}{h} = 468 \text{ daN}$$



Esquema que muestra el sentido de los esfuerzos reducidos a la cima

Fuerza resultante en la cima

$$T_{1e} := \sqrt{F_{des}^2 + T_c^2}$$

$$T_{1e} = 468 \text{ daN}$$

### Cargas de construcción y mantenimiento

a) "Peso propio de la estructura. Cargas verticales permanentes con un factor de carga de 2.5, aplicadas en cualquiera de los puntos de suspensión, en varios de ellos o en todos simultáneamente. Sobrecarga adicional de montaje. No se considera viento".

Cargas desequilibradas reducidas a la cima

$$F_{des} := \frac{2.5 \cdot (G_{gc} + G_{ga} + G_{gs}) \cdot L_c + G_{gp} \cdot 0}{h} \text{ m}$$

$$F_{des} = 4.4 \text{ daN}$$

Para una línea de 33 kV, la sobrecarga adicional es de 200 daN (Tabla 12.1-a). La carga adicional se considera aplicada en uno de los aisladores.

Carga adicional reducida a la cima

$$F_{ad} := \frac{200 \text{ daN} \cdot L_c}{h} = 10 \text{ daN}$$

Fuerza resultante en la cima

$$T_{2a} := F_{des} + F_{ad}$$

$$T_{2a} = 15 \text{ daN}$$

### Cargas de contención de fallas

a) "Peso propio y cargas verticales permanentes. Carga longitudinal en cualquiera de los puntos de suspensión, equivalente al 50 % del tiro máximo de una fase o el 70 % del tiro a temperatura media anual, el que provoque solicitaciones mas desfavorables para conductores simples o haces de conductores. En el caso del cable de guardia se aplicará el tiro máximo longitudinal reducido al 65 % o al 100 % del tiro a temperatura media anual. No se considera la carga del viento".

Cargas desequilibradas reducidas a la cima

$$F_{des} := \frac{(G_{gc} + G_{ga} + G_{gs}) \cdot L_c \cdot 2 - (G_{gc} + G_{ga} + G_{gs}) \cdot L_c + G_{gp} \cdot 0}{h} \text{ m}$$

$$F_{des} = 1.8 \text{ daN}$$

Tiro de los conductores

$$\sigma_{II} := 8.67 \frac{\text{daN}}{\text{mm}^2} \quad \text{tensión mecánica del estado II (mínima temperatura)}$$

$$S_c := 94.76 \text{ mm}^2 \quad \text{sección real del conductor}$$

$$T_{II} := 0.5 \cdot \sigma_{II} \cdot S_c = 411 \text{ daN} \quad \text{tiro máximo de un conductor}$$

$$\sigma_V := 5.59 \frac{\text{daN}}{\text{mm}^2} \quad \text{tensión mecánica del estado V (temperatura media anual)}$$

$$S_c := 94.76 \text{ mm}^2 \quad \text{sección real del conductor}$$

$$T_V := 0.7 \cdot \sigma_V \cdot S_c = 371 \text{ daN} \quad \text{tiro máximo de un conductor}$$

Estudiamos el tiro del estado II por ser el de mayor valor.

Carga longitudinal aplicada en conductor inferior

El tiro del conductor inferior en el estado de mínima temperatura, ante una falla, produce un momento flector:

$$Mf := T_{II} \cdot h_{ci} = 5016 \text{ m} \cdot \text{daN}$$

Y el momento torsor resulta:

$$Mt := T_{II} \cdot L_c = 288 \text{ m} \cdot \text{daN}$$

El efecto combinado de ambos momentos puede evaluarse como un momento flector, que llamamos momento combinado:

$$Mc := 0.5 \cdot \left( Mf + \sqrt{Mf^2 + Mt^2} \right) = 5020 \text{ m} \cdot \text{daN}$$

El tiro equivalente reducido en la cima será:

$$F_{eq_i} := \frac{Mc}{h} = 372 \text{ daN}$$

Carga longitudinal aplicada en conductor medio

El tiro del conductor medio en el estado de mínima temperatura, ante una falla, produce un momento flector:

$$Mf := T_{II} \cdot h_{cm} = 5262 \text{ m} \cdot \text{daN}$$

Y el momento torsor resulta:

$$Mt := T_{II} \cdot L_c = 288 \text{ m} \cdot \text{daN}$$

El efecto combinado de ambos momentos puede evaluarse como un momento flector, que llamamos momento combinado:

$$M_c := 0.5 \cdot \left( M_f + \sqrt{M_f^2 + M_t^2} \right) = 5266 \text{ m} \cdot \text{daN}$$

El tiro equivalente reducido en la cima será:

$$F_{eq_m} := \frac{M_c}{h} = 390 \text{ daN}$$

Carga longitudinal aplicada en conductor superior

El tiro del conductor superior en el estado de mínima temperatura, ante una falla, produce un momento flector:

$$M_f := T_{II} \cdot h_{cs} = 5509 \text{ m} \cdot \text{daN}$$

Y el momento torsor resulta:

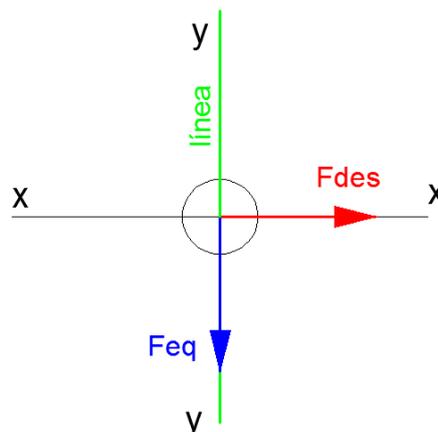
$$M_t := T_{II} \cdot L_c = 288 \text{ m} \cdot \text{daN}$$

El efecto combinado de ambos momentos puede evaluarse como un momento flector, que llamamos momento combinado:

$$M_c := 0.5 \cdot \left( M_f + \sqrt{M_f^2 + M_t^2} \right) = 5512 \text{ m} \cdot \text{daN}$$

El tiro equivalente reducido en la cima será:

$$F_{eq_s} := \frac{M_c}{h} = 408 \text{ daN}$$



Esquema que muestra el sentido de los esfuerzos reducidos a la cima

Fuerza resultante en la cima

$$T_{3a} := \sqrt{F_{eq_s}^2 + F_{des}^2}$$

$$T_{3a} = 408 \text{ daN}$$

b) "Peso propio y cargas verticales permanentes. Cargas inerciales y desplazamientos relativos de apoyo producidos por el sismo de proyecto. No se considera la carga de viento".

Cargas desequilibradas reducidas a la cima

$$F_{des} := \frac{(G_{gc} + G_{ga} + G_{gs}) \cdot L_c \cdot 2 - (G_{gc} + G_{ga} + G_{gs}) \cdot L_c + G_{gp} \cdot 0}{h} \text{ m}$$

$$F_{des} = 1.8 \text{ daN}$$

No se tienen en cuenta fenómenos sísmicos.

Fuerza resultante en la cima

$$T_{3b} := F_{des}$$

$$T_{3b} = 1.8 \text{ daN}$$

### Verificación mecánica

Datos

$K_E := 1.1$  factor de carga estructural para un poste en el que no se realiza ensayos de un prototipo a escala natural

$K_C := 1$  factor de carga por colapso para estructura de suspensión

$\varphi := 0.7$  factor global de resistencia estructural. De Tabla 12.6-c para sollicitación a la flexión y flexo-tracción

$R_c = 750 \text{ daN}$  resistencia del poste

Hipótesis 1a

if  $K_E \cdot K_C \cdot T_{1a} \leq \varphi \cdot R_c$  = "verifica"  
 || "verifica"  
 else  
 || "no verifica"

Hipótesis 1b

if  $K_E \cdot K_C \cdot T_{1b} \leq \varphi \cdot R_c$  = "verifica"  
 || "verifica"  
 else  
 || "no verifica"

## Hipótesis 1c

```
if  $K_E \cdot K_C \cdot T_{1c} \leq \varphi \cdot R_c$  = "verifica"  
  || "verifica"  
else  
  || "no verifica"
```

## Hipótesis 1d

```
if  $K_E \cdot K_C \cdot T_{1d} \leq \varphi \cdot R_c$  = "verifica"  
  || "verifica"  
else  
  || "no verifica"
```

## Hipótesis 1e

```
if  $K_E \cdot K_C \cdot T_{1e} \leq \varphi \cdot R_c$  = "verifica"  
  || "verifica"  
else  
  || "no verifica"
```

## Hipótesis 2a

```
if  $K_E \cdot K_C \cdot T_{2a} \leq \varphi \cdot R_c$  = "verifica"  
  || "verifica"  
else  
  || "no verifica"
```

## Hipótesis 3a

```
if  $K_E \cdot K_C \cdot T_{3a} \leq \varphi \cdot R_c$  = "verifica"  
  || "verifica"  
else  
  || "no verifica"
```

## Hipótesis 3b

```
if  $K_E \cdot K_C \cdot T_{3b} \leq \varphi \cdot R_c$  = "verifica"  
  || "verifica"  
else  
  || "no verifica"
```



UTN

Mejora del mallado y reparación de líneas  
de 33 kV en zona norte de Concordia

### 5.5 Tabla resumen de postes de suspensión

#### Postes de suspensión de Salida 5 (70 mm<sup>2</sup>)

Estructura	S	S+0,5	S+1	S+1,5	S+2	S+2,5	S+3	S+3,5
H [m]	12	12,5	13	13,5	14	14,5	15	15,5
Rc [daN]	750	750	750	750	750	750	750	1200
d [cm]	17	17	17	17	17	17	17	23
D [cm]	34,5	35,25	36	36,75	37,5	38,25	39	47
Ggp [kgf]	1014	1086	1161	1238	1319	1402	1489	2319
h [m]	10,8	11,25	11,7	12,15	12,6	13,05	13,5	13,95
t1 [m]	1,2	1,25	1,3	1,35	1,4	1,45	1,5	1,55
hcs [m]	10,71	11,16	11,61	12,06	12,51	12,96	13,41	13,86
hcm [m]	10,11	10,56	11,01	11,46	11,91	12,36	12,81	13,26
hci [m]	9,51	9,96	10,41	10,86	11,31	11,76	12,21	12,66
vano [m]	100	100	100	100	100	100	100	100
T1a [daN]	198	201	204	207	210	213	216	238
T1b [daN]	142	143	143	143	144	144	144	144
T1c [daN]	99	101	102	104	105	107	108	119
T1d [daN]	198	201	204	207	210	213	216	238
T1e [daN]	336	337	338	338	339	340	340	341
T2a [daN]	17	17	16	15	15	14	14	13
T3a [daN]	297	297	297	297	297	297	297	297
T3b [daN]	1,8	1,7	1,6	1,6	1,5	1,5	1,4	1,4
KE	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
KC	1	1	1	1	1	1	1	1
φ	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Verifica	Si							



**UTN**

Mejora del mallado y reparación de líneas  
de 33 kV en zona norte de Concordia

### Postes de suspensión de Salida 5 (95 mm<sup>2</sup>)

Estructura	S	S+0,5	S+1	S+1,5	S+2	S+2,5	S+3	S+3,5
H [m]	12	12,5	13	13,5	14	14,5	15	15,5
Rc [daN]	750	750	750	750	750	750	750	1200
d [cm]	17	17	17	17	17	17	17	23
D [cm]	34,5	35,25	36	36,75	37,5	38,25	39	47
Ggp [kgf]	1014	1086	1161	1238	1319	1402	1489	2319
h [m]	10,8	11,25	11,7	12,15	12,6	13,05	13,5	13,95
t1 [m]	1,2	1,25	1,3	1,35	1,4	1,45	1,5	1,55
hcs [m]	10,71	11,16	11,61	12,06	12,51	12,96	13,41	13,86
hcm [m]	10,11	10,56	11,01	11,46	11,91	12,36	12,81	13,26
hci [m]	9,51	9,96	10,41	10,86	11,31	11,76	12,21	12,66
vano [m]	100	100	100	100	100	100	100	100
T1a [daN]	222	225	228	231	234	237	240	262
T1b [daN]	166	166	167	167	167	168	168	168
T1c [daN]	111	113	114	116	117	119	120	131
T1d [daN]	222	225	228	231	234	237	240	262
T1e [daN]	461	463	464	465	466	467	468	469
T2a [daN]	18	18	17	16	16	15	15	14
T3a [daN]	408	408	408	408	408	408	408	408
T3b [daN]	2,2	2,1	2	2	1,9	1,8	1,8	1,7
KE	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
KC	1	1	1	1	1	1	1	1
φ	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Verifica	Si							

**Postes de suspensión de Salida 7 (70 mm<sup>2</sup>)**

Estructura	S	S+1	S+2	S+3
H [m]	12	13	14	15
Rc [daN]	825	925	925	1125
d [cm]	17	18	18	20
D [cm]	25	26	26	28
h [m]	10,2	11,1	12	12,9
t1 [m]	1,8	1,9	2	2,1
hcs [m]	10	10,9	11,8	12,7
hcm [m]	9,4	10,3	11,2	12,1
hci [m]	8,8	9,7	10,6	11,5
vano [m]	100	100	100	100
T1a [daN]	335	346	353	369
T1b [daN]	253	253	254	254
T1c [daN]	168	173	177	185
T1d [daN]	335	346	353	369
T1e [daN]	351	352	352	353
T2a [daN]	20	18	17	16
KE	1,1	1,1	1,1	1,1
Kc	1	1	1	1
φ	0,7	0,7	0,7	0,7
Verifica	Si	Si	Si	Si

**Postes de suspensión de Salida 7 (95 mm<sup>2</sup>)**

Estructura	S	S+1	S+2	S+3
H [m]	12	13	14	15
Rc [daN]	825	925	925	1125
d [cm]	17	18	18	20
D [cm]	25	26	26	28
h [m]	10,2	11,1	12	12,9
t1 [m]	1,8	1,9	2	2,1
hcs [m]	10	10,9	11,8	12,7
hcm [m]	9,4	10,3	11,2	12,1
hci [m]	8,8	9,7	10,6	11,5
vano [m]	100	100	100	100
T1a [daN]	378	389	395	412
T1b [daN]	295	295	296	296
T1c [daN]	190	195	198	206
T1d [daN]	378	389	395	412
T1e [daN]	483	484	484	485
T2a [daN]	21	20	18	17
KE	1,1	1,1	1,1	1,1
Kc	1	1	1	1
φ	0,7	0,7	0,7	0,7
Verifica	Si	Si	Si	Si

## 5.6 Cálculo de un poste de retención simple

### Designación del poste

La resistencia del poste se elige de modo tal de cumplir con las verificaciones mecánicas de resistencia para todas las hipótesis estudiadas.

La altura total del poste surge del dimensionamiento del cabezal y del estudio de planialtimetría, donde se tuvo en cuenta la flecha máxima obtenida en el cálculo mecánico de los conductores y la altura libre establecida en 9 m para zona urbana.

$R_c := 2100 \text{ daN}$	resistencia a rotura
$H := 12 \text{ m}$	altura total del poste
$h := 0.9 \cdot H = 10.8 \text{ m}$	altura libre
$G_{gp} := 2350 \text{ daN}$	peso
$c := 15 \frac{\text{mm}}{\text{m}}$	conicidad
$d := 27 \text{ cm}$	diámetro en la cima
$D := d + h \cdot c = 43.2 \text{ cm}$	diámetro en el empotramiento
$D_B := d + H \cdot c = 45 \text{ cm}$	diámetro en la base
$A_P := \frac{d+D}{2} \cdot h = 3.791 \text{ m}^2$	área del poste
$h_P := \frac{h}{3} \cdot \left( \frac{2 \cdot d + D}{d + D} \right) = 4.985 \text{ m}$	altura al centro de gravedad
$C_{Fp} := 0.9$	coeficiente de forma para poste (de Tabla 10.2-e)

El poste se designa 12 R2100 según IRAM 1586.

Se adopta la disposición coplanar horizontal.

### Elementos de cabecera

Aisladores

$$L := 480 \text{ mm}$$

longitud

$$d_{Ai} := 30 \text{ mm}$$

diámetro del núcleo

$$d_{Ae} := 88 \text{ mm}$$

diámetro exterior del aislador

$$A_{A1} := 17000 \text{ mm}^2$$

área aislador a lo largo de la línea

$$A_{A2} := 2600 \text{ mm}^2$$

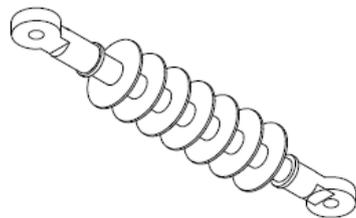
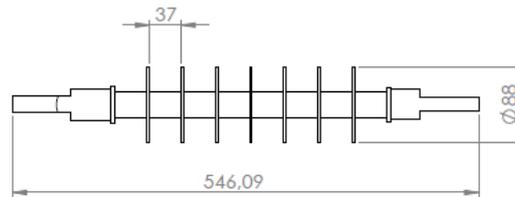
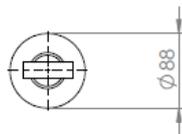
área aislador de frente

$$\gamma_A := 0$$

ángulo sobre la horizontal

$$G_A := 1.47 \text{ daN}$$

peso



Ménsula

$$G_M := 154 \text{ daN}$$

peso

$$L_{total} := 2 \text{ m}$$

largo total

$$L_{Nom} := 1.8 \text{ m}$$

largo nominal

$$h_M := 200 \text{ mm}$$

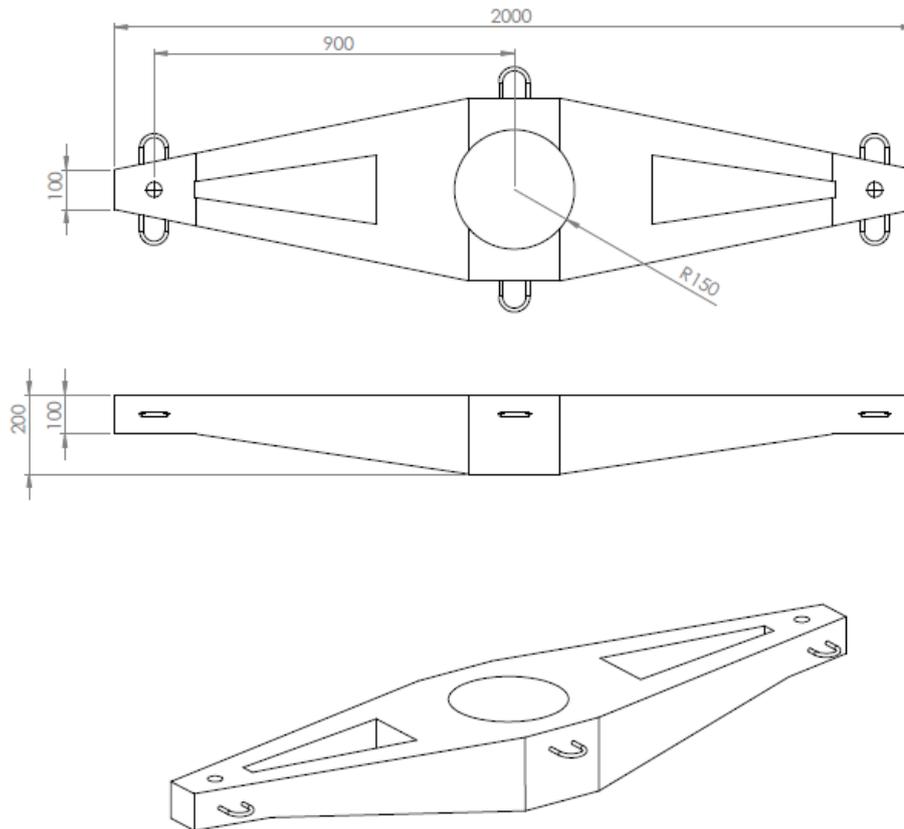
altura ménsula

$$A_{M1} := 2 \text{ m} \cdot 0.15 \text{ m} = 0.3 \text{ m}^2$$

área ménsula frente

$$A_{M2} := 20 \text{ cm} \cdot 50 \text{ cm} = 0.1 \text{ m}^2$$

área ménsula lateral



### Conductor

$$a_1 := 100 \text{ m}$$

vano anterior

$$a_2 := 91 \text{ m}$$

vano posterior

$$\gamma := 140 \frac{\text{kg}}{\text{km}} \cdot 9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 137.2 \frac{\text{daN}}{\text{km}}$$

peso específico conductor

$$G_{GC} := \frac{a_1 + a_2}{2} \cdot \gamma = 13.103 \text{ daN}$$

peso del conductor

$$d_C := 9.3 \text{ mm}$$

diámetro del conductor

$$A_C := d_C \cdot \frac{a_1 + a_2}{2} = 0.888 \text{ m}^2$$

área

$$d_{\text{hielo}} := 900 \frac{\text{daN}}{\text{m}^3}$$

densidad del hielo

### Fuerza del viento

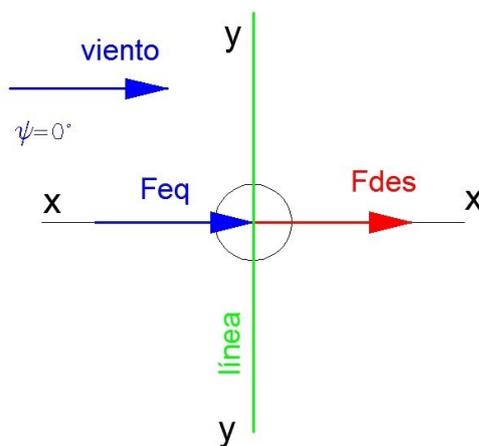
Carga del viento reducida a la cima: es un esfuerzo en la cima del poste que produce el mismo momento en la base del poste (a nivel del suelo) que las fuerzas del viento sobre el poste, conductores y aisladores.

$Q := 0.0613 \cdot 10 \frac{kg}{m^3}$	factor de densidad del aire
$V := 35 \cdot \frac{m}{s}$	velocidad de viento de cálculo (de Anexo C de la norma )
$G_W := 1$	factor de ráfaga para conductor y aislador
$G_t := 1$	factor de ráfaga para estructura
$Z_{pB} := 0.79$	factor del terreno para exposición B (de Tabla 10.2-f)
$F_C := 1$	factor de carga
$C_{Fc} := 1$	coeficiente de forma para conductor
$C_{Fp} := 0.9$	coeficiente de forma para poste (de Tabla 10.2-e)

### Hipótesis de carga

#### Cargas de servicio

a) "Peso propio y cargas permanentes. Viento máximo en dirección de la bisectriz del ángulo de la línea sobre estructura, aisladores, accesorios y sobre la semilongitud de los conductores de ambos vanos adyacentes. Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores".



Esquema que muestra el sentido de los esfuerzos reducidos a la cima

#### Cargas verticales

Cargas desequilibradas reducidas a la cima: es un esfuerzo en la cima del poste que produce el mismo momento en la base del poste (a nivel del suelo) que las cargas verticales.

$$F_{Des1} := \frac{-(G_{GC} + G_A) \cdot \frac{L_{Nom}}{2} + (G_{GC} + G_A) \cdot \frac{L_{Nom}}{2} + (G_{GC} + G_A) \cdot 0 \text{ m} + (G_{GC} + G_{gp}) \cdot 0 \text{ m}}{h}$$

$$F_{Des1} = 0 \text{ N}$$

### Viento

Carga del viento reducida a la cima: es un esfuerzo en la cima del poste que produce el mismo momento en la base del poste (a nivel del suelo) que las fuerzas del viento sobre el poste, conductores y aisladores.

$\psi := 0^\circ$  ángulo del viento con el eje perpendicular de la línea

### Fuerza sobre aisladores

$$F_{VAis1} := Q \cdot (Z_{pB} \cdot V)^2 \cdot F_C \cdot G_t \cdot C_{Fc} \cdot A_{A1} = 0.797 \text{ daN}$$

### Fuerza sobre poste

$$F_{VPost1} := Q \cdot (Z_{pB} \cdot V)^2 \cdot F_C \cdot G_t \cdot C_{Fp} \cdot A_P = 159.891 \text{ daN}$$

### Fuerza sobre ménsula

$$F_{VMens} := Q \cdot (Z_{pB} \cdot V)^2 \cdot F_C \cdot G_t \cdot C_{Fc} \cdot A_{M2} = 4.687 \text{ daN}$$

### Fuerza sobre el conductor

$$F_{VCond} := Q \cdot (Z_{pB} \cdot V)^2 \cdot F_C \cdot G_W \cdot C_{Fc} \cdot A_C \cdot \cos(\psi)^2 = 41.623 \text{ daN}$$

### Carga del viento reducida a la cima

$$F_V := \frac{6 \cdot F_{VAis1} \cdot h + F_{VPost1} \cdot h_P + F_{VMens} \cdot h + 3 F_{VCond} \cdot h}{h}$$

$$F_V = 208.133 \text{ daN}$$

### Fuerza resultante de tracción del conductor

$$F_{Des2} := 0 \text{ daN}$$

Fuerza resultante en la cima

Resultante desequilibrante

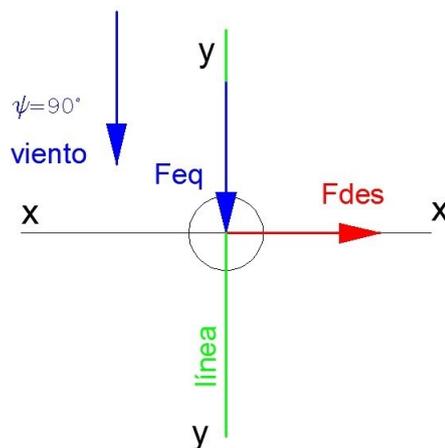
$$F_{1a} := \sqrt{F_{Des1}^2 + F_{Des2}^2} = 0 \text{ daN}$$

Resultante total

$$T_{1a} := \sqrt{F_{1a}^2 + F_V^2} = 208.133 \text{ daN}$$

$$T_{1a} = 208 \text{ daN}$$

b) "Peso propio y cargas permanentes. Carga del viento máximo sobre estructura, aisladores, accesorios y sobre la semilongitud de los conductores de ambos vanos adyacentes en dirección normal a la bisectriz del ángulo de la línea. Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores".



Esquema que muestra el sentido de los esfuerzos reducidos a la cima

Cargas verticales

$$F_{Des1} := \frac{-(G_{GC} + G_A) \cdot \frac{L_{Nom}}{2} + (G_{GC} + G_A) \cdot \frac{L_{Nom}}{2} + (G_{GC} + G_A) \cdot 0 \text{ m} + (G_{GC} + G_{gp}) \cdot 0 \text{ m}}{h}$$

$$F_{Des1} = 0 \text{ N}$$

Viento

Fuerza sobre aisladores

$$F_{VAis1} := Q \cdot (Z_{pB} \cdot V)^2 \cdot F_C \cdot G_t \cdot C_{Fe} \cdot A_{A2} = 0.122 \text{ daN}$$

Fuerza sobre poste

$$F_{VPost1} := Q \cdot (Z_{pB} \cdot V)^2 \cdot F_C \cdot G_t \cdot C_{Fp} \cdot A_P = 159.891 \text{ daN}$$

Fuerza sobre ménsula

$$F_{VMens} := Q \cdot (Z_{pB} \cdot V)^2 \cdot F_C \cdot G_t \cdot C_{Fc} \cdot A_{M1} = 14.06 \text{ daN}$$

Fuerza sobre el conductor

$$F_{VCond} := 0 \text{ daN}$$

Carga del viento reducida a la cima

$$F_V := \frac{6 \cdot F_{VAis1} \cdot h + F_{VPost1} \cdot h_P + F_{VMens} \cdot h + 3 F_{VCond} \cdot h}{h}$$

$$F_V = 88.587 \text{ daN}$$

Fuerza resultante de tracción del conductor

$$F_{Des2} := 0 \text{ daN}$$

Fuerza resultante en la cima

Resultante desequilibrante

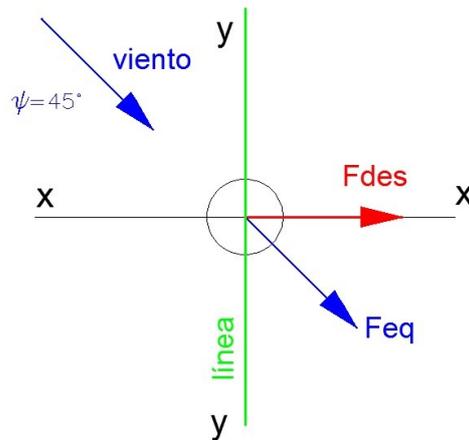
$$F_{1b} := \sqrt{F_{Des1}^2 + F_{Des2}^2} = 0 \text{ daN}$$

Resultante total

$$T_{1b} := \sqrt{F_{1b}^2 + F_V^2} = 88.587 \text{ daN}$$

$$T_{1b} = 89 \text{ daN}$$

*c) "Peso propio y cargas permanentes. Carga del viento máximo en dirección oblicua sobre estructura, aisladores accesorios y sobre la semilongitud de los conductores de ambos vanos adyacentes. Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores".*



Esquema que muestra el sentido de los esfuerzos reducidos a la cima

### Cargas verticales

$$F_{Des1} := \frac{-(G_{GC} + G_A) \cdot \frac{L_{Nom}}{2} + (G_{GC} + G_A) \cdot \frac{L_{Nom}}{2} + (G_{GC} + G_A) \cdot 0 \text{ m} + (G_{GC} + G_{gp}) \cdot 0 \text{ m}}{h}$$

$$F_{Des1} = 0 \text{ N}$$

### Viento

$\psi := 45^\circ$  ángulo del viento con el eje perpendicular de la línea

### Fuerza sobre aisladores

$$F_{VAis1} := Q \cdot (Z_{pB} \cdot V)^2 \cdot F_C \cdot G_t \cdot C_{Fc} \cdot A_{A1} = 0.797 \text{ daN}$$

### Fuerza sobre poste

$$F_{VPost1} := Q \cdot (Z_{pB} \cdot V)^2 \cdot F_C \cdot G_t \cdot C_{Fp} \cdot A_P = 159.891 \text{ daN}$$

### Fuerza sobre ménsula

$$F_{VMens} := Q \cdot (Z_{pB} \cdot V)^2 \cdot F_C \cdot G_t \cdot C_{Fc} \cdot A_{M1} = 14.06 \text{ daN}$$

### Fuerza sobre el conductor

$$F_{VCond} := Q \cdot (Z_{pB} \cdot V)^2 \cdot F_C \cdot G_W \cdot C_{Fc} \cdot A_C \cdot \cos(\psi)^2 = 20.812 \text{ daN}$$

### Carga del viento reducida a la cima

$$F_V := \frac{6 \cdot F_{VAis1} \cdot h + F_{VPost1} \cdot h_P + F_{VMens} \cdot h + 3 F_{VCond} \cdot h}{h}$$

$$F_V = 155.071 \text{ daN}$$

Fuerza resultante de tracción del conductor

$$F_{Des2} := 0 \text{ daN}$$

Fuerza resultante en la cima

Resultante desequilibrante

$$F_{1c} := \sqrt{F_{Des1}^2 + F_{Des2}^2} = 0 \text{ daN}$$

Resultante total

$$T_{1c} := \sqrt{F_{1c}^2 + F_V^2} = 155.071 \text{ daN}$$

$$T_{1c} = 155 \text{ daN}$$

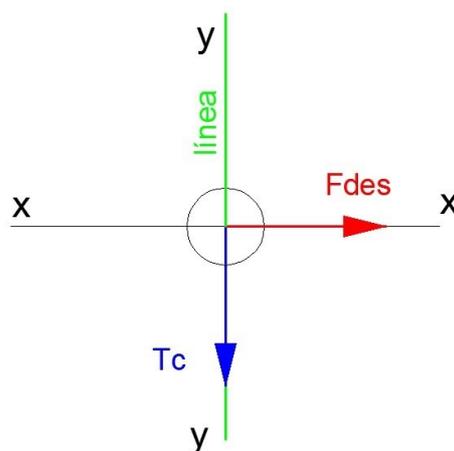
d) "Peso propio y cargas permanentes. Carga adicional (por hielo). Carga de viento sobre estructura, aisladores, accesorios y sobre la semilongitud de los conductores de ambos vanos adyacentes en dirección de la bisectriz del ángulo de la línea. Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores".

No se considera carga adicional (peso del hielo sobre conductores) en la zona estudiada, de modo que el tiro resulta el mismo de la hipótesis a).

$$T_{1d} := T_{1a}$$

$$T_{1d} = 208 \text{ daN}$$

e) "Peso propio y cargas permanentes. Tracciones unilaterales máximas en todos los conductores en el estado de temperatura mínima".



Esquema que muestra el sentido de los esfuerzos reducidos a la cima

Cargas verticales

$$F_{Des1} := \frac{-(G_{GC} + G_A) \cdot \frac{L_{Nom}}{2} + (G_{GC} + G_A) \cdot \frac{L_{Nom}}{2} + (G_{GC} + G_A) \cdot 0 \text{ m} + (G_{GC} + G_{gp}) \cdot 0 \text{ m}}{h}$$

$$F_{Des1} = 0 \text{ daN}$$

Tracción de conductores

$$\sigma_{II} := 8.73 \frac{\text{daN}}{\text{mm}^2} \quad \text{tensión mecánica del estado II para un vano de 91 m (mínima temperatura)}$$

$$S_C := 50 \text{ mm}^2 \quad \text{sección del conductor}$$

Fuerza resultante de tracción del conductor

$$F_{Res} := \frac{3 \cdot S_C \cdot \sigma_{II} \cdot h}{h}$$

$$F_{Res} = 1309.5 \text{ daN}$$

Fuerza resultante en la cima

Resultante desequilibrante

$$F_{1e} := \sqrt{F_{Des1}^2 + F_{Des2}^2} = 0 \text{ daN}$$

Resultante total

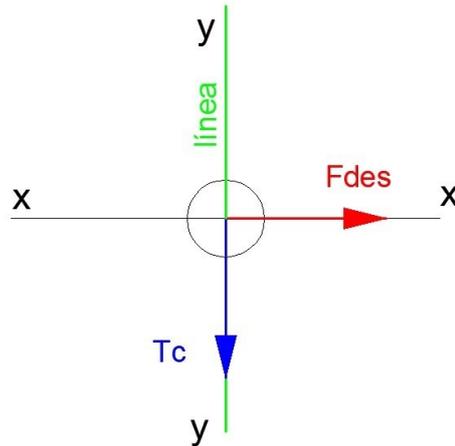
$$T_{1e} := \sqrt{F_{1e}^2 + F_{Res}^2}$$

$$T_{1e} = 1310 \text{ daN}$$

Cargas de construcción y mantenimiento

a) "Peso propio de la estructura. Cargas permanentes con un factor de carga de 2,50 en uno cualquiera, varios o todos los puntos de sujeción de fase o cable de guardia. Sobrecarga adicional de montaje. Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores consideradas a temperatura mínima. No se considera viento".

$$G_{Mon} := 200 \text{ daN} \quad \text{carga de montaje}$$



Esquema que muestra el sentido de los esfuerzos reducidos a la cima

Cargas verticales

$$F_{Des1} := \frac{2.5 (G_{GC} + G_A) \cdot \frac{L_{Nom}}{2} + G_M \cdot \frac{L_{Nom}}{2} + (G_{GC} + G_{gp}) \cdot 0 \text{ m}}{h}$$

$$F_{Des1} = 15.869 \text{ daN}$$

Tracción de conductores

Fuerza resultante de tracción del conductor

$$F_{Res} := 0 \text{ daN}$$

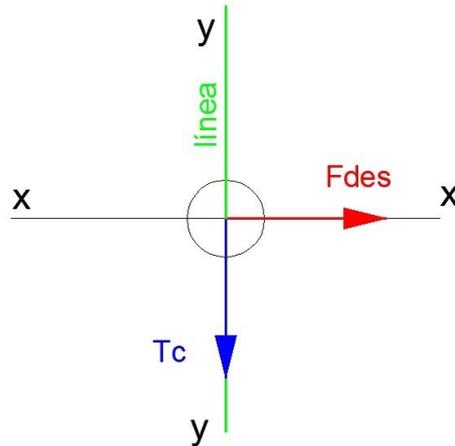
Fuerza resultante en la cima

Resultante desequilibrante

$$T_{2a} := \sqrt{F_{Des1}^2 + F_{Res}^2} = 15.869 \text{ daN}$$

$$T_{2a} = 16 \text{ daN}$$

b) "Peso propio. Cargas permanentes con un factor de carga de 2,50. Carga unilateral de todos los cables, correspondiente a la tracción considerada a temperatura media anual con un factor de carga de 1,5. No se considera viento".



Esquema que muestra el sentido de los esfuerzos reducidos a la cima

Cargas verticales

$$F_{Des1} := \frac{2.5 (G_{GC} + G_A) \cdot \frac{L_{Nom}}{2} + G_M \cdot \frac{L_{Nom}}{2} + (G_{GC} + G_{gp}) \cdot 0 \text{ m}}{h}$$

$$F_{Des1} = 15.869 \text{ daN}$$

Tracción de conductores

$$\sigma_V := 5.59 \frac{\text{daN}}{\text{mm}^2} \quad \text{tensión mecánica del estado V (temperatura media anual)}$$

$$S_C := 50 \text{ mm}^2 \quad \text{sección del conductor}$$

Fuerza resultante de tracción del conductor

$$F_{Res} := \frac{1.5 \cdot 3 \cdot S_C \cdot \sigma_V \cdot h}{h}$$

$$F_{Res} = 1257.75 \text{ daN}$$

Fuerza resultante en la cima

Resultante desequilibrante

$$F_{2b} := \sqrt{F_{Des1}^2 + F_{Res}^2} = 1257.85 \text{ daN}$$

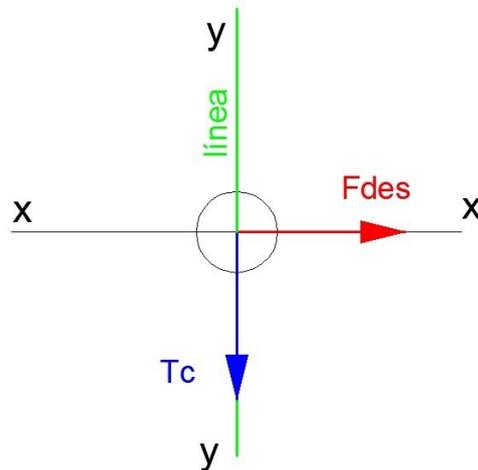
Resultante total

$$T_{2b} := \sqrt{F_{2b}^2 + F_{Des1}^2}$$

$$T_{2b} = 1258 \text{ daN}$$

Cargas de contención de fallas

a) "Peso propio y cargas permanentes. Tiro máximo unilateral aplicado en cualquiera de los puntos de sujeción de fase o cable de guardia. No se considera viento".



Esquema que muestra el sentido de los esfuerzos reducidos a la cima

Cargas verticales

$$F_{Des1} := \frac{-(G_{GC} + G_A) \cdot \frac{L_{Nom}}{2} + (G_{GC} + G_A) \cdot \frac{L_{Nom}}{2} + (G_{GC} + G_A) \cdot 0 \text{ m} + (G_{GC} + G_{gp}) \cdot 0 \text{ m}}{h}$$

$$F_{Des1} = 0 \text{ daN}$$

Tracción de conductores

Se selecciona la tensión correspondiente al estado II por ser la de mayor valor.

$$\sigma_{II} := 8.73 \cdot \frac{\text{daN}}{\text{mm}^2}$$

tensión mecánica del estado II para un vano de 91 m (mínima temperatura)

$$S_C := 50 \text{ mm}^2$$

sección del conductor

Fuerza resultante de tracción del conductor

$$T_{II} := \frac{S_C \cdot \sigma_{II} \cdot h}{h}$$

$$T_{II} = 436.5 \text{ daN}$$

Estudiamos el tiro del estado II por ser el de mayor valor.

El tiro de un conductor en el estado de mínima temperatura, ante una falla, produce un momento flector:

$$Mf := T_{II} \cdot h = 4714 \text{ m} \cdot \text{daN}$$

Y el momento torsor resulta:

$$Mt := T_{II} \cdot L_{Nom} = 786 \text{ m} \cdot \text{daN}$$

El efecto combinado de ambos momentos puede evaluarse como un momento flector, que llamamos momento combinado:

$$Mc := 0.5 \cdot \left( Mf + \sqrt{Mf^2 + Mt^2} \right) = 4747 \text{ m} \cdot \text{daN}$$

El tiro equivalente reducido en la cima será:

$$F_a := \frac{Mc}{h} = 440 \text{ daN}$$

Fuerza resultante en la cima

Resultante desequilibrante

$$T_{3a} := \sqrt{F_{Des1}^2 + F_a^2} = 439.51 \text{ daN}$$

$$T_{3a} = 440 \text{ daN}$$

*b) "Peso propio y cargas permanentes. Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores y cables de guardia correspondientes a la tracción con temperatura mínima. Fuerzas inerciales y desplazamientos relativos de apoyos producidos por el sismo de proyecto. No se considera viento".*

Como se considera una zona no sísmica el valor de las fuerzas inerciales se considera nulo, así mismo por ser una estructura de suspensión las fuerzas resultantes del tiro de los conductores también son nulas.

Cargas verticales

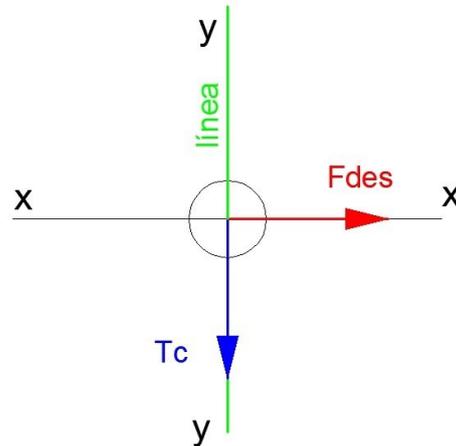
$$F_{Des1} := \frac{-(G_{GC} + G_A) \cdot \frac{L_{Nom}}{2} + (G_{GC} + G_A) \cdot \frac{L_{Nom}}{2} + (G_{GC} + G_A) \cdot 0 \text{ m} + (G_{GC} + G_{gp}) \cdot 0 \text{ m}}{h}$$

$$F_{Des1} = 0 \text{ daN}$$

Fuerza resultante en la cima

$$T_{3b} := 0 \text{ daN}$$

c) "Peso propio y cargas verticales permanentes. Tiro unilateral máximo igual a 2/3 para líneas horizontales o por corte del conductor superior (el que ocasione el mayor esfuerzo). No se considera viento. No es requisito obligatorio para líneas superiores a la clase C".



Esquema que muestra el sentido de los esfuerzos reducidos a la cima

Cargas verticales

$$F_{Des1} := \frac{-(G_{GC} + G_A) \cdot \frac{L_{Nom}}{2} + (G_{GC} + G_A) \cdot \frac{L_{Nom}}{2} + (G_{GC} + G_A) \cdot 0 \text{ m} + (G_{GC} + G_{gp}) \cdot 0 \text{ m}}{h}$$

$$F_{Des1} = 0 \text{ daN}$$

Tracción de conductores

$$\sigma_{II} := 8.73 \cdot \frac{\text{daN}}{\text{mm}^2} \quad \text{tensión mecánica del estado II para un vano 91 m (mínima temperatura)}$$

$$S_C := 50 \text{ mm}^2 \quad \text{sección del conductor}$$

Fuerza resultante de tracción del conductor

$$F_{Res} := \frac{\frac{3}{4} \cdot 3 \cdot S_C \cdot \sigma_V \cdot h}{h}$$

$$F_{Res} = 628.875 \text{ daN}$$

Fuerza resultante en la cima

Resultante desequilibrante

$$F_{3c} := \sqrt{F_{Des1}^2 + F_{Res}^2} = 628.875 \text{ daN}$$

Resultante total

$$T_{3c} := F_{3c}$$

$$T_{3c} = 629 \text{ daN}$$

### Verificación mecánica

Datos

$K_E := 1.1$  factor de carga estructural para un poste en el que no se realiza ensayos de un prototipo a escala natural

$K_C := 1$  factor de carga por colapso para estructura de retención de línea

$\varphi := 0.9$  factor global de resistencia estructural. De Tabla 12.6-c para sollicitación a la flexión y flexo-tracción

$R_c = 2100 \text{ daN}$  resistencia del poste

Hipótesis 1a

if  $K_E \cdot K_C \cdot T_{1a} \leq \varphi \cdot R_c$  = "verifica"  
 || "verifica"  
 else  
 || "no verifica"

Hipótesis 1b

if  $K_E \cdot K_C \cdot T_{1b} \leq \varphi \cdot R_c$  = "verifica"  
 || "verifica"  
 else  
 || "no verifica"

Hipótesis 1c

if  $K_E \cdot K_C \cdot T_{1c} \leq \varphi \cdot R_c$  = "verifica"  
 || "verifica"  
 else  
 || "no verifica"

## Hipótesis 1d

if $K_E \cdot K_C \cdot T_{1d} \leq \varphi \cdot R_c$	= “verifica”
“verifica”	
else	
“no verifica”	

## Hipótesis 1e

if $K_E \cdot K_C \cdot T_{1e} \leq \varphi \cdot R_c$	= “verifica”
“verifica”	
else	
“no verifica”	

## Hipótesis 2a

if $K_E \cdot K_C \cdot T_{2a} \leq \varphi \cdot R_c$	= “verifica”
“verifica”	
else	
“no verifica”	

## Hipótesis 2b

if $K_E \cdot K_C \cdot T_{2b} \leq \varphi \cdot R_c$	= “verifica”
“verifica”	
else	
“no verifica”	

## Hipótesis 3a

if $K_E \cdot K_C \cdot T_{3a} \leq \varphi \cdot R_c$	= “verifica”
“verifica”	
else	
“no verifica”	

## Hipótesis 3b

if $K_E \cdot K_C \cdot T_{3b} \leq \varphi \cdot R_c$	= “verifica”
“verifica”	
else	
“no verifica”	

### Hipótesis 3c

```

if  $K_E \cdot K_C \cdot T_{3c} \leq \varphi \cdot R_c$  | = “verifica”
  || “verifica”
else
  || “no verifica”

```

### Condición de Servicialidad

Se entienden como tales las condiciones respecto a la fisuración y los desplazamientos admisibles que tienen la finalidad de limitar los daños cuando las estructuras están sometidas a solicitaciones de servicio cuasi-permanentes (a temperatura media anual) con valores que son inferiores a la sollicitación última factorizada.

Las condiciones de servicialidad se establecen para una carga o sollicitación de "frecuencia normal" o a temperatura media anual ( $F_N$ ), cuyo valor máximo se determinará como un porcentaje de la resistencia nominal ( $R_c$ ) con la siguiente expresión:  $F_N = 0.4 \cdot R_c$ .

Tiro permanente

$$T_{per} := 3 \cdot \sigma_V \cdot S_C$$

$$T_{per} = 838.5 \text{ daN}$$

$$F_N := 0.4 \cdot R_c$$

$$F_N = 840 \text{ daN}$$

```

if  $T_{per} \leq F_N$  | = “verifica”
  || “verifica”
else
  || “no verifica”

```

### 5.7 Tabla resumen de postes de retención simple

N° estructura	Urbano o rural	Longitud total [m]	Poste		Hipótesis de carga [daN]									Condición de servicialidad	
			Diámetro en la cima [cm]	Carga rotura [daN]	1.a	1.b	1.c	1.d	1.e	2.a	2.b	3.a	3.b		3.c
4	urbano	12	27	2100	208	89	155	208	15	16	1258	440	0	629	si
16	urbano	12,5	27	2100	199	93	152	199	30	15	1258	444	0	629	si
28	urbano	10	27	2100	159	75	123	158	0	18	1258	446	0	629	si
45	urbano	12	27	2100	209	89	155	209	26	16	1258	442	0	629	si
109	urbano	12,5	27	2100	218	92	162	218	0	15	1258	437	0	629	si
159	rural	10	27	2100	329	127	239	329	27	19	1258	444	0	629	si
182	rural	10	27	2100	343	127	246	343	4	19	1258	438	0	629	si
184	rural	10	27	2100	296	127	223	296	38	19	1258	448	0	629	si
219	rural	9,5	27	2100	251	121	197	251	39	19	1258	453	0	629	si
286	rural	9,5	27	2100	308	121	226	308	8	20	1258	443	0	629	si
306	rural	10	27	2100	340	127	245	340	0	19	1258	438	0	629	si
325	rural	12	27	2100	364	151	269	364	0	16	1258	437	0	629	si
336	rural	12	27	2100	364	151	269	364	0	16	1258	437	0	629	si

### 5.8 Cálculo de un poste de retención angular

#### Datos

##### Designación del poste

La resistencia del poste se elije de modo tal de cumplir con las verificaciones mecánicas de resistencia para todas las hipótesis estudiadas.

La altura total del poste surge del dimensionamiento del cabezal y del estudio de planialtimetría, donde se tuvo en cuenta la flecha máxima obtenida en el cálculo mecánico de los conductores y la altura libre establecida en 7 m para zona rural.

$R_c := 750 \text{ daN}$	resistencia a rotura
$H := 11 \text{ m}$	altura total del poste
$h := 0.9 \cdot H = 9.9 \text{ m}$	altura libre
$G_{gp} := 862 \cdot \text{daN}$	peso
$d := 17 \text{ cm}$	diámetro en la cima
$D := 33 \text{ cm}$	diámetro en la base
$A_p := \frac{d + D}{2} \cdot h = 2.48 \text{ m}^2$	área del Poste
$h_p := \frac{h}{3} \cdot \left( \frac{2 \cdot d + D}{d + D} \right) = 4.42 \text{ m}$	altura al centro de gravedad
$d_p := 0.645 \cdot \text{m}$	distancia entre los centro de gravedad de los postes

El poste se designa 11R750 según IRAM 1586.

Se adopta la disposición coplanar horizontal.

Aisladores

$L := 480$  **mm**

longitud

$d_{Ai} := 30$  **mm**

diámetro del núcleo

$d_{Ae} := 88$  **mm**

diámetro exterior del aislador

$A_{A1} := 17000$  **mm<sup>2</sup>**

área aislador a lo largo de la línea

$A_{A2} := 2600$  **mm<sup>2</sup>**

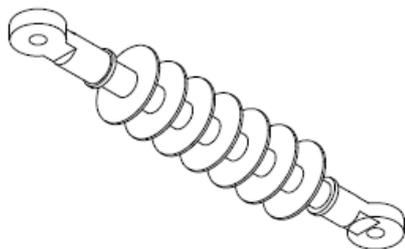
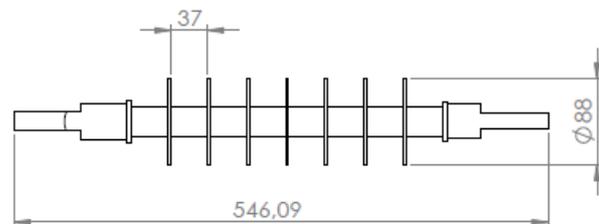
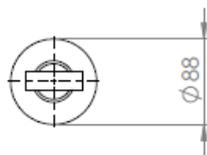
área aislador de frente

$\gamma_A := 0$

ángulo sobre la horizontal

$G_A := 1.47$  **daN**

peso



Ménsula

$G_M := 257$  **daN**

peso

$L_{total} := 2.6$  **m**

largo total

$L_{Nom} := 2.4$  **m**

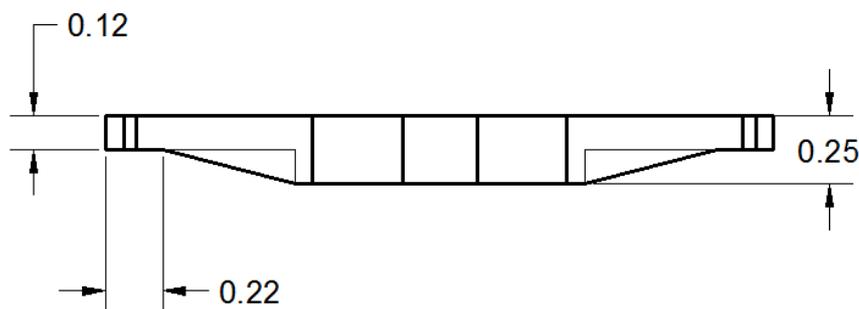
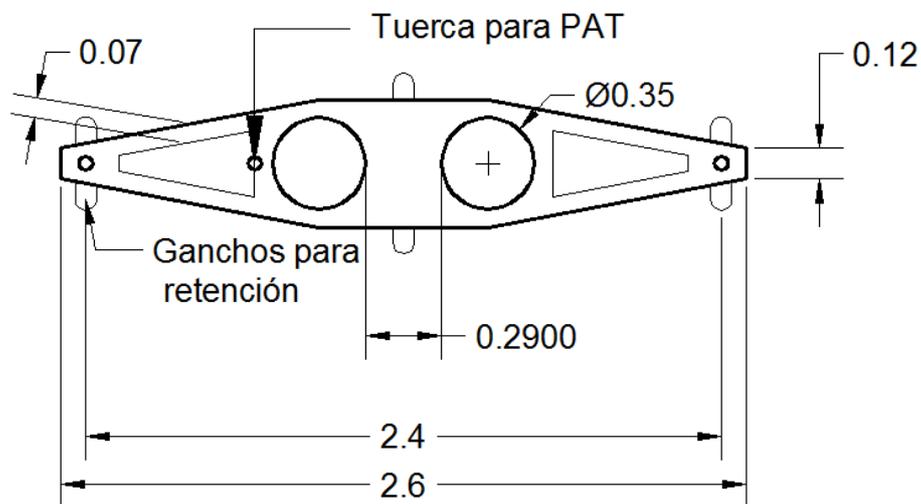
largo nominal

$h_M := 250$  **mm**

altura ménsula

$$A_{M1} := 2.6 \text{ m} \cdot 0.25 \text{ m} = 0.65 \text{ m}^2 \quad \text{área ménsula frente}$$

$$A_{M2} := 25 \text{ cm} \cdot 50 \text{ cm} = 0.125 \text{ m}^2 \quad \text{área ménsula lateral}$$



### Vínculo 1

$$G_{V1} := 217 \text{ daN} \quad \text{peso}$$

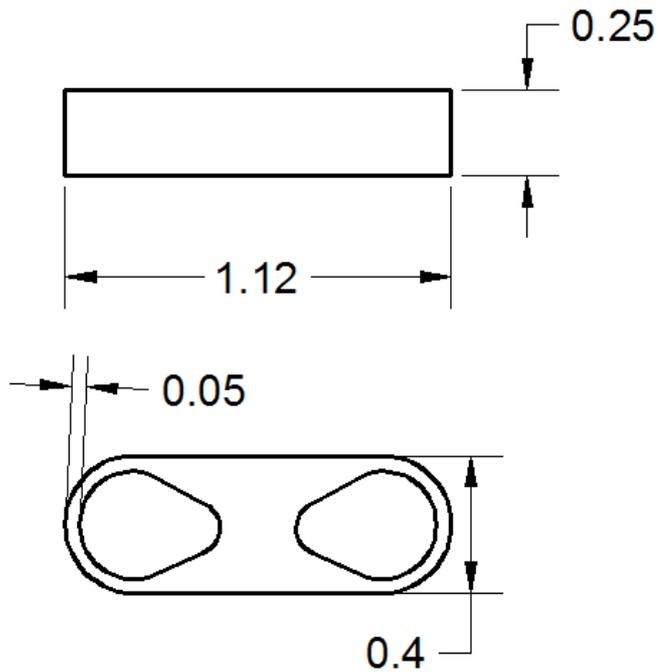
$$L_{\text{total}} := 1.12 \text{ m} \quad \text{largo total}$$

$$h_{V1} := 250 \text{ mm} \quad \text{altura ménsula}$$

$$A_{V11} := 1.12 \text{ m} \cdot 0.25 \text{ m} = 0.28 \text{ m}^2 \quad \text{área vínculo 1 frente}$$

$$A_{V12} := 25 \text{ cm} \cdot 43 \text{ cm} = 0.108 \text{ m}^2 \quad \text{área vínculo 1 lateral}$$

$$h_{gV1} := 5.85 \cdot \text{m} \quad \text{distancia desde el suelo al centro de gravedad}$$



Vínculo 2

$G_{V2} := 294 \text{ daN}$

peso

$L_{total} := 1.22 \text{ m}$

largo total

$h_{V2} := 300 \text{ mm}$

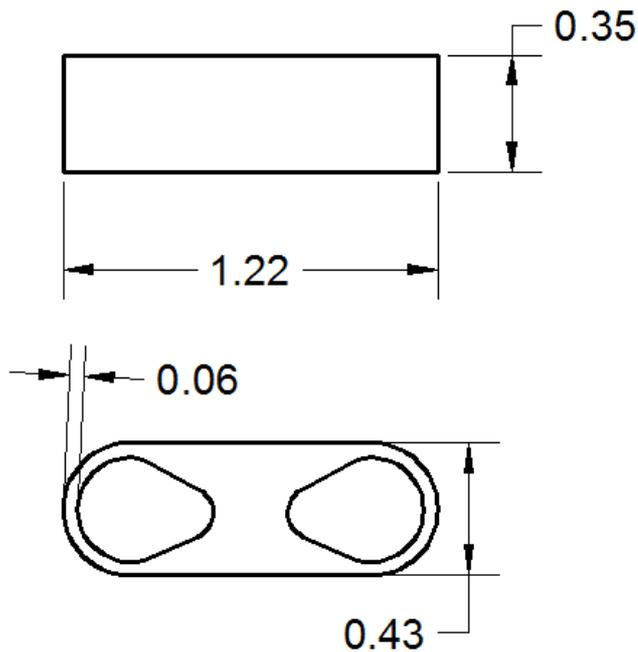
altura ménsula

$A_{V21} := 1.22 \text{ m} \cdot 0.3 \text{ m} = 0.366 \text{ m}^2$  área vínculo 2 frente

$A_{V22} := 30 \text{ cm} \cdot 46 \text{ cm} = 0.138 \text{ m}^2$  área vínculo 2 lateral

$h_{gV2} := 3 \cdot \text{m}$

distancia desde el suelo al centro de gravedad



Conductor

$a_1 := 65 \text{ m}$

vano anterior

$a_2 := 25 \text{ m}$

vano posterior

$\gamma := 260 \frac{\text{kg}}{\text{km}} \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 255.06 \frac{\text{daN}}{\text{km}}$

peso específico conductor

$G_{GC} := \frac{a_1 + a_2}{2} \cdot \gamma = 11.478 \text{ daN}$

peso del conductor

$d_C := 12.6 \text{ mm}$

diámetro del conductor

$A_C := d_C \cdot \frac{a_1 + a_2}{2} = 0.567 \text{ m}^2$

área

$d_{\text{hielo}} := 900 \frac{\text{daN}}{\text{m}^3}$

densidad del hielo

$S_c := 94.76 \text{ mm}^2$

sección del conductor

Datos para calcular la fuerza del viento

Carga del viento reducida a la cima: es un esfuerzo en la cima del poste que produce el mismo momento en la base del poste (a nivel del suelo) que las fuerzas del viento sobre el poste, conductores y aisladores.

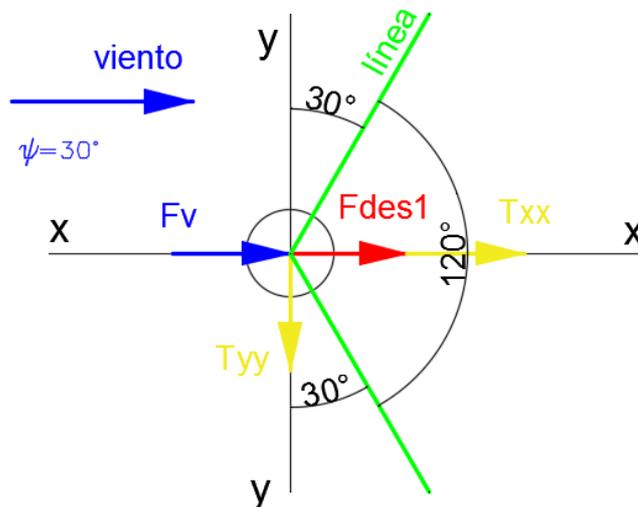
$Q := 0.0613 \cdot 10 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$  factor de densidad del aire

$V := 35 \cdot \frac{m}{s}$	velocidad de viento de cálculo (de Anexo C de la norma )
$G_W := 1$	factor de ráfaga para conductor, aislador y vínculo
$G_t := 1$	factor de ráfaga para estructura
$Z_{pC} := 1.03$	factor del terreno para exposición C (de Tabla 10.2-f)
$F_C := 1$	factor de carga
$C_{F_c} := 1$	coeficiente de forma para conductor
$C_{F_p} := 0.9$	coeficiente de forma para poste (de Tabla 10.2-e)

### Hipótesis de carga

#### Cargas de servicio

a) "Peso propio y cargas permanentes. Viento máximo en dirección de la bisectriz del ángulo de la línea sobre estructura, aisladores, accesorios y sobre la semilongitud de los conductores de ambos vanos adyacentes. Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores".



Esquema que muestra el sentido de los esfuerzos reducidos a la cima

#### Cargas verticales

Cargas desequilibradas reducidas a la cima: es un esfuerzo en la cima del poste que produce el mismo momento en la base del poste (a nivel del suelo) que las cargas verticales.

$$F_{Des1} := \frac{-(G_{GC} + G_A \cdot 2) \cdot \frac{L_{Nom}}{2} + (G_{GC} + G_A \cdot 2) \cdot \frac{L_{Nom}}{2} + (G_{GC} + G_A \cdot 2) \cdot 0 \text{ m} + (G_M + G_{V1} + G_{V2}) \cdot 0 \text{ m} - G_{gp} \cdot \frac{d_p}{2} + G_{gp} \cdot \frac{d_p}{2}}{h}$$

$$F_{Des1} = 0 \text{ daN}$$

Viento

Carga del viento reducida a la cima: es un esfuerzo en la cima del poste que produce el mismo momento en la base del poste (a nivel del suelo) que las fuerzas del viento sobre el poste, conductores y aisladores.

$\psi := 30^\circ$  ángulo del viento con el eje perpendicular de la línea

Fuerza sobre aisladores

$$F_{VAis1} := Q \cdot (Z_{pC} \cdot V)^2 \cdot F_C \cdot G_t \cdot C_{Fc} \cdot A_{A1} = 1.4 \text{ daN}$$

Fuerza sobre poste

$$F_{VPost1} := Q \cdot (Z_{pC} \cdot V)^2 \cdot F_C \cdot G_t \cdot C_{Fp} \cdot A_P = 177 \text{ daN}$$

Fuerza sobre ménsula

$$F_{VMens} := Q \cdot (Z_{pC} \cdot V)^2 \cdot F_C \cdot G_t \cdot C_{Fc} \cdot A_{M2} = 10 \text{ daN}$$

Fuerza sobre vínculo 1

$$F_{VVinc1} := Q \cdot (Z_{pC} \cdot V)^2 \cdot F_C \cdot G_t \cdot C_{Fp} \cdot A_{V12} = 8 \text{ daN}$$

Fuerza sobre vínculo 2

$$F_{VVinc2} := Q \cdot (Z_{pC} \cdot V)^2 \cdot F_C \cdot G_t \cdot C_{Fp} \cdot A_{V22} = 10 \text{ daN}$$

Fuerza sobre el conductor

$$F_{VCond} := Q \cdot (Z_{pC} \cdot V)^2 \cdot F_C \cdot G_W \cdot C_{Fc} \cdot A_C \cdot \cos(\psi)^2 = 34 \text{ daN}$$

Carga del viento reducida a la cima

$$F_V := \frac{6 \cdot F_{VAis1} \cdot h + 2 \cdot F_{VPost1} \cdot h_P + F_{VMens} \cdot h + 3 \cdot F_{VCond} \cdot h + F_{VVinc1} \cdot h_{gV1} + F_{VVinc2} \cdot h_{gV2}}{h}$$

$$F_V = 286 \text{ daN}$$

Fuerza reducida a la cima de tracción de los conductores

$$\sigma_{111} := 8.86 \cdot \frac{\text{daN}}{\text{mm}^2} \quad \text{tensión mecánica del estado II para el vano anterior}$$

$$\sigma_{211} := 8.97 \cdot \frac{\text{daN}}{\text{mm}^2} \quad \text{tensión mecánica del estado II para el vano posterior}$$

$$T_{C1} := \frac{(\sigma_{111} \cdot S_c) \cdot h}{h} = 840 \text{ daN}$$

$$T_{C2} := \frac{(\sigma_{211} \cdot S_c) \cdot h}{h} = 850 \text{ daN}$$

Resultante en X-X

$$\phi := 60^\circ$$

$$T_{xx} := 3 (\cos(\phi) \cdot T_{C1} + \cos(\phi) \cdot T_{C2}) = 2534 \text{ daN}$$

Resultante en Y-Y

$$\phi := 60^\circ$$

$$T_{yy} := 3 (\sin(\phi) \cdot T_{C1} - \sin(\phi) \cdot T_{C2}) = -27 \text{ daN}$$

Fuerza resultante en la cima

$$T_{1aXX} := T_{xx} + F_{Des1} + F_V \quad \text{componente en el eje X-X de la resultante}$$

$$T_{1aXX} = 2820 \text{ daN}$$

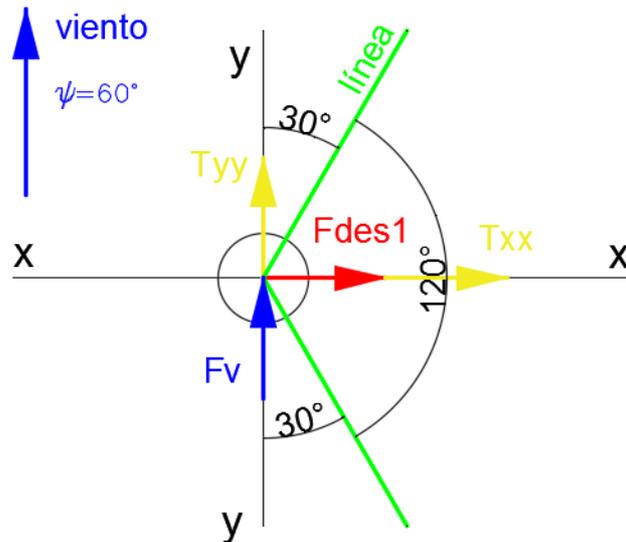
$$T_{1aYY} := T_{yy} \quad \text{componente en el eje Y-Y de la resultante}$$

$$T_{1aYY} = -27 \text{ daN}$$

$$T_{1a} := \sqrt{(T_{yy})^2 + (T_{xx} + F_{Des1} + F_V)^2}$$

$$T_{1a} = 2820 \text{ daN}$$

b) "Peso propio y cargas permanentes. Carga del viento máximo sobre estructura, aisladores, accesorios y sobre la semilongitud de los conductores de ambos vanos adyacentes en dirección normal a la bisectriz del ángulo de la línea. Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores".



Esquema que muestra el sentido de los esfuerzos reducidos a la cima

### Cargas verticales

Cargas desequilibradas reducidas a la cima: es un esfuerzo en la cima del poste que produce el mismo momento en la base del poste (a nivel del suelo) que las cargas verticales.

$$F_{Des1} := \frac{-(G_{GC} + G_A \cdot 2) \cdot \frac{L_{Nom}}{2} + (G_{GC} + G_A \cdot 2) \cdot \frac{L_{Nom}}{2} + (G_{GC} + G_A \cdot 2) \cdot 0 \text{ m} + (G_M + G_{V1} + G_{V2}) \cdot 0 \text{ m} - G_{gp} \cdot \frac{d_p}{2} + G_{gp} \cdot \frac{d_p}{2}}{h}$$

$$F_{Des1} = 0 \text{ daN}$$

### Viento

Carga del viento reducida a la cima: es un esfuerzo en la cima del poste que produce el mismo momento en la base del poste (a nivel del suelo) que las fuerzas del viento sobre el poste, conductores y aisladores.

$\psi := 0^\circ$  ángulo del viento con el eje perpendicular de la línea

### Fuerza sobre aisladores

$$F_{VAis1} := Q \cdot (Z_{pC} \cdot V)^2 \cdot F_C \cdot G_t \cdot C_{Fc} \cdot A_{A1} = 1.4 \text{ daN}$$

### Fuerza sobre poste

$$F_{VPost1} := Q \cdot (Z_{pC} \cdot V)^2 \cdot F_C \cdot G_t \cdot C_{Fp} \cdot A_P = 177 \text{ daN}$$

Fuerza sobre ménsula

$$F_{VMens} := Q \cdot (Z_{pC} \cdot V)^2 \cdot F_C \cdot G_t \cdot C_{Fc} \cdot A_{M1} = 52 \text{ daN}$$

Fuerza sobre vínculo 1

$$F_{VVinc1} := Q \cdot (Z_{pC} \cdot V)^2 \cdot F_C \cdot G_t \cdot C_{Fp} \cdot A_{V11} = 20 \text{ daN}$$

Fuerza sobre vínculo 2

$$F_{VVinc2} := Q \cdot (Z_{pC} \cdot V)^2 \cdot F_C \cdot G_t \cdot C_{Fp} \cdot A_{V21} = 26 \text{ daN}$$

Fuerza sobre el conductor

$$F_{VCond} := Q \cdot (Z_{pC} \cdot V)^2 \cdot F_C \cdot G_W \cdot C_{Fc} \cdot A_C \cdot \cos(\psi)^2 = 45 \text{ daN}$$

Carga del viento reducida a la cima

$$F_V := \frac{6 \cdot F_{VAis1} \cdot h + 2 \cdot F_{VPost1} \cdot h_p + F_{VMens} \cdot h + 3 F_{VCond} \cdot h + F_{VVinc1} \cdot h_{gV1} + F_{VVinc2} \cdot h_{gV2}}{h}$$

$$F_V = 374 \text{ daN}$$

Fuerza reducida a la cima de tracción de los conductores

$$\sigma_{111} := 8.86 \cdot \frac{\text{daN}}{\text{mm}^2} \quad \text{tensión mecánica del estado II para el vano anterior}$$

$$\sigma_{211} := 8.97 \cdot \frac{\text{daN}}{\text{mm}^2} \quad \text{tensión mecánica del estado II para el vano posterior}$$

$$T_{C1} := \frac{(\sigma_{111} \cdot S_c) \cdot h}{h} = 840 \text{ daN}$$

$$T_{C2} := \frac{(\sigma_{211} \cdot S_c) \cdot h}{h} = 850 \text{ daN}$$

Resultante en X-X

$$\phi := 60^\circ$$

$$T_{xx} := 3 (\cos(\phi) \cdot T_{C1} + \cos(\phi) \cdot T_{C2}) = 2534 \text{ daN}$$

Resultante en Y-Y

$$\phi := 60^\circ$$

$$T_{yy} := 3 (\sin(\phi) \cdot T_{C1} - \sin(\phi) \cdot T_{C2}) = -27 \text{ daN}$$

Fuerza resultante en la cima

$$T_{1bXX} := T_{xx} \quad \text{componente en el eje X-X de la resultante}$$

$$T_{1bXX} = 2534 \text{ daN}$$

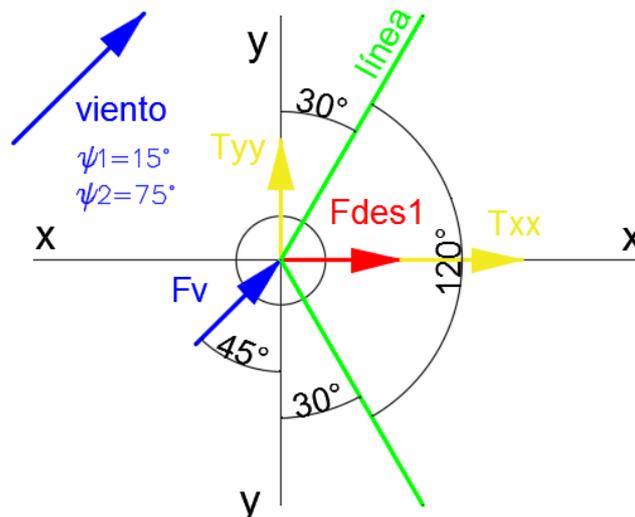
$$T_{1bYY} := T_{yy} + F_v \quad \text{componente en el eje Y-Y de la resultante}$$

$$T_{1bYY} = 347 \text{ daN}$$

$$T_{1b} := \sqrt{(T_{yy} + F_v)^2 + (T_{xx})^2}$$

$$T_{1b} = 2558 \text{ daN}$$

c) "Peso propio y cargas permanentes. Carga del viento máximo en dirección oblicua sobre estructura, aisladores accesorios y sobre la semilongitud de los conductores de ambos vanos adyacentes. Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores".



Esquema que muestra el sentido de los esfuerzos reducidos a la cima

Cargas verticales

Cargas desequilibradas reducidas a la cima: es un esfuerzo en la cima del poste que produce el mismo momento en la base del poste (a nivel del suelo) que las cargas verticales.

$$F_{Des1} := \frac{-(G_{GC} + G_A \cdot 2) \cdot \frac{L_{Nom}}{2} + (G_{GC} + G_A \cdot 2) \cdot \frac{L_{Nom}}{2} + (G_{GC} + G_A \cdot 2) \cdot 0 \text{ m} + (G_M + G_{V1} + G_{V2}) \cdot 0 \text{ m} - G_{gp} \cdot \frac{d_p}{2} + G_{gp} \cdot \frac{d_p}{2}}{h}$$

$$F_{Des1} = 0 \text{ daN}$$

Viento

Carga del viento reducida a la cima: es un esfuerzo en la cima del poste que produce el mismo momento en la base del poste (a nivel del suelo) que las fuerzas del viento sobre el poste, conductores y aisladores.

$\psi_1 := 15^\circ$  ángulo del viento con el eje perpendicular de la línea en vano anterior

$\psi_2 := 75^\circ$  ángulo del viento con el eje perpendicular de la línea en vano posterior

Fuerza sobre aisladores

$$F_{VAis1} := Q \cdot (Z_{pC} \cdot V)^2 \cdot F_C \cdot G_t \cdot C_{Fc} \cdot A_{A1} = 1.4 \text{ daN}$$

Fuerza sobre poste

$$F_{VPost1} := Q \cdot (Z_{pC} \cdot V)^2 \cdot F_C \cdot G_t \cdot C_{Fp} \cdot A_P = 177 \text{ daN}$$

Fuerza sobre ménsula

$$F_{VMens} := Q \cdot (Z_{pC} \cdot V)^2 \cdot F_C \cdot G_t \cdot C_{Fc} \cdot A_{M2} = 10 \text{ daN}$$

Fuerza sobre vínculo 1

$$F_{VVinc1} := Q \cdot (Z_{pC} \cdot V)^2 \cdot F_C \cdot G_t \cdot C_{Fp} \cdot A_{V11} = 20 \text{ daN}$$

Fuerza sobre vínculo 2

$$F_{VVinc2} := Q \cdot (Z_{pC} \cdot V)^2 \cdot F_C \cdot G_t \cdot C_{Fp} \cdot A_{V21} = 26 \text{ daN}$$

Fuerza sobre el conductor

$$F_{VCond1} := Q \cdot (Z_{pC} \cdot V)^2 \cdot F_C \cdot G_W \cdot C_{Fc} \cdot \left( d_C \cdot \frac{a_1}{2} \right) \cdot \cos(\psi_1)^2 = 30 \text{ daN}$$

$$F_{V_{Cond2}} := Q \cdot (Z_{pC} \cdot V)^2 \cdot F_C \cdot G_W \cdot C_{Fc} \cdot \left( d_C \cdot \frac{a_2}{2} \right) \cdot \cos(\psi_2)^2 = 0.8 \text{ daN}$$

Carga del viento reducida a la cima

$$F_V := \frac{6 \cdot F_{VAis1} \cdot h + 2 \cdot F_{VPost1} \cdot h_P + F_{VMens} \cdot h + 3 F_{V_{Cond1}} \cdot h + 3 F_{V_{Cond2}} \cdot h + F_{VVinc1} \cdot h_{gV1} + F_{VVinc2} \cdot h_{gV2}}{h}$$

$$F_V = 290 \text{ daN}$$

Fuerza reducida a la cima de tracción de los conductores

$$\sigma_{111} := 8.86 \cdot \frac{\text{daN}}{\text{mm}^2} \quad \text{tensión mecánica del estado II para el vano anterior}$$

$$\sigma_{211} := 8.97 \cdot \frac{\text{daN}}{\text{mm}^2} \quad \text{tensión mecánica del estado II para el vano posterior}$$

$$T_{C1} := \frac{(\sigma_{111} \cdot S_c) \cdot h}{h} = 840 \text{ daN}$$

$$T_{C2} := \frac{(\sigma_{211} \cdot S_c) \cdot h}{h} = 850 \text{ daN}$$

Resultante en X-X

$$\phi := 60^\circ$$

$$T_{xx} := 3 (\cos(\phi) \cdot T_{C1} + \cos(\phi) \cdot T_{C2}) = 2534 \text{ daN}$$

Resultante en Y-Y

$$\phi := 60^\circ$$

$$T_{yy} := 3 (\sin(\phi) \cdot T_{C1} - \sin(\phi) \cdot T_{C2}) = -27 \text{ daN}$$

Fuerza resultante en la cima

$$T_{1cXX} := T_{xx} + F_{Des1} + F_V \cdot \cos(45) \quad \text{componente en el eje X-X de la resultante}$$

$$T_{1cXX} = 2687 \text{ daN}$$

componente en el eje Y-Y de la resultante

$$T_{1cYY} := T_{yy} + F_V \cdot \sin(45)$$

$$T_{1cYY} = 220 \text{ daN}$$

$$T_{1c} := \sqrt{(T_{yy} + F_V \cdot \sin(45))^2 + (T_{xx} + F_{Des1} + F_V \cdot \cos(45))^2}$$

**T<sub>1c</sub> = 2696 daN**

d) "Peso propio y cargas permanentes. Carga adicional (por hielo). Carga de viento sobre estructura, aisladores, accesorios y sobre la semilongitud de los conductores de ambos vanos adyacentes en dirección de la bisectriz del ángulo de la línea. Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores".

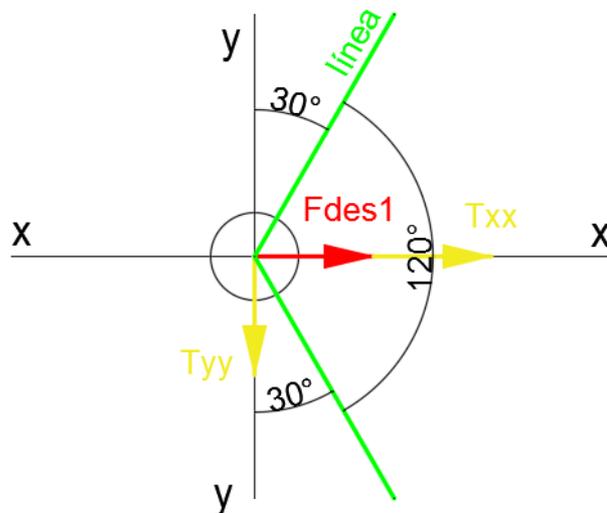
No se considera carga adicional (peso del hielo sobre conductores) en la zona estudiada.

Fuerza resultante en la cima

$$T_{1d} := T_{1a}$$

**T<sub>1d</sub> = 2820 daN**

e) "Peso propio y cargas permanentes. Tracciones unilaterales máximas en todos los conductores en el estado de temperatura mínima".



Esquema que muestra el sentido de los esfuerzos reducidos a la cima

Cargas verticales

Cargas desequilibradas reducidas a la cima: es un esfuerzo en la cima del poste que produce el mismo momento en la base del poste (a nivel del suelo) que las cargas verticales.

$$F_{Des1} := \frac{-(G_{GC} + G_A \cdot 2) \cdot \frac{L_{Nom}}{2} + (G_{GC} + G_A \cdot 2) \cdot \frac{L_{Nom}}{2} + (G_{GC} + G_A \cdot 2) \cdot 0 \cdot m + (G_M + G_{V1} + G_{V2}) \cdot 0 \cdot m - G_{gp} \cdot \frac{d_p}{2} + G_{gp} \cdot \frac{d_p}{2}}{h}$$

**F<sub>Des1</sub> = 0 daN**

Fuerza reducida a la cima de tracción de los conductores

$$\sigma_{111} := 8.86 \cdot \frac{\text{daN}}{\text{mm}^2} \quad \text{tensión mecánica del estado II para el vano anterior}$$

$$\sigma_{211} := 8.97 \cdot \frac{\text{daN}}{\text{mm}^2} \quad \text{tensión mecánica del estado II para el vano posterior}$$

$$T_{C1} := \frac{(\sigma_{111} \cdot S_c) \cdot h}{h} = 840 \text{ daN}$$

$$T_{C2} := \frac{(\sigma_{211} \cdot S_c) \cdot h}{h} = 850 \text{ daN}$$

Resultante en X-X

$$\phi := 60^\circ$$

$$T_{xx} := 3 (\cos(\phi) \cdot T_{C1} + \cos(\phi) \cdot T_{C2}) = 2534 \text{ daN}$$

Resultante en Y-Y

$$\phi := 60^\circ$$

$$T_{yy} := 3 (\sin(\phi) \cdot T_{C1} - \sin(\phi) \cdot T_{C2}) = -27 \text{ daN}$$

Fuerza resultante en la cima

$$T_{1eXX} := T_{xx} + F_{Des1} \quad \text{componente en el eje X-X de la resultante}$$

$$T_{1eXX} = 2534 \text{ daN}$$

$$T_{1eYY} := T_{yy} \quad \text{componente en el eje Y-Y de la resultante}$$

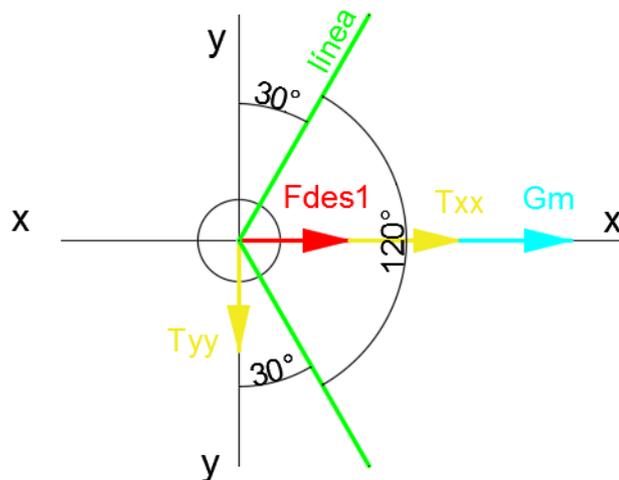
$$T_{1eYY} = -27 \text{ daN}$$

$$T_{1e} := \sqrt{T_{yy}^2 + (T_{xx} + F_{Des1})^2}$$

$$T_{1e} = 2535 \text{ daN}$$

### Cargas de construcción y mantenimiento

a) "Peso propio de la estructura. Cargas permanentes con un factor de carga de 2,50 en uno cualquiera, varios o todos los puntos de sujeción de fase o cable de guardia. Sobrecarga adicional de montaje. Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores consideradas a temperatura mínima. No se considera viento".



Esquema que muestra el sentido de los esfuerzos reducidos a la cima

Cargas verticales

$$F_{Des1} := \frac{2.5 (G_{GC} + G_A \cdot 2) \cdot \frac{L_{Nom}}{2} + (G_M + G_{V1} + G_{V2}) \cdot 0 \text{ m} - G_{gp} \cdot \frac{d_P}{2} + G_{gp} \cdot \frac{d_P}{2}}{h}$$

$$F_{Des1} = 4 \text{ daN}$$

Sobrecarga adicional de montaje reducida a la cima

$$G_m := \frac{200 \text{ daN}}{h} \cdot h = 200 \text{ daN}$$

Fuerza reducida a la cima de tracción de los conductores

$$\sigma_{111} := 8.86 \cdot \frac{\text{daN}}{\text{mm}^2} \quad \text{tensión mecánica del estado II para el vano anterior}$$

$$\sigma_{211} := 8.97 \cdot \frac{\text{daN}}{\text{mm}^2} \quad \text{tensión mecánica del estado II para el vano posterior}$$

$$T_{C1} := \frac{(\sigma_{111} \cdot S_c) \cdot h}{h} = 840 \text{ daN}$$

$$T_{C2} := \frac{(\sigma_{211} \cdot S_c) \cdot h}{h} = 850 \text{ daN}$$

Resultante en X-X

$$\phi := 60^\circ$$

$$T_{xx} := 3 (\cos(\phi) \cdot T_{C1} + \cos(\phi) \cdot T_{C2}) = 2534 \text{ daN}$$

Resultante en Y-Y

$$\phi := 60^\circ$$

$$T_{yy} := 3 (\sin(\phi) \cdot T_{C1} - \sin(\phi) \cdot T_{C2}) = -27 \text{ daN}$$

Fuerza resultante en la cima

$$T_{2aXX} := T_{xx} + F_{Des1} + Gm \quad \text{componente en el eje X-X de la resultante}$$

$$T_{2aXX} = 2739 \text{ daN}$$

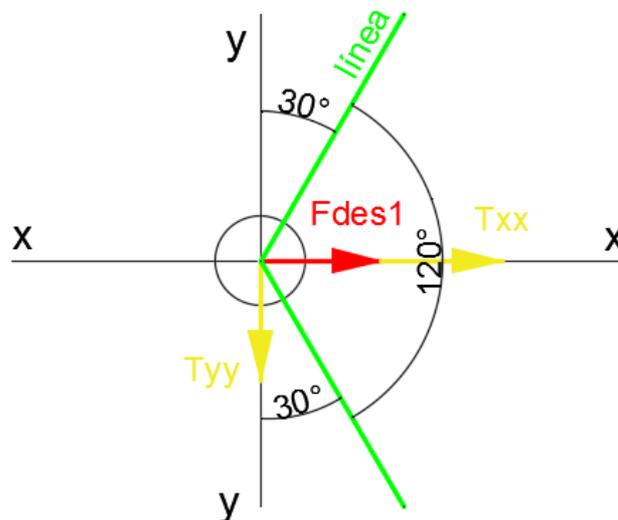
$$T_{2aYY} := T_{yy} \quad \text{componente en el eje Y-Y de la resultante}$$

$$T_{2aYY} = -27 \text{ daN}$$

$$T_{2a} := \sqrt{(T_{xx} + F_{Des1} + Gm)^2 + T_{yy}^2}$$

$$T_{2a} = 2739 \text{ daN}$$

b) "Peso propio. Cargas permanentes con un factor de carga de 2,50. Carga unilateral de todos los cables, correspondiente a la tracción considerada a temperatura media anual con un factor de carga de 1,5. No se considera viento".



Esquema que muestra el sentido de los esfuerzos reducidos a la cima

Cargas verticales

$$F_{Des1} := \frac{-(G_{GC} + G_A \cdot 2) \cdot \frac{L_{Nom}}{2} + (G_{GC} + G_A \cdot 2) \cdot \frac{L_{Nom}}{2} + (G_{GC} + G_A \cdot 2) \cdot 0 \text{ m} + (G_M + G_{V1} + G_{V2}) \cdot 0 \text{ m} - G_{gp} \cdot \frac{d_p}{2} + G_{gp} \cdot \frac{d_p}{2}}{h}$$

$$F_{Des1} = 0 \text{ daN}$$

Tracción unilateral de los conductores reducida a la cima

$$\sigma_V := 5.59 \frac{\text{daN}}{\text{mm}^2} \quad \text{tensión mecánica del estado V (temperatura media anual)}$$

$$T_c := \frac{1.5 \cdot S_c \cdot \sigma_V \cdot h}{h}$$

$$T_c = 795 \text{ daN}$$

Resultante en X-X

$$\phi := 60^\circ$$

$$T_{xx} := 3 (\cos(\phi) \cdot T_c) = 1192 \text{ daN}$$

Resultante en Y-Y

$$\phi := 60^\circ$$

$$T_{yy} := 3 (\sin(\phi) \cdot T_c) = 2064 \text{ daN}$$

Fuerza resultante en la cima

$$T_{2bXX} := F_{Des1} + T_{xx} \quad \text{componente en el eje X-X de la resultante}$$

$$T_{2bXX} = 1192 \text{ daN}$$

$$T_{2bYY} := T_{yy} \quad \text{componente en el eje Y-Y de la resultante}$$

$$T_{2bYY} = 2064 \text{ daN}$$

$$T_{2b} := \sqrt{(F_{Des1} + T_{xx})^2 + T_{yy}^2}$$

$$T_{2b} = 2384 \text{ daN}$$

Cargas de contención de fallas

a) "Peso propio y cargas permanentes. Tiro máximo unilateral aplicado en cualquiera de los puntos de sujeción de fase o cable de guardia y la resultante en los puntos restantes. No se considera viento".

### Cargas verticales

$$F_{Des1} := \frac{-(G_{GC} + G_A \cdot 2) \cdot \frac{L_{Nom}}{2} + (G_{GC} + G_A \cdot 2) \cdot \frac{L_{Nom}}{2} + (G_{GC} + G_A \cdot 2) \cdot 0 \text{ m} + (G_M + G_{V1} + G_{V2}) \cdot 0 \text{ m} - G_{gp} \cdot \frac{d_p}{2} + G_{gp} \cdot \frac{d_p}{2}}{h}$$

$$F_{Des1} = 0 \text{ daN}$$

### Fuerza resultante de tracción del conductor

$$\sigma_{II} := 8.97 \cdot \frac{\text{daN}}{\text{mm}^2} \quad \text{tensión mecánica del estado II para el vano de 25 m}$$

$$T_C := \sigma_{II} \cdot S_c = 850 \text{ daN}$$

Resultante en X-X

$$\phi := 60^\circ$$

$$T_{xx} := 3 \cos(\phi) \cdot T_C + 2 \cos(\phi) \cdot T_C = 2125 \text{ daN}$$

Resultante en Y-Y

$$\phi := 60^\circ$$

$$T_{yy} := 3 \sin(\phi) \cdot T_C - 2 \sin(\phi) \cdot T_C = 736 \text{ daN}$$

Resultante

$$F_{Des2} := \sqrt{T_{xx}^2 + T_{yy}^2}$$

$$F_{Des2} = 2249 \text{ daN}$$

$$M_f := F_{Des2} \cdot h$$

$$M_f = 22264 \text{ m} \cdot \text{daN}$$

El tiro de un conductor en el estado de mínima temperatura, ante una falla, produce un momento torsor:

$$M_t := T_C \cdot L_{Nom} = 2040 \text{ m} \cdot \text{daN}$$

El efecto combinado de ambos momentos puede evaluarse como un momento flector, que llamamos momento combinado:

$$M_c := 0.5 \cdot \left( M_f + \sqrt{M_f^2 + M_t^2} \right) = 22311 \text{ m} \cdot \text{daN}$$

Fuerza resultante en la cima

$$F_a := \frac{M_c}{h} = 2254 \text{ daN}$$

$$T_{3a} := F_a$$

$$T_{3a} = 2254 \text{ daN}$$

b) "Peso propio y cargas permanentes. Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores y cables de guardia correspondientes a la tracción con mayor sollicitación. Fuerzas inerciales y desplazamientos relativos de apoyos producidos por el sismo de proyecto. No se considera viento".

Como se considera una zona no sísmica el valor de las fuerzas inerciales se considera nulo, así mismo por ser una estructura de suspensión las fuerzas resultantes del tiro de los conductores también son nulas, por lo tanto la resultante coincide con la hipótesis 1e.

Fuerza resultante en la cima

$$T_{3bXX} := T_{1eXX} \quad \text{componente en el eje X-X de la resultante}$$

$$T_{3bXX} = 2534 \text{ daN}$$

$$T_{3bYY} := T_{yy} \quad \text{componente en el eje Y-Y de la resultante}$$

$$T_{3bYY} = 736 \text{ daN}$$

$$T_{3b} := T_{1e}$$

$$T_{3b} = 2535 \text{ daN}$$

c) "Peso propio y cargas verticales permanentes. Tiro unilateral máximo igual a 2/3 para líneas horizontales o por corte del conductor superior (el que ocasione el mayor esfuerzo). No se considera viento. No es requisito obligatorio para líneas superiores a la clase C".

Cargas verticales

$$F_{Des1} := \frac{-(G_{GC} + G_A \cdot 2) \cdot \frac{L_{Nom}}{2} + (G_{GC} + G_A \cdot 2) \cdot \frac{L_{Nom}}{2} + (G_{GC} + G_A \cdot 2) \cdot 0 \text{ m} + (G_M + G_{V1} + G_{V2}) \cdot 0 \text{ m} - G_{gp} \cdot \frac{d_p}{2} + G_{gp} \cdot \frac{d_p}{2}}{h}$$

$$F_{Des1} = 0 \text{ daN}$$

Tracción de conductores

$$\sigma_{II} := 8.97 \cdot \frac{\text{daN}}{\text{mm}^2} \quad \text{tensión mecánica del estado II para el vano de 25 m}$$

Fuerza resultante de tracción del conductor

$$F_{\text{Res}} := \frac{\frac{3}{4} \cdot 3 \cdot S_c \cdot \sigma_{II} \cdot h}{h}$$

$$F_{\text{Res}} = 1912 \text{ daN}$$

Fuerza resultante en la cima

Resultante desequilibrante

$$F_{a1} := \sqrt{F_{\text{Des1}}^2 + F_{\text{Res}}^2} = 1912 \text{ daN}$$

Fuerza resultante en la cima

$$T_{3cXX} := F_{a1} \cdot \cos(\phi) \quad \text{componente en el eje X-X de la resultante}$$

$$T_{3cXX} = 956 \text{ daN}$$

$$T_{3cYY} := F_{a1} \cdot \sin(\phi) \quad \text{componente en el eje Y-Y de la resultante}$$

$$T_{3cYY} = 1656 \text{ daN}$$

$$T_{3c} := \sqrt{T_{3cXX}^2 + T_{3cYY}^2}$$

$$T_{3c} = 1912 \text{ daN}$$

## Verificación mecánica

Datos

$$K_E := 1.1 \quad \text{factor de carga estructural para un poste en el que no se realiza ensayos de un prototipo a escala natural}$$

$$K_C := 1.2 \quad \text{factor de carga por colapso para estructura de retención angular}$$

$$\phi := 0.75 \quad \text{factor global de resistencia estructural. De Tabla 12.6-c para sollicitación a la flexión y flexo-tracción}$$

$$R_c = 750 \text{ daN} \quad \text{resistencia del poste}$$

Hipótesis 1a

```

if  $K_E \cdot K_C \cdot \frac{T_{1aXX}}{8} \leq \varphi \cdot R_c$  = "verifica"
    || "verifica"
else
    || "no verifica"
if  $K_E \cdot K_C \cdot \frac{T_{1aYY}}{2} \leq \varphi \cdot R_c$  = "verifica"
    || "verifica"
else
    || "no verifica"

```

Hipótesis 1b

```

if  $K_E \cdot K_C \cdot \frac{T_{1bXX}}{8} \leq \varphi \cdot R_c$  = "verifica"
    || "verifica"
else
    || "no verifica"
if  $K_E \cdot K_C \cdot \frac{T_{1bYY}}{2} \leq \varphi \cdot R_c$  = "verifica"
    || "verifica"
else
    || "no verifica"

```

Hipótesis 1c

```

if  $K_E \cdot K_C \cdot \frac{T_{1aXX}}{8} \leq \varphi \cdot R_c$  = "verifica"
    || "verifica"
else
    || "no verifica"
if  $K_E \cdot K_C \cdot \frac{T_{1aYY}}{2} \leq \varphi \cdot R_c$  = "verifica"
    || "verifica"
else
    || "no verifica"

```

Hipótesis 1d

$$\text{if } K_E \cdot K_C \cdot \frac{T_{1aXX}}{8} \leq \varphi \cdot R_c = \text{"verifica"}$$

|| "verifica"

else

|| "no verifica"

$$\text{if } K_E \cdot K_C \cdot \frac{T_{1aYY}}{2} \leq \varphi \cdot R_c = \text{"verifica"}$$

|| "verifica"

else

|| "no verifica"

Hipótesis 1e

$$\text{if } K_E \cdot K_C \cdot \frac{T_{1aXX}}{8} \leq \varphi \cdot R_c = \text{"verifica"}$$

|| "verifica"

else

|| "no verifica"

$$\text{if } K_E \cdot K_C \cdot \frac{T_{1aYY}}{2} \leq \varphi \cdot R_c = \text{"verifica"}$$

|| "verifica"

else

|| "no verifica"

Hipótesis 2a

$$\text{if } K_E \cdot K_C \cdot \frac{T_{1aXX}}{8} \leq \varphi \cdot R_c = \text{"verifica"}$$

|| "verifica"

else

|| "no verifica"

$$\text{if } K_E \cdot K_C \cdot \frac{T_{1aYY}}{2} \leq \varphi \cdot R_c = \text{"verifica"}$$

|| "verifica"

else

|| "no verifica"

Hipótesis 2b

$$\text{if } K_E \cdot K_C \cdot \frac{T_{1aXX}}{8} \leq \varphi \cdot R_c = \text{"verifica"}$$

|| "verifica"

else

|| "no verifica"

$$\text{if } K_E \cdot K_C \cdot \frac{T_{1aYY}}{2} \leq \varphi \cdot R_c = \text{"verifica"}$$

|| "verifica"

else

|| "no verifica"

Hipótesis 3a

$$\text{if } K_E \cdot K_C \cdot \frac{T_{1aXX}}{8} \leq \varphi \cdot R_c = \text{"verifica"}$$

|| "verifica"

else

|| "no verifica"

$$\text{if } K_E \cdot K_C \cdot \frac{T_{1aYY}}{2} \leq \varphi \cdot R_c = \text{"verifica"}$$

|| "verifica"

else

|| "no verifica"

Hipótesis 3b

$$\text{if } K_E \cdot K_C \cdot \frac{T_{1aXX}}{8} \leq \varphi \cdot R_c = \text{"verifica"}$$

|| "verifica"

else

|| "no verifica"

$$\text{if } K_E \cdot K_C \cdot \frac{T_{1aYY}}{2} \leq \varphi \cdot R_c = \text{"verifica"}$$

|| "verifica"

else

|| "no verifica"

Hipótesis 3c

$$\begin{array}{l} \text{if } K_E \cdot K_C \cdot \frac{T_{1aXX}}{8} \leq \varphi \cdot R_c \quad \left| \begin{array}{l} = \text{"verifica"} \\ \parallel \text{"verifica"} \\ \text{else} \\ \parallel \text{"no verifica"} \end{array} \right. \\ \text{if } K_E \cdot K_C \cdot \frac{T_{1aYY}}{2} \leq \varphi \cdot R_c \quad \left| \begin{array}{l} = \text{"verifica"} \\ \parallel \text{"verifica"} \\ \text{else} \\ \parallel \text{"no verifica"} \end{array} \right. \end{array}$$

### Condición de Servicialidad

Se entienden como tales las condiciones respecto a la fisuración y los desplazamientos admisibles que tienen la finalidad de limitar los daños cuando las estructuras están sometidas a solicitaciones de servicio cuasi-permanentes (a temperatura media anual) con valores que son inferiores a la solicitación última factorizada.

Las condiciones de servicialidad se establecen para una carga o solicitación de "frecuencia normal" o a temperatura media anual ( $F_N$ ), cuyo valor máximo se determinará como un porcentaje de la resistencia nominal ( $R_c$ ) con la siguiente expresión:  $F_N = 0.4 \cdot R_c$ .

Tiro permanente

$$T_{per} := 3 \cdot 2 \cdot \sigma_V \cdot S_c \cdot \cos(\phi)$$

$$T_{per} = 1589 \text{ daN}$$

$$F_N := 0.4 \cdot R_c$$

$$F_N = 300 \text{ daN}$$

$$\begin{array}{l} \text{if } \frac{T_{per}}{8} \leq F_N \quad \left| \begin{array}{l} = \text{"verifica"} \\ \parallel \text{"verifica"} \\ \text{else} \\ \parallel \text{"no verifica"} \end{array} \right. \end{array}$$



UTN

Mejora del mallado y reparación de líneas de 33 kV en zona norte de Concordia

### 5.9 Tabla resumen de postes de retención angular

N° estructura	Urbano o rural	Longitud total [m]	Poste Diámetro en la cima [cm]	Carga rotura [daN]	Hipótesis de carga [daN]									Condición de servicialidad	
					1.a	1.b	1.c	1.d	1.e	2.a	2.b	3.a	3.b		3.c
250	rural	11.5	17	750	2823	2557	2722	2823	2567	2742	2384	2135	2567	1812	si
166	rural	11	17	750	2820	2558	2696	2820	2535	2739	2384	2254	2535	1912	si
167	rural	11	17	750	2540	2557	2649	2540	2508	2714	2384	2254	2508	1912	si
261	rural	11.5	17	750	2192	1879	2044	2192	1861	2066	1761	1629	1861	1383	si
262	rural	11.5	17	750	2202	1918	2012	2202	1850	2056	1761	1659	1850	1408	si
265	rural	11.5	17	750	2918	2646	2747	2918	2606	2813	1761	2244	2606	1408	si

### 5.10 Cálculo de un poste Terminal

#### Designación del poste

La resistencia del poste se elige de modo tal de cumplir con las verificaciones mecánicas de resistencia para todas las hipótesis estudiadas.

La altura total del poste surge del dimensionamiento del cabezal y del estudio de planialtimetría, donde se tuvo en cuenta la flecha máxima obtenida en el cálculo mecánico de los conductores y la altura libre establecida en 7 m para zona rural.

$R_c := 2700 \text{ daN}$	resistencia del poste
$H := 11 \text{ m}$	longitud total del poste
$G_{gp} := 1990 \text{ daN}$	peso del poste
$d := 29 \text{ cm}$	diámetro del poste en la cima
$D := d + 0.015 \cdot (0.9 \cdot H)$	diámetro del poste en el empotramiento (conicidad de 1.5 cm/m)
$D = 43.85 \text{ cm}$	

El poste se designa 11 R2700 según IRAM 1586.

#### Dimensionamiento geométrico

El cabezal se diseña respetando las distancias eléctricas mínimas ya estudiadas.

$h := 0.9 \cdot H = 9.9 \text{ m}$	altura libre del poste
$t_1 := 0.1 \cdot H = 1.1 \text{ m}$	empotramiento (para poste de hormigón es el 10 % de H )
$h_{cs} := 9.85 \text{ m}$	altura de conductor superior
$h_{ci} := 9.85 \text{ m}$	altura de conductor inferior
$L_{nom} := 1 \text{ m}$	distancia de conductor exterior al eje del poste

## Hipótesis de carga

### Datos

$a := 42 \text{ m}$	vano adyacente
$\gamma := 140 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{km}}$	masa por unidad de longitud del conductor
$G_{gc} := \frac{a}{2} \cdot \gamma \cdot 9.81 \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 3 \text{ daN}$	peso del conductor
$G_{ga} := 1.47 \cdot \text{daN}$	peso del aislador
$Q := 0.613 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$	factor de densidad del aire
$Z_{pC} := 1.09$	factor del terreno para exposición C (de Tabla 10.2-f)
$V := 35 \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}}$	velocidad de viento de cálculo (de Anexo C de la norma )
$F_c := 1$	factor de carga (de Tabla 10.2-b)
$G_W := 1$	factor de ráfaga para conductor y aislador
$G_t := 1$	factor de ráfaga para estructura
$C_{Fc} := 1$	coeficiente de forma para conductor
$C_{Fp} := 0.9$	coeficiente de forma para poste (de Tabla 10.2-e)
$d_c := 9.3 \text{ mm}$	diámetro del conductor
$A_c := d_c \cdot \left(\frac{a}{2}\right) = 1953 \text{ cm}^2$	área del conductor
$A_a := 0.017 \text{ m}^2$	área del aislador
$A_p := \frac{(d+D)}{2} \cdot h = 3.6 \text{ m}^2$	área del poste (fórmula del área de un trapecio)
$h_p := \frac{h}{3} \cdot \left(\frac{2 \cdot d + D}{d + D}\right) = 4.6 \text{ m}$	altura del centro de gravedad del poste (fórmula para el trapecio)

### **Datos de la ménsula.**

$L_M := 2 \text{ m}$	longitud de la ménsula
$G_M := 151.074 \text{ daN}$	peso de la ménsula

$A_{M0} := 30 \text{ cm}^2$       área de la ménsula

### Cargas de servicio

a) "Peso propio y cargas verticales permanentes. Carga del viento máximo normal a la línea sobre aisladores, accesorios, estructuras y sobre la semilongitud de conductores de ambos vanos adyacentes. Tracciones unilaterales de todos los conductores."

Peso propio y cargas verticales permanentes.

$$G := 3 \cdot G_{gc} + 3 \cdot G_{ga} + G_M + G_{gp}$$

$$G = 2154.136 \text{ daN}$$

Cargas desequilibradas reducidas a la cima: es un esfuerzo en la cima del poste que produce el mismo momento en la base del poste (a nivel del suelo) que las cargas verticales.

$$F_{des} := \frac{(G_{gc} + G_{ga}) \cdot L_{nom} - (G_{gc} + G_{ga}) \cdot L_{nom} + (G_{gc} + G_{ga}) \cdot 0 \text{ m} + G_{gp} \cdot 0 \text{ m} + G_M \cdot 0 \text{ m}}{h}$$

$$F_{des} = 0 \text{ daN}$$

Carga del viento reducida a la cima: es un esfuerzo en la cima del poste que produce el mismo momento en la base del poste (a nivel del suelo) que las fuerzas del viento sobre el poste, conductores y aisladores.

$\psi := 0^\circ$       ángulo del viento con el eje perpendicular de la línea

Fuerza del viento sobre los conductores

$$F_{cB} := 3 \cdot Q \cdot (Z_{pC} \cdot V)^2 \cdot F_c \cdot G_W \cdot C_{Fc} \cdot A_c \cdot \cos(\psi)^2 = 52.3 \text{ daN}$$

Fuerza del viento sobre los aisladores

$$F_{aB} := 3 \cdot Q \cdot (Z_{pC} \cdot V)^2 \cdot F_c \cdot G_W \cdot C_{Fa} \cdot A_a \cdot \cos(\psi)^2 = 4.6 \text{ daN}$$

Fuerza del viento sobre el poste

$$F_{vp} := Q \cdot (Z_{pC} \cdot V)^2 \cdot F_c \cdot G_t \cdot C_{Fp} \cdot A_p \cdot \cos(\psi)^2 = 290 \text{ daN}$$

Fuerza del viento sobre el poste reducida a la cima

$$F_p := \frac{F_{vp} \cdot h_p}{h} = 135 \text{ daN}$$

Fuerza del viento sobre la ménsula

$$F_{vM} := Q \cdot (Z_{pC} \cdot V)^2 \cdot F_c \cdot G_t \cdot C_{Fp} \cdot A_{M0} \cdot \cos(\psi)^2 = 0.2 \text{ daN}$$

Carga del viento reducida a la cima

$$F_{eq} := \frac{(F_{cB} + F_{aB}) \cdot h_{ci} + (F_{cB} + F_{aB}) \cdot h_{cs}}{h} + F_{vM} + F_p$$

$$F_{eq} = 248 \text{ daN}$$

Tracciones unilaterales de todos los conductores

$$\sigma_{IIC} := 10.75 \cdot \frac{\text{daN}}{\text{mm}^2}$$

tensión para el estado III exposición C

$$S_C := 51.07 \cdot \text{mm}^2$$

sección real del conductor

$$T_{YY1a} := 3 \cdot \sigma_{IIC} \cdot S_C = 1647 \text{ daN}$$

tiro unilateral de los conductores

$$T_{XX1a} := F_{eq}$$

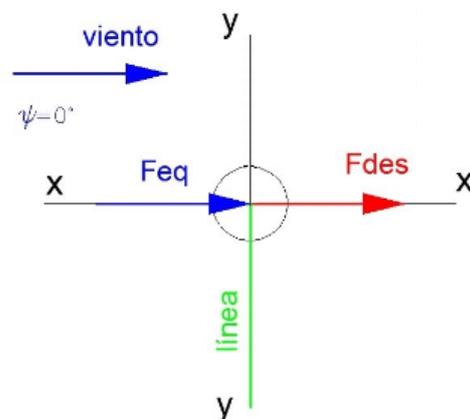
tiro de los esfuerzos en eje XX

Fuerza resultante en la cima

$$T_{1a} := \sqrt{(T_{YY1a}^2 + T_{XX1a}^2)}$$

$$T_{1a} = 16656.117 \text{ N}$$

$$T_{1a} = 1666 \text{ daN}$$



b) "Peso propio y cargas verticales permanentes. Tracciones unilaterales de todos los conductores en el estado de temperatura mínima".

Peso propio y cargas verticales permanentes.

$$G := 3 \cdot G_{gc} + 3 \cdot G_{ga} + G_M + G_{gp}$$

$$G = 2154.136 \text{ daN}$$

Cargas desequilibradas reducidas a la cima: es un esfuerzo en la cima del poste que produce el mismo momento en la base del poste (a nivel del suelo) que las cargas verticales.

$$F_{des} := \frac{(G_{gc} + G_{ga}) \cdot L_{nom} - (G_{gc} + G_{ga}) \cdot L_{nom} + (G_{gc} + G_{ga}) \cdot 0 \text{ m} + G_{gp} \cdot 0 \text{ m} + G_M \cdot 0 \text{ m}}{h}$$

$$F_{des} = 0 \text{ daN}$$

Tracción unilaterales de todos los conductores en estado de mínima temperatura

$$\sigma_{II} := 8.68 \frac{\text{daN}}{\text{mm}^2}$$

tensión para el estado II

$$T_{YY2a} := 3 \cdot \sigma_{II} \cdot S_C = 1329.9 \text{ daN}$$

tiro unilateral de los conductores

Fuerza resultante en la cima

$$T_{1b} := T_{YY2a}$$

$$T_{1b} = 13298.628 \text{ N}$$

$$T_{1b} = 1330 \text{ daN}$$

c) "Peso propio y cargas verticales permanentes. Carga adicional. Carga del viento perpendicular a la dirección de la línea sobre estructura, aisladores, accesorios y sobre la semilongitud de conductores del vano adyacente".

Peso propio y cargas verticales permanentes.

$$G := 3 \cdot G_{gc} + 3 \cdot G_{ga} + G_M + G_{gp}$$

$$G = 2154.136 \text{ daN}$$

Cargas desequilibradas reducidas a la cima: es un esfuerzo en la cima del poste que produce el mismo momento en la base del poste (a nivel del suelo) que las cargas verticales.

$$F_{des} := \frac{(G_{gc} + G_{ga}) \cdot L_{nom} - (G_{gc} + G_{ga}) \cdot L_{nom} + (G_{gc} + G_{ga}) \cdot 0 \text{ m} + G_{gp} \cdot 0 \text{ m} + G_M \cdot 0 \text{ m}}{h}$$

$$F_{des} = 0 \text{ daN}$$

Nota: el centro de gravedad del aislador y del soporte se considera en el punto de fijación del conductor.

Carga del viento reducida a la cima: es un esfuerzo en la cima del poste que produce el mismo momento en la base del poste (a nivel del suelo) que las fuerzas del viento sobre el poste, conductores y aisladores.

$\psi := 90^\circ$  ángulo del viento con el eje perpendicular de la línea

Fuerza del viento sobre conductor

$$F_{cB} := Q \cdot (Z_{pC} \cdot V)^2 \cdot F_c \cdot G_W \cdot C_{Fc} \cdot A_c \cdot \cos(\psi)^2 = 0 \text{ daN}$$

Fuerza del viento sobre aislador

$$F_{aB} := Q \cdot (Z_{pC} \cdot V)^2 \cdot F_c \cdot G_W \cdot C_{Fc} \cdot A_a \cdot \cos(\psi)^2 = 0 \text{ daN}$$

Fuerza del viento sobre el poste

$$F_{vp} := Q \cdot (Z_{pC} \cdot V)^2 \cdot F_c \cdot G_t \cdot C_{Fp} \cdot A_p \cdot \cos(\psi)^2 = 0 \text{ daN}$$

Fuerza del viento sobre el poste reducida a la cima

$$F_p := \frac{F_{vp} \cdot h_p}{h} = 0 \text{ daN}$$

Fuerza del viento sobre la ménsula

$$F_{vM} := Q \cdot (Z_{pC} \cdot V)^2 \cdot F_c \cdot G_t \cdot C_{Fp} \cdot A_{M0} \cdot \cos(\psi)^2 = 0 \text{ daN}$$

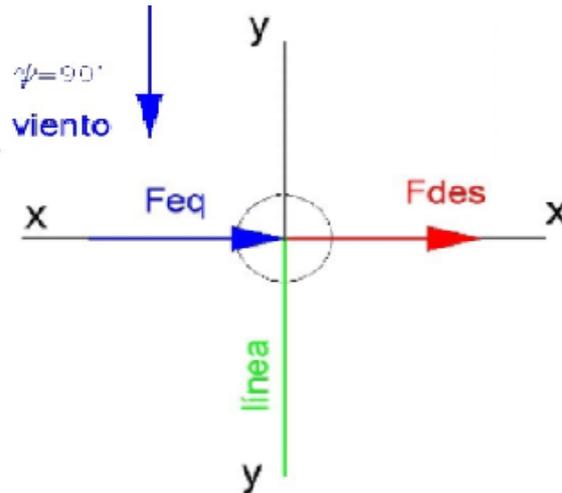
Carga del viento reducida a la cima

$$F_{eq} := \frac{(F_{cB} + F_{aB}) \cdot h_{ci} + (F_{cB} + F_{aB}) \cdot h_{cs}}{h} + F_{vM} + F_p$$

$$F_{eq} = 0 \text{ daN}$$

No se considera carga adicional (peso del hielo sobre conductores) en la zona estudiada.

$$T_{1c} := 0 \cdot \text{daN}$$



### Cargas de construcción y mantenimiento

a) "Peso propio. Cargas verticales permanentes con un factor de carga de 2,5 en cualquiera de los puntos de sujeción de fase o cable de guardia. Sobrecarga adicional de montaje. Tiro de todos los conductores correspondientes a la tracción de tensado considerada a temperatura media anual con un factor de carga de 1,5. No se considera viento".

Peso propio y cargas verticales permanentes.

$$G := 3 \cdot G_{gc} + 3 \cdot G_{ga} + G_M + G_{gp}$$

$$G = 2154.136 \text{ daN}$$

Cargas desequilibradas reducidas a la cima

$$F_{des} := \frac{2.5 \cdot ((G_{gc} + G_{ga}) \cdot L_{nom} - (G_{gc} + G_{ga}) \cdot L_{nom} + (G_{gc} + G_{ga}) \cdot 0 \text{ m}) + G_{gp} \cdot 0 \text{ m}}{h}$$

$$F_{des} = 0 \text{ daN}$$

Para una línea compacta de 33 kV, la sobrecarga adicional es de 100 daN (Tabla 12.1-a). La carga adicional se considera aplicada en los puntos de fijación de los conductores.

Carga adicional reducida a la cima

$$F_{ad} := \frac{100 \text{ daN} \cdot L_{nom} - 100 \text{ daN} \cdot L_{nom} + 100 \text{ daN} \cdot 0 \text{ m}}{h} = 0 \text{ daN}$$

Fuerza resultante en la cima

$$T_{2a} := F_{des} + F_{ad}$$

$$T_{2a} = 0 \text{ daN}$$

Tiro de los conductores

$$\sigma_V := 5.59 \frac{\text{daN}}{\text{mm}^2}$$

$$T_{cond} := 1.5 \cdot 3 \cdot \sigma_V \cdot S_C$$

$$T_{cond} = 1284.666 \text{ daN}$$

$$T_{2a} := T_{cond}$$

$$T_{2a} = 12846.659 \text{ N}$$

$$T_{2a} = 1285 \text{ daN}$$

### Cargas de contención de fallas

*a) "Peso propio y cargas verticales permanentes. Eliminación de una cualquiera o varias tracciones en el estado de mayor sollicitación. No se considera la carga del viento."*

Peso propio y cargas verticales permanentes.

$$G := 3 \cdot G_{gc} + 3 \cdot G_{ga} + G_M + G_{gp}$$

$$G = 2154.136 \text{ daN}$$

Cargas desequilibradas reducidas a la cima

$$F_{des} := \frac{2.5 \cdot ((G_{gc} + G_{ga}) \cdot L_{nom} - (G_{gc} + G_{ga}) \cdot L_{nom} + (G_{gc} + G_{ga}) \cdot 0 \text{ m}) + G_{gp} \cdot 0 \text{ m}}{h}$$

$$F_{des} = 0 \text{ daN}$$

Sumatoria de momentos en YY (Momento Flector)

$$M_{YY} := 2 \cdot S_C \cdot \sigma_{III} \cdot h$$

$$M_{YY} = 10870.25 \text{ daN} \cdot \text{m}$$

Sumatoria de momentos en ZZ (Momento Torsor)

$$M_{ZZ} := S_C \cdot \sigma_{II} \cdot L_{nom}$$

$$M_{ZZ} = 443.288 \text{ daN} \cdot \text{m}$$

El efecto combinado de ambos momentos puede evaluarse como un momento flector, que llamamos momento combinado:

$$Mc := 0.5 \cdot \left( M_{YY} + \sqrt{M_{YY}^2 + M_{ZZ}^2} \right) = 10875 \text{ m} \cdot \text{daN}$$

Tiro reducido a la cima

$$T_{3a} := \frac{Mc}{h}$$

$$T_{3a} = 1098.461 \text{ daN}$$

$$T_{3a} = 1098 \text{ daN}$$

b) "Peso propio y cargas verticales permanentes. Cargas inerciales y desplazamientos relativos de apoyo producidos por el sismo de proyecto. No se considera la carga de viento".

Peso propio y cargas verticales permanentes.

$$G := 3 \cdot G_{gc} + 3 \cdot G_{ga} + G_M + G_{gp}$$

$$G = 2154.136 \text{ daN}$$

Cargas desequilibradas reducidas a la cima

$$F_{des} := \frac{2.5 \cdot \left( (G_{gc} + G_{ga}) \cdot L_{nom} - (G_{gc} + G_{ga}) \cdot L_{nom} + (G_{gc} + G_{ga}) \cdot 0 \text{ m} \right) + G_{gp} \cdot 0 \text{ m}}{h}$$

$$F_{des} = 0 \text{ daN}$$

Cargas desequilibradas reducidas a la cima

No se tienen en cuenta fenómenos sísmicos.

$$T_{3b} := F_{des}$$

$$T_{3b} = 0 \text{ daN}$$

## Verificación mecánica

Datos

$K_E := 1.1$  factor de carga estructural para un poste en el que no se realiza ensayos de un prototipo a escala natural

$K_C := 1.2$  factor de carga por colapso para estructura de retención

$\varphi := 0.9$  factor global de resistencia estructural. De Tabla 12.6-c para sollicitación a la flexión y flexo-tracción

$R_c = 2700 \text{ daN}$  Resistencia del poste

Hipótesis 1a

if  $K_E \cdot K_C \cdot T_{1a} \leq \varphi \cdot R_c$  = “verifica”  
|| “verifica”  
else  
|| “no verifica”

Hipótesis 1b

if  $K_E \cdot K_C \cdot T_{1b} \leq \varphi \cdot R_c$  = “verifica”  
|| “verifica”  
else  
|| “no verifica”

Hipótesis 1c

if  $K_E \cdot K_C \cdot T_{1c} \leq \varphi \cdot R_c$  = “verifica”  
|| “verifica”  
else  
|| “no verifica”

Hipótesis 2a

if  $K_E \cdot K_C \cdot T_{2a} \leq \varphi \cdot R_c$  = “verifica”  
|| “verifica”  
else  
|| “no verifica”

Hipótesis 3a

if  $K_E \cdot K_C \cdot T_{3a} \leq \varphi \cdot R_c$  = “verifica”  
|| “verifica”  
else  
|| “no verifica”

### Hipótesis 3b

```

if  $K_E \cdot K_C \cdot T_{3b} \leq \varphi \cdot R_c$  | = “verifica”
  || “verifica”
else
  || “no verifica”

```

### Condición de Servicialidad

Se entienden como tales las condiciones respecto a la fisuración y los desplazamientos admisibles que tienen la finalidad de limitar los daños cuando las estructuras están sometidas a solicitaciones de servicio cuasi-permanentes (a temperatura media anual) con valores que son inferiores a la sollicitación última factorizada.

Las condiciones de servicialidad se establecen para una carga o sollicitación de "frecuencia normal" o a temperatura media anual ( $F_N$ ), cuyo valor máximo se determinará como un porcentaje de la resistencia nominal ( $R_c$ ) con la siguiente expresión:  $F_N = 0.4 \cdot R_c$ .

Tiro permanente

$$T_{per} := 3 \cdot \sigma_V \cdot S_C$$

$$T_{per} = 856.444 \text{ daN}$$

$$F_N := 0.4 \cdot R_c$$

$$F_N = 1080 \text{ daN}$$

```

if  $T_{per} \leq F_N$  | = “verifica”
  || “verifica”
else
  || “no verifica”

```

### 5.11 Cálculo de un poste terminal para cruce de ruta 015

#### Datos

##### Designación del poste

La resistencia del poste se elije de modo tal de cumplir con las verificaciones mecánicas de resistencia para todas las hipótesis estudiadas.

La altura total del poste surge del dimensionamiento del cabezal y del estudio de planialtimetría, donde se tuvo en cuenta la flecha máxima obtenida en el cálculo mecánico de los conductores y la altura libre establecida en 7 m para zona rural.

$R_c := 600 \text{ daN}$	resistencia a rotura
$H := 13.5 \text{ m}$	altura total del poste
$h := 0.9 \cdot H = 12.15 \text{ m}$	altura libre
$h_c := 10.95 \text{ m}$	altura de la mensula de cruce (inferior)
$G_{gp} := 995 \cdot \text{daN}$	peso
$d := 17 \text{ cm}$	diámetro en la cima
$D := 36.75 \text{ cm}$	diámetro en la base
$A_P := \frac{d+D}{2} \cdot h = 3.27 \text{ m}^2$	área del poste
$h_P := \frac{h}{3} \cdot \left( \frac{2 \cdot d + D}{d + D} \right) = 5.33 \text{ m}$	altura al centro de gravedad
$d_P := 0.645 \cdot m$	distancia entre los centro de gravedad de los postes

El poste se designa 13,5 R600 según IRAM 1586.

### Aisladores

$$L := 480 \text{ mm}$$

longitud

$$d_{Ai} := 30 \text{ mm}$$

diámetro del núcleo

$$d_{Ae} := 88 \text{ mm}$$

diámetro exterior del aislador

$$A_{A1} := 17000 \text{ mm}^2$$

área aislador a lo largo de la línea

$$A_{A2} := 2600 \text{ mm}^2$$

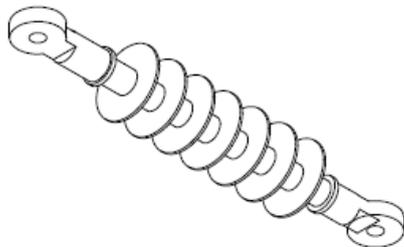
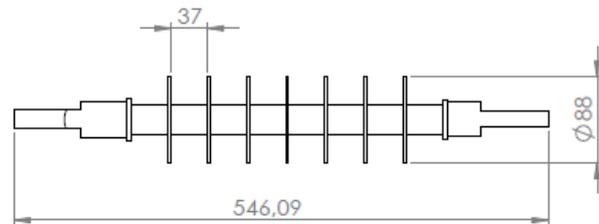
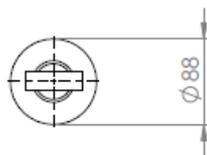
área aislador de frente

$$\gamma_A := 0$$

ángulo sobre la horizontal

$$G_A := 1.47 \text{ daN}$$

peso



### Ménsula

$$G_M := 257 \text{ daN}$$

peso

$$L_{total} := 2.6 \text{ m}$$

largo total

$$L_{Nom} := 2.4 \text{ m}$$

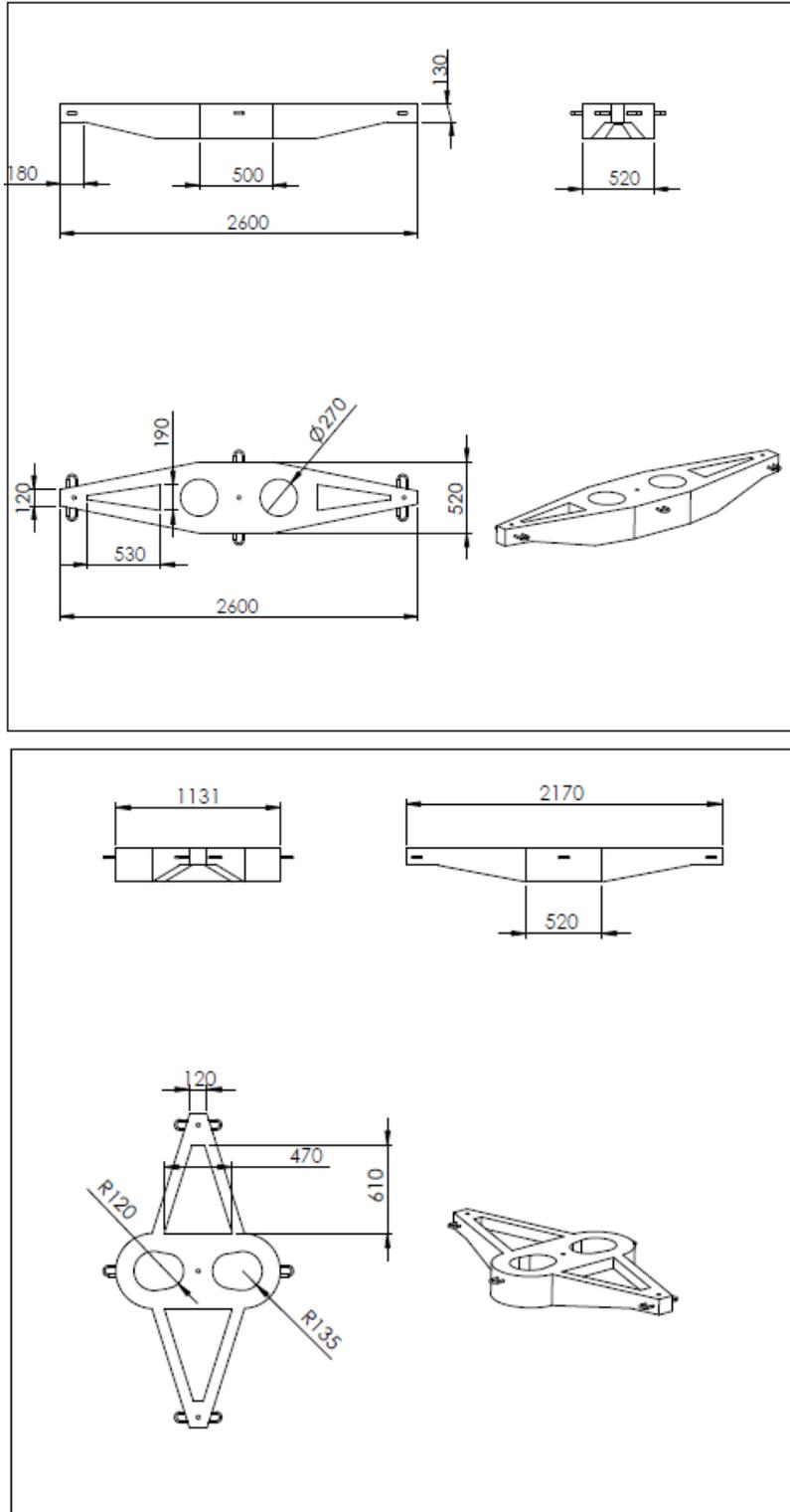
largo nominal

$$h_M := 250 \text{ mm}$$

altura ménsula

$$A_{M1} := 2.6 \text{ m} \cdot 0.25 \text{ m} = 0.65 \text{ m}^2 \quad \text{área ménsula frente}$$

$$A_{M2} := 25 \text{ cm} \cdot 50 \text{ cm} = 0.125 \text{ m}^2 \quad \text{área ménsula lateral}$$



Vínculo 1

$G_{V1} := 217 \text{ daN}$

peso

$L_{total} := 1.12 \text{ m}$

largo total

$h_{V1} := 250 \text{ mm}$

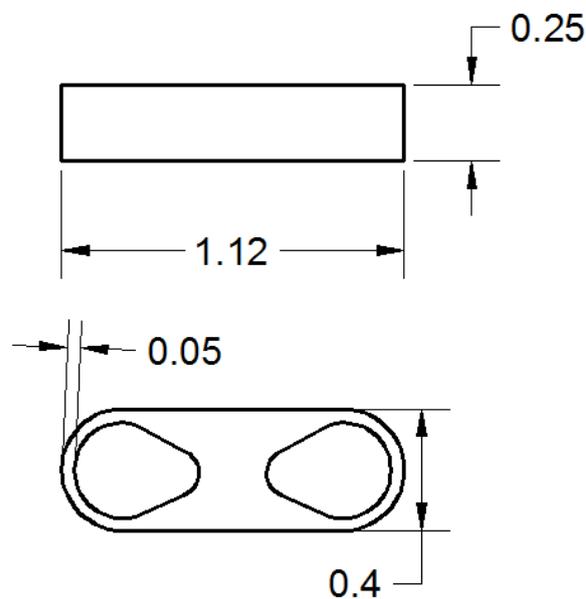
altura ménsula

$A_{V11} := 1.12 \text{ m} \cdot 0.25 \text{ m} = 0.28 \text{ m}^2$  área vínculo 1 frente

$A_{V12} := 25 \text{ cm} \cdot 43 \text{ cm} = 0.108 \text{ m}^2$  área vínculo 1 lateral

$h_{gV1} := 5.85 \cdot \text{m}$

distancia desde el suelo al centro de gravedad



Vínculo 2

$G_{V2} := 294 \text{ daN}$

peso

$L_{total} := 1.22 \text{ m}$

largo total

$h_{V2} := 300 \text{ mm}$

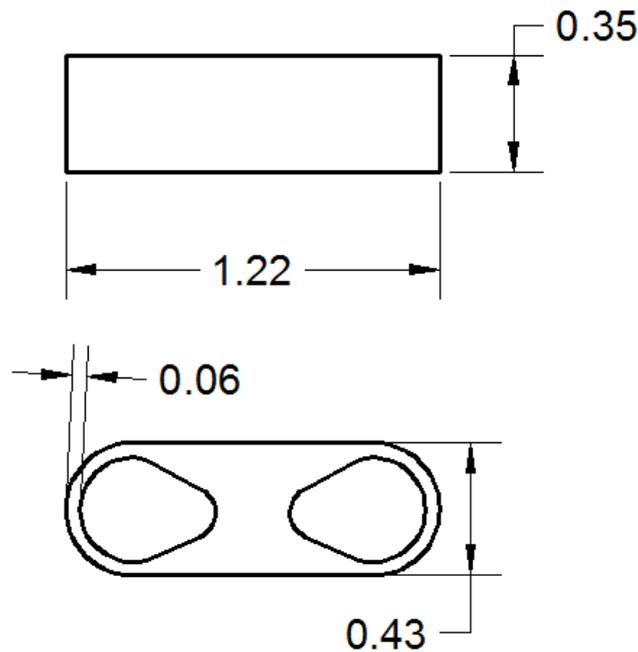
altura ménsula

$A_{V21} := 1.22 \text{ m} \cdot 0.3 \text{ m} = 0.366 \text{ m}^2$  área vínculo 2 frente

$A_{V22} := 30 \text{ cm} \cdot 46 \text{ cm} = 0.138 \text{ m}^2$  área vínculo 2 lateral

$h_{gV2} := 3 \cdot \text{m}$

distancia desde el suelo al centro de gravedad



Conductor

$a_1 := 100 \text{ m}$

vano anterior

$a_2 := 100 \text{ m}$

vano posterior

$a_3 := 80 \cdot \text{m}$

vano cruce de ruta

$\gamma := 190 \frac{\text{kg}}{\text{km}} \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 186.39 \frac{\text{daN}}{\text{km}}$

peso específico conductor

$G_{GC} := \frac{a_1 + a_2}{2} \cdot \gamma = 18.639 \text{ daN}$

peso del conductor

$G_{GCR} := \frac{a_3}{2} \cdot \gamma = 7.456 \text{ daN}$

peso del conductor cruce de ruta

$d_C := 10.8 \text{ mm}$

diámetro del conductor

$A_{CR} := d_C \cdot \frac{a_1 + a_2}{2} = 1.08 \text{ m}^2$

área perpendicular a la ruta

$A_{CC} := d_C \cdot a_3 = 0.864 \text{ m}^2$

área perpendicular al cruce

$d_{hielo} := 900 \frac{\text{daN}}{\text{m}^3}$

densidad del hielo

$S_c := 68.97 \text{ mm}^2$

sección del conductor

$$\sigma_{IIR} := 8.67 \frac{daN}{mm^2}$$

esfuerzo para distintos estados

$$\sigma_{IIR} := 9.48 \frac{daN}{mm^2}$$

esfuerzo para distintos estados

$$\sigma_{IIC} := 8.78 \frac{daN}{mm^2}$$

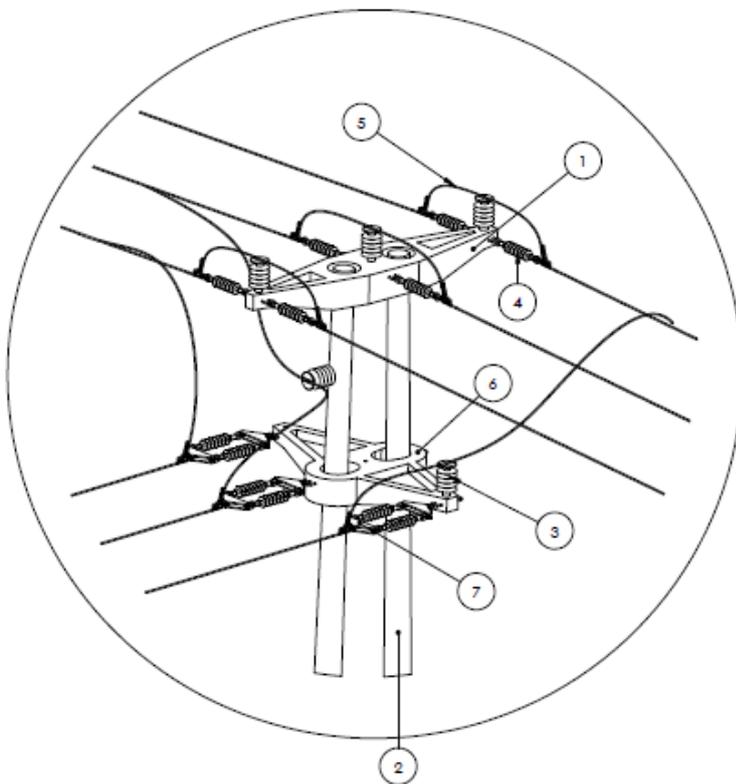
esfuerzo para distintos estados

$$\sigma_{IIC} := 8.71 \frac{daN}{mm^2}$$

esfuerzo para distintos estados

$$\sigma_V := 5.59 \frac{daN}{mm^2}$$

esfuerzo para distintos estados



N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA
1	Mensula superior
2	Columna norte
3	Aislador Pin 2
4	Aislador polimerico con grapa^Retension Angular
5	Empalme pasante superior^Retension Angular
6	Mensula inferior
7	Cadena doble aislador

### Datos para calcular la fuerza del viento

Carga del viento reducida a la cima: es un esfuerzo en la cima del poste que produce el mismo momento en la base del poste (a nivel del suelo) que las fuerzas del viento sobre el poste, conductores y aisladores.

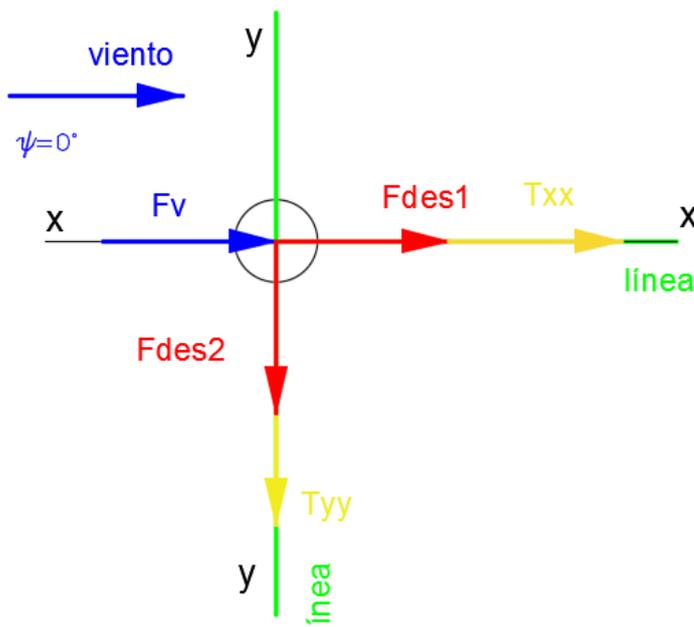
$$Q := 0.0613 \cdot 10 \frac{kg}{m^3} \text{ factor de densidad del aire}$$

$V := 35 \cdot \frac{m}{s}$	velocidad de viento de cálculo (de Anexo C de la norma )
$G_W := 1$	factor de ráfaga para conductor, aislador y vínculo
$G_t := 1$	factor de ráfaga para estructura
$Z_{pC} := 1.03$	factor del terreno para exposición C (de Tabla 10.2-f)
$F_C := 1$	factor de carga
$C_{Fc} := 1$	coeficiente de forma para conductor
$C_{Fp} := 0.9$	coeficiente de forma para poste (de Tabla 10.2-e)

### Hipótesis de carga

#### Cargas de servicio

a) "Peso propio y cargas permanentes. Viento máximo en dirección de la bisectriz del ángulo de la línea sobre estructura, aisladores, accesorios y sobre la semilongitud de los conductores de ambos vanos adyacentes. Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores".



Esquema que muestra el sentido de los esfuerzos reducidos a la cima

## Cargas verticales

Cargas desequilibradas reducidas a la cima: es un esfuerzo en la cima del poste que produce el mismo momento en la base del poste (a nivel del suelo) que las cargas verticales.

Fuerza desequilibrante 1 en dirección normal a la ruta.

$$F_{Des1} := \frac{-(G_{GC} + G_A \cdot 2) \cdot \frac{L_{Nom}}{2} + (G_{GC} + G_A \cdot 2) \cdot \frac{L_{Nom}}{2} + (G_{GC} + G_A \cdot 2) \cdot 0 \cdot m + (G_M + G_{V1} + G_{V2}) \cdot 0 \cdot m - G_{gp} \cdot \frac{d_p}{2} + G_{gp} \cdot \frac{d_p}{2}}{h}$$

$$F_{Des1} = 0 \text{ daN}$$

Fuerza desequilibrante 2 en dirección paralela a la ruta.

$$F_{Des2} := \frac{-(G_{GCR} + G_A) \cdot \frac{L_{Nom}}{2} + (G_{GCR} + G_A) \cdot \frac{L_{Nom}}{2} + (G_{GCR} + G_A) \cdot 0 \cdot m + (G_M + G_{V1} + G_{V2}) \cdot 0 \cdot m - G_{gp} \cdot 0 \cdot m + G_{gp} \cdot 0 \cdot m}{h}$$

$$F_{Des2} = 0 \text{ daN}$$

## Viento

Carga del viento reducida a la cima: es un esfuerzo en la cima del poste que produce el mismo momento en la base del poste (a nivel del suelo) que las fuerzas del viento sobre el poste, conductores y aisladores.

Fuerza del viento en dirección normal a la ruta.

$$\psi := 0^\circ \quad \text{ángulo del viento con el eje perpendicular de la línea}$$

Fuerza sobre aisladores

$$F_{VAis1} := Q \cdot (Z_{pC} \cdot V)^2 \cdot F_C \cdot G_t \cdot C_{Fc} \cdot A_{A1} = 1.4 \text{ daN}$$

Fuerza sobre poste

$$F_{VPost1} := Q \cdot (Z_{pC} \cdot V)^2 \cdot F_C \cdot G_t \cdot C_{Fp} \cdot A_P = 234 \text{ daN}$$

Fuerza sobre ménsula

$$F_{VMens} := Q \cdot (Z_{pC} \cdot V)^2 \cdot F_C \cdot G_t \cdot C_{Fc} \cdot (A_{M1} + A_{M2}) = 62 \text{ daN}$$

Fuerza sobre vínculo 1

$$F_{VVinc1} := Q \cdot (Z_{pC} \cdot V)^2 \cdot F_C \cdot G_t \cdot C_{Fp} \cdot A_{V11} = 20 \text{ daN}$$

Fuerza sobre vínculo 2

$$F_{VVinc2} := Q \cdot (Z_{pC} \cdot V)^2 \cdot F_C \cdot G_t \cdot C_{Fp} \cdot A_{V21} = 26 \text{ daN}$$

Fuerza sobre el conductor

$$F_{VCond} := Q \cdot (Z_{pC} \cdot V)^2 \cdot F_C \cdot G_W \cdot C_{Fc} \cdot A_{CC} \cdot \cos(\psi)^2 = 69 \text{ daN}$$

Carga del viento reducida a la cima en dirección normal a la ruta

$$F_V := \frac{12 \cdot F_{VAis1} \cdot h + 2 \cdot F_{VPost1} \cdot h_p + 2 F_{VMens} \cdot h + 3 F_{VCond} \cdot h + F_{VVinc1} \cdot h_{gV1} + 2 F_{VVinc2} \cdot h_{gV2}}{h}$$

$$F_V = 574 \text{ daN}$$

Fuerza reducida a la cima de tracción de los conductores

$$T_{CC} := \frac{3 (\sigma_{IIR} \cdot S_c) \cdot h_c}{h} = 1768 \text{ daN} \quad \text{en dirección del cruce}$$

$$T_{CR} := \frac{3 (\sigma_{IIR} \cdot S_c) \cdot h - 3 (\sigma_{IIR} \cdot S_c) \cdot h}{h} = 0 \text{ N} \quad \text{en dirección de la ruta}$$

Fuerza resultante en la cima

$$T_{1aXX} := T_{CC} + F_{Des1} \quad \text{componente en el eje X-X de la resultante}$$

$$T_{1aXX} = 1768 \text{ daN}$$

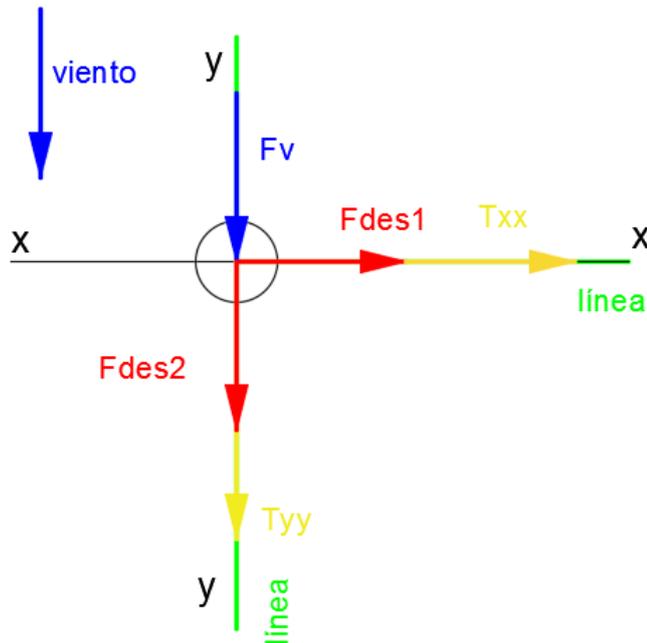
$$T_{1aYY} := T_{CR} + F_V + F_{Des2} \quad \text{componente en el eje Y-Y de la resultante}$$

$$T_{1aYY} = 574 \text{ daN}$$

$$T_{1a} := \sqrt{(T_{CC} + F_{Des1})^2 + (T_{CR} + F_V + F_{Des2})^2}$$

$$T_{1a} = 1859 \text{ daN}$$

b) "Peso propio y cargas permanentes. Carga del viento máximo sobre estructura, aisladores, accesorios y sobre la semilongitud de los conductores de ambos vanos adyacentes en dirección normal a la bisectriz del ángulo de la línea. Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores".



Esquema que muestra el sentido de los esfuerzos reducidos a la cima

### Cargas verticales

Cargas desequilibradas reducidas a la cima: es un esfuerzo en la cima del poste que produce el mismo momento en la base del poste (a nivel del suelo) que las cargas verticales.

Fuerza desequilibrante 1 en dirección normal a la ruta.

$$F_{Des1} := \frac{-(G_{GC} + G_A \cdot 2) \cdot \frac{L_{Nom}}{2} + (G_{GC} + G_A \cdot 2) \cdot \frac{L_{Nom}}{2} + (G_{GC} + G_A \cdot 2) \cdot 0 \cdot m + (G_M + G_{V1} + G_{V2}) \cdot 0 \cdot m - G_{gp} \cdot \frac{d_P}{2} + G_{gp} \cdot \frac{d_P}{2}}{h}$$

$$F_{Des1} = 0 \text{ daN}$$

Fuerza desequilibrante 2 en dirección paralela a la ruta.

$$F_{Des2} := \frac{-(G_{GCR} + G_A) \cdot \frac{L_{Nom}}{2} + (G_{GCR} + G_A) \cdot \frac{L_{Nom}}{2} + (G_{GCR} + G_A) \cdot 0 \cdot m + (G_M + G_{V1} + G_{V2}) \cdot 0 \cdot m - G_{gp} \cdot 0 \cdot m + G_{gp} \cdot 0 \cdot m}{h}$$

$$F_{Des2} = 0 \text{ daN}$$

## Viento

Carga del viento reducida a la cima: es un esfuerzo en la cima del poste que produce el mismo momento en la base del poste (a nivel del suelo) que las fuerzas del viento sobre el poste, conductores y aisladores.

Fuerza del viento en dirección paralela a la ruta.

$\psi := 0^\circ$  ángulo del viento con el eje perpendicular de la línea

Fuerza sobre aisladores

$$F_{VAis1} := Q \cdot (Z_{pC} \cdot V)^2 \cdot F_C \cdot G_t \cdot C_{Fc} \cdot A_{A1} = 1.4 \text{ daN}$$

Fuerza sobre poste

$$F_{VPost1} := Q \cdot (Z_{pC} \cdot V)^2 \cdot F_C \cdot G_t \cdot C_{Fp} \cdot A_P = 234 \text{ daN}$$

Fuerza sobre ménsula

$$F_{VMens} := Q \cdot (Z_{pC} \cdot V)^2 \cdot F_C \cdot G_t \cdot C_{Fc} \cdot (A_{M1} + A_{M2}) = 62 \text{ daN}$$

Fuerza sobre vínculo 1

$$F_{VVinc1} := Q \cdot (Z_{pC} \cdot V)^2 \cdot F_C \cdot G_t \cdot C_{Fp} \cdot A_{V12} = 8 \text{ daN}$$

Fuerza sobre vínculo 2

$$F_{VVinc2} := Q \cdot (Z_{pC} \cdot V)^2 \cdot F_C \cdot G_t \cdot C_{Fp} \cdot A_{V22} = 10 \text{ daN}$$

Fuerza sobre el conductor

$$F_{VCond} := Q \cdot (Z_{pC} \cdot V)^2 \cdot F_C \cdot G_W \cdot C_{Fc} \cdot A_{CR} \cdot \cos(\psi)^2 = 86 \text{ daN}$$

Carga del viento reducida a la cima en dirección paralela a la ruta

$$F_V := \frac{12 \cdot F_{VAis1} \cdot h + 2 \cdot F_{VPost1} \cdot h_P + 2 \cdot F_{VMens} \cdot h + 3 \cdot F_{VCond} \cdot h + F_{VVinc1} \cdot h_{gV1} + 2 \cdot F_{VVinc2} \cdot h_{gV2}}{h}$$

$$F_V = 612 \text{ daN}$$

Fuerza reducida a la cima de tracción de los conductores

$$T_{CC} := \frac{3 (\sigma_{III R} \cdot S_c) \cdot h_c}{h} = 1768 \text{ daN} \quad \text{en dirección del cruce}$$

$$T_{CR} := \frac{3 (\sigma_{III R} \cdot S_c) \cdot h - 3 (\sigma_{III R} \cdot S_c) \cdot h}{h} = 0 \text{ N} \quad \text{en dirección de la ruta}$$

Fuerza resultante en la cima

$$T_{1bXX} := T_{CC} + F_{Des1} \quad \text{componente en el eje X-X de la resultante}$$

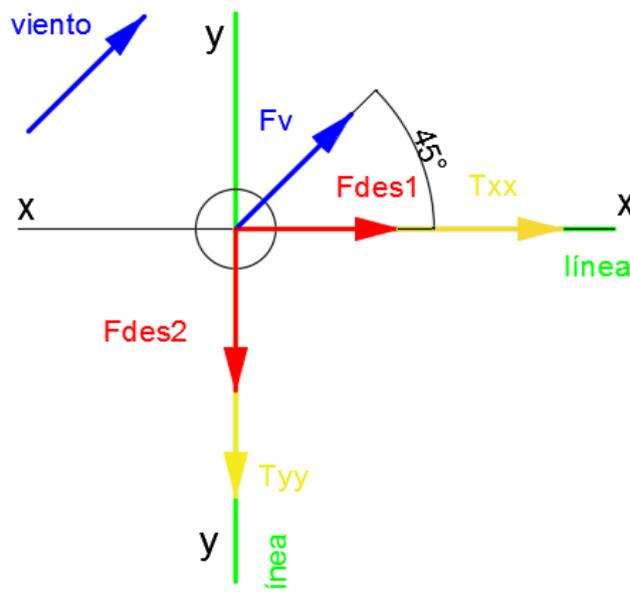
$$T_{1bXX} = 1768 \text{ daN}$$

$$T_{1bYY} := T_{CR} + F_V + F_{Des2} \quad \text{componente en el eje Y-Y de la resultante}$$

$$T_{1bYY} = 612 \text{ daN}$$

$$T_{1b} := \sqrt{(T_{CC} + F_{Des1})^2 + (T_{CR} + F_V + F_{Des2})^2} \quad T_{1b} = 1871 \text{ daN}$$

c) "Peso propio y cargas permanentes. Carga del viento máximo en dirección oblicua sobre estructura, aisladores accesorios y sobre la semilongitud de los conductores de ambos vanos adyacentes. Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores".



Esquema que muestra el sentido de los esfuerzos reducidos a la cima

### Cargas verticales

Cargas desequilibradas reducidas a la cima: es un esfuerzo en la cima del poste que produce el mismo momento en la base del poste (a nivel del suelo) que las cargas verticales.

Fuerza desequilibrante 1 en dirección normal a la ruta.

$$F_{Des1} := \frac{-(G_{GC} + G_A \cdot 2) \cdot \frac{L_{Nom}}{2} + (G_{GC} + G_A \cdot 2) \cdot \frac{L_{Nom}}{2} + (G_{GC} + G_A \cdot 2) \cdot 0 \cdot m + (G_M + G_{V1} + G_{V2}) \cdot 0 \cdot m - G_{gp} \cdot \frac{d_p}{2} + G_{gp} \cdot \frac{d_p}{2}}{h}$$

$$F_{Des1} = 0 \text{ daN}$$

Fuerza desequilibrante 2 en dirección paralela a la ruta.

$$F_{Des2} := \frac{-(G_{GCR} + G_A) \cdot \frac{L_{Nom}}{2} + (G_{GCR} + G_A) \cdot \frac{L_{Nom}}{2} + (G_{GCR} + G_A) \cdot 0 \cdot m + (G_M + G_{V1} + G_{V2}) \cdot 0 \cdot m - G_{gp} \cdot 0 \cdot m + G_{gp} \cdot 0 \cdot m}{h}$$

$$F_{Des2} = 0 \text{ daN}$$

### Viento

Carga del viento reducida a la cima: es un esfuerzo en la cima del poste que produce el mismo momento en la base del poste (a nivel del suelo) que las fuerzas del viento sobre el poste, conductores y aisladores.

$\psi_1 := 45^\circ$  ángulo del viento con el eje perpendicular de la línea en vano anterior

$\psi_2 := 45^\circ$  ángulo del viento con el eje perpendicular de la línea en vano posterior

### Fuerza sobre aisladores

$$F_{VAis1} := Q \cdot (Z_{pC} \cdot V)^2 \cdot F_C \cdot G_t \cdot C_{Fc} \cdot A_{A1} = 1.4 \text{ daN}$$

### Fuerza sobre poste

$$F_{VPost1} := Q \cdot (Z_{pC} \cdot V)^2 \cdot F_C \cdot G_t \cdot C_{Fp} \cdot A_P = 234 \text{ daN}$$

### Fuerza sobre ménsula

$$F_{VMens} := Q \cdot (Z_{pC} \cdot V)^2 \cdot F_C \cdot G_t \cdot C_{Fc} \cdot A_{M2} = 10 \text{ daN}$$

Fuerza sobre vínculo 1

$$F_{VVinc1} := Q \cdot (Z_{pC} \cdot V)^2 \cdot F_C \cdot G_t \cdot C_{Fp} \cdot A_{V11} = 20 \text{ daN}$$

Fuerza sobre vínculo 2

$$F_{VVinc2} := Q \cdot (Z_{pC} \cdot V)^2 \cdot F_C \cdot G_t \cdot C_{Fp} \cdot A_{V21} = 26 \text{ daN}$$

Fuerza sobre el conductor

$$F_{VCond1} := Q \cdot (Z_{pC} \cdot V)^2 \cdot F_C \cdot G_W \cdot C_{Fc} \cdot \left( d_C \cdot \frac{a_1}{2} \right) \cdot \cos(\psi_1)^2 = 21.5 \text{ daN}$$

$$F_{VCond2} := Q \cdot (Z_{pC} \cdot V)^2 \cdot F_C \cdot G_W \cdot C_{Fc} \cdot \left( d_C \cdot \frac{a_2}{2} \right) \cdot \cos(\psi_2)^2 = 21.5 \text{ daN}$$

$$F_{VCond3} := Q \cdot (Z_{pC} \cdot V)^2 \cdot F_C \cdot G_W \cdot C_{Fc} \cdot (d_C \cdot a_3) \cdot \cos(\psi_2)^2 = 34.4 \text{ daN}$$

Carga del viento reducida a la cima

$$F_V := \frac{12 \cdot F_{VAis1} \cdot h + 2 \cdot F_{VPost1} \cdot h_P + 2 \cdot F_{VMens} \cdot h + 6 \cdot F_{VCond1} \cdot h + 3 \cdot F_{VCond3} \cdot h + F_{VVinc1} \cdot h_{gV1} + 2 \cdot F_{VVinc2} \cdot h_{gV2}}{h}$$

$$F_V = 497 \text{ daN}$$

Fuerza reducida a la cima de tracción de los conductores

$$T_{CC} := \frac{3 \cdot (\sigma_{IIR} \cdot S_c) \cdot h_c}{h} = 1768 \text{ daN} \quad \text{en direccion del cruce}$$

$$T_{CR} := \frac{3 \cdot (\sigma_{IIR} \cdot S_c) \cdot h - 3 \cdot (\sigma_{IIR} \cdot S_c) \cdot h}{h} = 0 \text{ N} \quad \text{en dirección de la ruta}$$

Fuerza resultante en la cima

$$T_{1cXX} := T_{CC} + F_V \cdot \cos(45) + F_{Des1} \quad \text{componente en el eje X-X de la resultante}$$

$$T_{1cXX} = 2029 \text{ daN}$$

componente en el eje Y-Y de la resultante

$$T_{1cY} := T_{CR} + F_V \cdot \sin(45) + F_{Des2}$$

$$T_{1cY} = 423 \text{ daN}$$

$$T_{1c} := \sqrt{(T_{CC} + F_V \cdot \cos(45) + F_{Des1})^2 + (T_{CR} + F_V \cdot \sin(45) + F_{Des2})^2}$$

$$T_{1c} = 2072 \text{ daN}$$

d) "Peso propio y cargas permanentes. Carga adicional (por hielo). Carga de viento sobre estructura, aisladores, accesorios y sobre la semilongitud de los conductores de ambos vanos adyacentes en dirección de la bisectriz del ángulo de la línea. Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores".

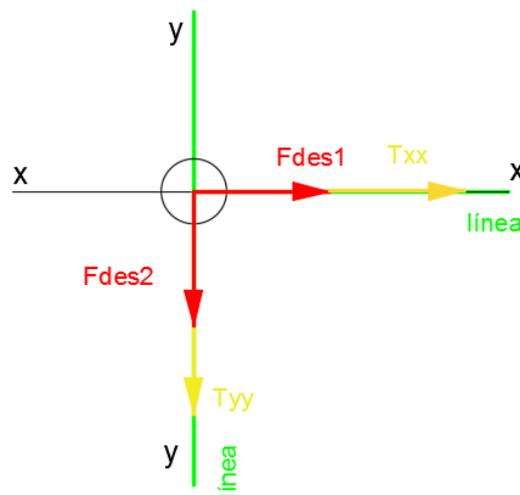
Igual a hipótesis 1a para este caso

Fuerza resultante en la cima

$$T_{1d} := T_{1a}$$

$$T_{1d} = 1859 \text{ daN}$$

e) "Peso propio y cargas permanentes. Tracciones unilaterales máximas en todos los conductores en el estado de temperatura mínima".



Esquema que muestra el sentido de los esfuerzos reducidos a la cima

Cargas verticales

Cargas desequilibradas reducidas a la cima: es un esfuerzo en la cima del poste que produce el mismo momento en la base del poste (a nivel del suelo) que las cargas verticales.

Fuerza desequilibrante 1 en dirección normal a la ruta.

$$F_{Des1} := \frac{-(G_{GC} + G_A \cdot 2) \cdot \frac{L_{Nom}}{2} + (G_{GC} + G_A \cdot 2) \cdot \frac{L_{Nom}}{2} + (G_{GC} + G_A \cdot 2) \cdot 0 \cdot m + (G_M + G_{V1} + G_{V2}) \cdot 0 \cdot m - G_{gp} \cdot \frac{d_p}{2} + G_{gp} \cdot \frac{d_p}{2}}{h}$$

$$F_{Des1} = 0 \text{ daN}$$

Fuerza desequilibrante 2 en dirección paralela a la ruta.

$$F_{Des2} := \frac{-(G_{GCR} + G_A) \cdot \frac{L_{Nom}}{2} + (G_{GCR} + G_A) \cdot \frac{L_{Nom}}{2} + (G_{GCR} + G_A) \cdot 0 \cdot m + (G_M + G_{V1} + G_{V2}) \cdot 0 \cdot m - G_{gp} \cdot 0 \cdot m + G_{gp} \cdot 0 \cdot m}{h}$$

$$F_{Des2} = 0 \text{ daN}$$

Fuerza reducida a la cima de tracción de los conductores

$$T_{CC} := \frac{3 (\sigma_{IRR} \cdot S_c) \cdot h_c}{h} = 1617 \text{ daN} \quad \text{en direccion del cruce}$$

$$T_{CR} := \frac{3 (\sigma_{IRR} \cdot S_c) \cdot h - 3 (\sigma_{IRR} \cdot S_c) \cdot h}{h} = 0 \text{ N} \quad \text{en dirección de la ruta}$$

Fuerza resultante en la cima

$$T_{1eXX} := T_{CC} + F_{Des1} \quad \text{componente en el eje X-X de la resultante}$$

$$T_{1eXX} = 1617 \text{ daN}$$

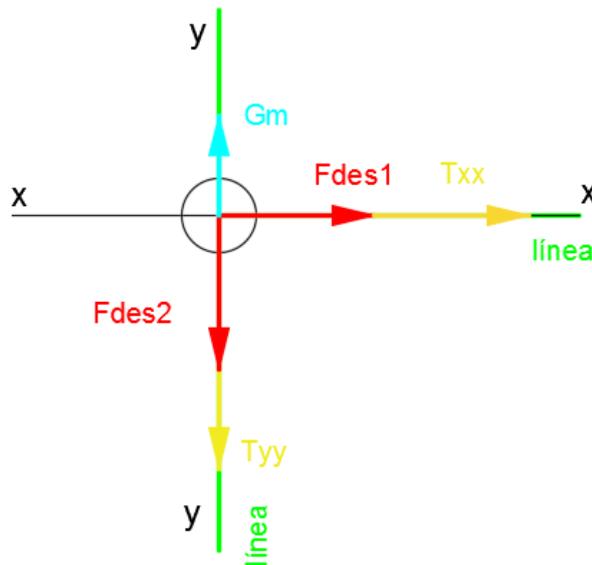
$$T_{1eYY} := T_{CR} + F_{Des2} \quad \text{componente en el eje Y-Y de la resultante}$$

$$T_{1eYY} = 0 \text{ daN}$$

$$T_{1b} := \sqrt{(T_{CC} + F_{Des1})^2 + (T_{CR} + F_{Des2})^2} \quad T_{1b} = 1617 \text{ daN}$$

Cargas de construcción y mantenimiento

a) "Peso propio de la estructura. Cargas permanentes con un factor de carga de 2,50 en uno cualquiera, varios o todos los puntos de sujeción de fase o cable de guardia. Sobrecarga adicional de montaje. Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores consideradas a temperatura mínima. No se considera viento".



Esquema que muestra el sentido de los esfuerzos reducidos a la cima

Cargas verticales

$$F_{Des1} := \frac{-(G_{GC} + G_A \cdot 2) \cdot \frac{L_{Nom}}{2} + (G_{GC} + G_A \cdot 2) \cdot \frac{L_{Nom}}{2} + (2 G_M + G_{V1} + 2 G_{V2}) \cdot 0 \cdot m - G_{gp} \cdot \frac{d_P}{2} + G_{gp} \cdot \frac{d_P}{2}}{h}$$

$$F_{Des1} = 0 \text{ daN}$$

Fuerza desequilibrante 2 en dirección paralela a la ruta.

$$F_{Des2} := \frac{(2.5 - 1) \cdot (G_{GCR} + G_A \cdot 4) \cdot \frac{L_{Nom}}{2} + (G_{GCR} + G_A) \cdot 0 \cdot m + (2 G_M + G_{V1} + 2 G_{V2}) \cdot 0 \cdot m - G_{gp} \cdot 0 \cdot m + G_{gp} \cdot 0 \cdot m}{h}$$

$$F_{Des2} = 1.976 \text{ daN}$$

Sobrecarga adicional de montaje reducida a la cima

$$Gm := \frac{200 \text{ daN}}{h} \cdot h = 200 \text{ daN}$$

Fuerza reducida a la cima de tracción de los conductores

$$T_{CC} := \frac{3 (\sigma_{IIR} \cdot S_c) \cdot h_c}{h} = 1617 \text{ daN} \quad \text{en direccion del cruce}$$

$$T_{CR} := \frac{3 (\sigma_{IIR} \cdot S_c) \cdot h - 3 (\sigma_{IIR} \cdot S_c) \cdot h}{h} = 0 \text{ N} \quad \text{en dirección de la ruta}$$

Fuerza resultante en la cima

$$T_{2aXX} := T_{CC} + F_{Des1} + Gm \quad \text{componente en el eje X-X de la resultante}$$

$$T_{2aXX} = 1817 \text{ daN}$$

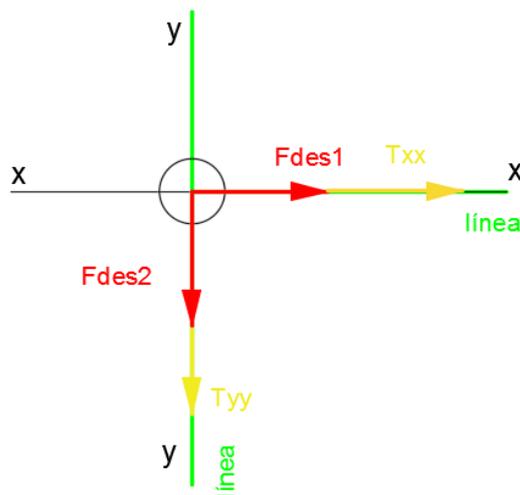
$$T_{2aYY} := T_{CR} + F_{Des2} \quad \text{componente en el eje Y-Y de la resultante}$$

$$T_{2aYY} = 2 \text{ daN}$$

$$T_{2a} := \sqrt{(T_{CC} + F_{Des1} + Gm)^2 + (T_{CR} + F_{Des2})^2}$$

$$T_{2a} = 1817 \text{ daN}$$

b) "Peso propio. Cargas permanentes con un factor de carga de 2,50. Carga unilateral de todos los cables, correspondiente a la tracción considerada a temperatura media anual con un factor de carga de 1,5. No se considera viento".



Esquema que muestra el sentido de los esfuerzos reducidos a la cima

### Cargas verticales

$$F_{Des1} := \frac{-(G_{GC} + G_A \cdot 2) \cdot \frac{L_{Nom}}{2} + (G_{GC} + G_A \cdot 2) \cdot \frac{L_{Nom}}{2} + (2 G_M + G_{V1} + 2 G_{V2}) \cdot 0 \cdot m - G_{gp} \cdot \frac{d_P}{2} + G_{gp} \cdot \frac{d_P}{2}}{h}$$

$$F_{Des1} = 0 \text{ daN}$$

Fuerza desequilibrante 2 en dirección paralela a la ruta.

$$F_{Des2} := \frac{(2.5 - 1) \cdot (G_{GCR} + G_A \cdot 4) \cdot \frac{L_{Nom}}{2} + (G_{GCR} + G_A) \cdot 0 \cdot m + (2 G_M + G_{V1} + 2 G_{V2}) \cdot 0 \cdot m - G_{gp} \cdot 0 \cdot m + G_{gp} \cdot 0 \cdot m}{h}$$

$$F_{Des2} = 1.976 \text{ daN}$$

Sobrecarga adicional de montaje reducida a la cima

$$Gm := \frac{200 \text{ daN}}{h} \cdot h = 200 \text{ daN}$$

Fuerza reducida a la cima de tracción de los conductores

$$T_{CC} := \frac{1.5 \cdot 3 (\sigma_{IIR} \cdot S_c) \cdot h_c}{h} = 2425 \text{ daN} \quad \text{en direccion del cruce}$$

$$T_{CR} := \frac{3 (\sigma_{IIR} \cdot S_c) \cdot h - 3 (\sigma_{IIR} \cdot S_c) \cdot h}{h} = 0 \text{ N} \quad \text{en dirección de la ruta}$$

Fuerza resultante en la cima

$$T_{2bXX} := T_{CC} + F_{Des1} \quad \text{componente en el eje X-X de la resultante}$$

$$T_{2bXX} = 2425 \text{ daN}$$

$$T_{2bYY} := T_{CR} + F_{Des2} \quad \text{componente en el eje Y-Y de la resultante}$$

$$T_{2bYY} = 2 \text{ daN}$$

$$T_{2b} := \sqrt{(T_{CC} + F_{Des1})^2 + (T_{CR} + F_{Des2})^2}$$

$$T_{2b} = 2425 \text{ daN}$$

### Cargas de contención de fallas

a) "Peso propio y cargas permanentes. Tiro máximo unilateral aplicado en cualquiera de los puntos de sujeción de fase o cable de guardia y la resultante en los puntos restantes. No se considera viento".

#### Cargas verticales

$$F_{Des1} := \frac{-(G_{GC} + G_A \cdot 2) \cdot \frac{L_{Nom}}{2} + (G_{GC} + G_A \cdot 2) \cdot \frac{L_{Nom}}{2} + (G_{GC} + G_A \cdot 2) \cdot 0 \cdot m + (2 G_M + G_{V1} + 2 G_{V2}) \cdot 0 \cdot m - G_{gp} \cdot \frac{d_p}{2} + G_{gp} \cdot \frac{d_p}{2}}{h}$$

$$F_{Des1} = 0 \text{ daN}$$

$$F_{Des2} := \frac{(2 - 1) \cdot (G_{GCR} + G_A \cdot 4) \cdot \frac{L_{Nom}}{2} + (G_{GCR} + G_A \cdot 2) \cdot 0 \cdot m + (2 G_M + G_{V1} + 2 G_{V2}) \cdot 0 \cdot m - G_{gp} \cdot 0 \cdot m + G_{gp} \cdot 0 \cdot m}{h}$$

$$F_{Des2} = 1.317 \text{ daN}$$

Fuerza resultante de tracción del conductor reducida a la cima

$$T_{CR} := \frac{3 \sigma_{IIR} \cdot S_c \cdot h - 2 \sigma_{IIR} \cdot S_c \cdot h}{h} = 598 \text{ daN}$$

$$T_{CC} := 3 \sigma_{IIC} \cdot S_c \cdot \frac{h_c}{h} = 1637 \text{ daN}$$

#### Resultante

$$F_{XX} := T_{CC} + F_{Des1}$$

$$F_{YY} := T_{CR} + F_{Des2}$$

$$F_R := \sqrt{(T_{CC} + F_{Des1})^2 + (T_{CR} + F_{Des2})^2}$$

$$F_R = 1743 \text{ daN}$$

#### Momento flector

$$M_f := F_R \cdot h$$

$$M_f = 21183 \text{ m} \cdot \text{daN}$$

El tiro de un conductor en el estado de mínima temperatura, ante una falla, produce un momento torsor:

$$M_t := T_{CR} \cdot \frac{L_{Nom}}{2} = 718 \text{ m} \cdot \text{daN}$$

El efecto combinado de ambos momentos puede evaluarse como un momento flector, que llamamos momento combinado:

$$M_c := 0.5 \cdot \left( M_f + \sqrt{M_f^2 + M_t^2} \right) = 21189 \text{ m} \cdot \text{daN}$$

Fuerza resultante en la cima

$$F_a := \frac{M_c}{h} = 1744 \text{ daN}$$

$$T_{3a} := F_a$$

$$T_{3a} = 1744 \text{ daN}$$

*b) "Peso propio y cargas permanentes. Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores y cables de guardia correspondientes a la tracción con mayor sollicitación. Fuerzas inerciales y desplazamientos relativos de apoyos producidos por el sismo de proyecto. No se considera viento".*

No es zona sísmica, hipótesis sin efecto considerable

*c) "Peso propio y cargas verticales permanentes. Tiro unilateral máximo igual a 2/3 para líneas horizontales o por corte del conductor superior (el que ocasione el mayor esfuerzo). No se considera viento. No es requisito obligatorio para líneas superiores a la clase C".*

Cargas verticales

Fuerza desequilibrante 2 en dirección normal a la ruta.

$$F_{Des1} := \frac{-(G_{GC} + G_A \cdot 2) \cdot \frac{L_{Nom}}{2} + (G_{GC} + G_A \cdot 2) \cdot \frac{L_{Nom}}{2} + (2 G_M + G_{V1} + 2 G_{V2}) \cdot 0 \text{ m} - G_{gp} \cdot \frac{d_P}{2} + G_{gp} \cdot \frac{d_P}{2}}{h}$$

$$F_{Des1} = 0 \text{ daN}$$

Fuerza desequilibrante 2 en dirección paralela a la ruta.

$$F_{Des2} := \frac{-(G_{GCR} + G_A \cdot 4) \cdot \frac{L_{Nom}}{2} + (G_{GCR} + G_A \cdot 4) \cdot \frac{L_{Nom}}{2} + (G_{GCR} + G_A) \cdot 0 \text{ m} + (2 G_M + G_{V1} + 2 G_{V2}) \cdot 0 \text{ m} - G_{gp} \cdot 0 \cdot \text{m} + G_{gp} \cdot 0 \cdot \text{m}}{h}$$

$$F_{Des2} = 0 \text{ daN}$$

Fuerza reducida a la cima de tracción de los conductores

$$T_{CC} := \frac{3 \frac{2}{3} (\sigma_{IRR} \cdot S_c) \cdot h_c}{h} = 1078 \text{ daN} \quad \text{en direccion del cruce}$$

$$T_{CR} := 0 \text{ N} \quad \text{en dirección de la ruta}$$

Fuerza resultante en la cima

$$T_{2bXX} := T_{CC} + F_{Des1} \quad \text{componente en el eje X-X de la resultante}$$

$$T_{2bXX} = 1078 \text{ daN}$$

$$T_{2bYY} := T_{CR} + F_{Des2} \quad \text{componente en el eje Y-Y de la resultante}$$

$$T_{2bYY} = 0 \text{ daN}$$

$$T_{3c} := \sqrt{(T_{CC} + F_{Des1})^2 + (T_{CR} + F_{Des2})^2} \quad T_{3c} = 1078 \text{ daN}$$

### Verificación mecánica

Datos

$$K_E := 1.1 \quad \text{factor de carga estructural para un poste en el que no se realiza ensayos de un prototipo a escala natural}$$

$$K_C := 1 \quad \text{factor de carga por colapso para estructura de retención de línea}$$

$$\varphi := 0.75 \quad \text{factor global de resistencia estructural. De Tabla 12.6-c para sollicitación a la flexión y flexo-tracción}$$

$$R_c = 600 \text{ daN} \quad \text{resistencia del poste}$$

Hipótesis 1a

<p>if <math>K_E \cdot K_C \cdot \frac{T_{1aXX}}{8} \leq \varphi \cdot R_c</math></p> <p>       “verifica”</p> <p>else</p> <p>       “no verifica”</p> <p>if <math>K_E \cdot K_C \cdot \frac{T_{1aYY}}{2} \leq \varphi \cdot R_c</math></p> <p>       “verifica”</p> <p>else</p> <p>       “no verifica”</p>	<p>= “verifica”</p>
---	---------------------

Hipótesis 1b

<p>if <math>K_E \cdot K_C \cdot \frac{T_{1bXX}}{8} \leq \varphi \cdot R_c</math></p> <p>       “verifica”</p> <p>else</p> <p>       “no verifica”</p> <p>if <math>K_E \cdot K_C \cdot \frac{T_{1bYY}}{2} \leq \varphi \cdot R_c</math></p> <p>       “verifica”</p> <p>else</p> <p>       “no verifica”</p>	<p>= “verifica”</p>
---	---------------------

Hipótesis 1c

<p>if <math>K_E \cdot K_C \cdot \frac{T_{1aXX}}{8} \leq \varphi \cdot R_c</math></p> <p>       “verifica”</p> <p>else</p> <p>       “no verifica”</p> <p>if <math>K_E \cdot K_C \cdot \frac{T_{1aYY}}{2} \leq \varphi \cdot R_c</math></p> <p>       “verifica”</p> <p>else</p> <p>       “no verifica”</p>	<p>= “verifica”</p>
---	---------------------

Hipótesis 1d

$$\text{if } K_E \cdot K_C \cdot \frac{T_{1aXX}}{8} \leq \varphi \cdot R_c = \text{"verifica"}$$

|| "verifica"

else

|| "no verifica"

$$\text{if } K_E \cdot K_C \cdot \frac{T_{1aYY}}{2} \leq \varphi \cdot R_c = \text{"verifica"}$$

|| "verifica"

else

|| "no verifica"

Hipótesis 1e

$$\text{if } K_E \cdot K_C \cdot \frac{T_{1aXX}}{8} \leq \varphi \cdot R_c = \text{"verifica"}$$

|| "verifica"

else

|| "no verifica"

$$\text{if } K_E \cdot K_C \cdot \frac{T_{1aYY}}{2} \leq \varphi \cdot R_c = \text{"verifica"}$$

|| "verifica"

else

|| "no verifica"

Hipótesis 2a

$$\text{if } K_E \cdot K_C \cdot \frac{T_{1aXX}}{8} \leq \varphi \cdot R_c = \text{"verifica"}$$

|| "verifica"

else

|| "no verifica"

$$\text{if } K_E \cdot K_C \cdot \frac{T_{1aYY}}{2} \leq \varphi \cdot R_c = \text{"verifica"}$$

|| "verifica"

else

|| "no verifica"

**Hipótesis 2b**

$$\text{if } K_E \cdot K_C \cdot \frac{T_{1aXX}}{8} \leq \varphi \cdot R_c = \text{"verifica"}$$

|| "verifica"

else

|| "no verifica"

$$\text{if } K_E \cdot K_C \cdot \frac{T_{1aYY}}{2} \leq \varphi \cdot R_c = \text{"verifica"}$$

|| "verifica"

else

|| "no verifica"

**Hipótesis 3a**

$$\text{if } K_E \cdot K_C \cdot \frac{T_{1aXX}}{8} \leq \varphi \cdot R_c = \text{"verifica"}$$

|| "verifica"

else

|| "no verifica"

$$\text{if } K_E \cdot K_C \cdot \frac{T_{1aYY}}{2} \leq \varphi \cdot R_c = \text{"verifica"}$$

|| "verifica"

else

|| "no verifica"

**Hipótesis 3b**

$$\text{if } K_E \cdot K_C \cdot \frac{T_{1aXX}}{8} \leq \varphi \cdot R_c = \text{"verifica"}$$

|| "verifica"

else

|| "no verifica"

$$\text{if } K_E \cdot K_C \cdot \frac{T_{1aYY}}{2} \leq \varphi \cdot R_c = \text{"verifica"}$$

|| "verifica"

else

|| "no verifica"

Hipótesis 3c

$$\begin{array}{l}
 \text{if } K_E \cdot K_C \cdot \frac{T_{1aXX}}{8} \leq \varphi \cdot R_c = \text{“verifica”} \\
 \quad \parallel \text{“verifica”} \\
 \text{else} \\
 \quad \parallel \text{“no verifica”} \\
 \text{if } K_E \cdot K_C \cdot \frac{T_{1aYY}}{2} \leq \varphi \cdot R_c = \text{“verifica”} \\
 \quad \parallel \text{“verifica”} \\
 \text{else} \\
 \quad \parallel \text{“no verifica”}
 \end{array}$$

Condición de Servicialidad

Se entienden como tales las condiciones respecto a la fisuración y los desplazamientos admisibles que tienen la finalidad de limitar los daños cuando las estructuras están sometidas a solicitaciones deservicio cuasi-permanentes (a temperatura media anual) con valores que son inferiores a la sollicitación última factorizada.

Las condiciones de servicialidad se establecen para una carga o sollicitación de "frecuencia normal" o a temperatura media anual ( $F_N$ ), cuyo valor máximo se determinará como un porcentaje de la resistencia nominal ( $R_c$ ) con la siguiente expresión:

Tiro permanente

$$T_{per} := 3 \cdot \sigma_V \cdot S_c$$

$$T_{per} = 1157 \text{ daN}$$

$$F_N := 0.4 \cdot R_c$$

$$F_N = 240 \text{ daN}$$

$$\begin{array}{l}
 \text{if } \frac{T_{per}}{8} \leq F_N = \text{“verifica”} \\
 \quad \parallel \text{“verifica”} \\
 \text{else} \\
 \quad \parallel \text{“no verifica”}
 \end{array}$$

## 6 Cálculo de fundaciones

Los soportes de hormigón armado se fijan al terreno mediante un macizo. Para su construcción se utiliza generalmente hormigón simple, cuando se trata de un macizo en el que no se prevean tensiones importantes; en caso contrario debe emplearse hormigón armado. Los métodos de cálculo más empleados son: el Método de Sulzberger y el Método de Pöhl.

### 6.1 Método de Sulzberger

Se emplea para implantación en terrenos normales, tanto para el caso de fundaciones de hormigón como para empotramiento directo, cuando las fundaciones tienen como dimensión preponderante la profundidad. En caso contrario es más apropiado emplear el método de Pöhl, que tiene en cuenta exclusivamente la reacción del fondo de la fundación como elemento estabilizante y por lo tanto se aplica a bloques de importantes dimensiones laterales con respecto a su altura.

Los postulados básicos, originados en resultados experimentales, se resumen a continuación:

- a) Para inclinaciones limitadas del macizo de la fundación, el terreno reacciona en forma elástica.
- b) Para los momentos volcadores más reducidos, la estructura y su fundación giran con respecto a un eje ubicado en el fondo de la fundación. La totalidad de la superficie del fondo está en contacto con el terreno, contribuyendo a la estabilización. Con un aumento de los esfuerzos volcadores, el conjunto gira sobre un eje que ya no está en el fondo, sino más arriba, a 1/3 de la profundidad de empotramiento. En este caso el fondo de la fundación está parcialmente despegado del terreno y por lo tanto disminuye la contribución a la estabilidad. También es menor el momento estabilizante de encastramiento o reacción de las paredes de la fundación, reduciéndose a 1/3 del valor que tendría, si el eje no se hubiese desplazado del fondo de la fundación.
- c) Se considera un ángulo de inclinación máximo bajo la acción de los momentos volcadores, tal que  $tg(\alpha) < 0.01$ . Este valor se establece a fin de que no se alteren las condiciones de la línea (flecha del conductor, tiros). Tiene relación también con un comportamiento elástico del terreno.

### **Coefficiente de compresibilidad**

La capacidad del terreno para reaccionar elásticamente a los esfuerzos que ejerce la fundación, queda expresada mediante el coeficiente de compresibilidad  $C$ , definido como la fuerza en daN que, aplicada sobre una superficie de  $1 \text{ cm}^2$ , provoca el hundimiento de 1 cm. Este coeficiente se mide, por lo tanto, en daN/cm<sup>3</sup>. Ya que conocemos que el terreno se comporta elásticamente, podemos relacionar a  $C$  con la idea de un módulo de elasticidad.

El comportamiento de los suelos hace que deba distinguirse:

$C_t$  = Coeficiente de compresibilidad para las paredes de la fundación (relacionado a las cargas horizontales aplicadas a las paredes).

$C_b$  = Coeficiente de compresibilidad para el fondo de la fundación (para las cargas verticales en el fondo).

$C_t$  y  $C_b$  pueden tener el mismo o distinto valor. Generalmente se acepta que  $C_t = 1 \dots 1.2 * C_b$  aunque en algunos casos particulares pueden diferir, como en el de los suelos arenosos.

En la teoría que desarrolla las fórmulas de cálculo, se acepta que el coeficiente de compresibilidad es variable linealmente con la profundidad, partiendo de 0 en la superficie. Generalmente las tablas dan valores típicos a 2 m de profundidad, por lo que se calcula por proporciones el valor a la profundidad real del fondo de la base, cifra que interviene en los cálculos.

TABLA N°1 – Características de los suelos								
Tipo	Naturaleza del terreno	Peso específico [Kg/m <sup>3</sup> ]	Presión admisible [Kg/Cm <sup>2</sup> ]	Índice de compresibilidad C (1) [Kg/Cm <sup>3</sup> ]	Ángulo de la tierra gravante β ( 2 )		Coeficiente de la fricción terreno-fundación μ	
					Vegetable	Movible	Liso	Escabroso
A	Laguna, aguazal. Terreno pantanoso	650	Hasta 0.5	0.5 - 1.0	5°	3°	0.05	0.1
B	Terrenos muy blandos	1700	Hasta 0.8	1... 2	5°	3°	0.2	0.2
	Arena fina húmeda			2... 4			0.3	0.5
	Arcilla blanda			5... 8			0.3	0.4
C	Arcilla medio dura seca		Hasta 1.8	5... 8	8°	6°	0.4	0.5
	Arcilla fina seca			6... 9			0.6	0.7
D	Arcilla rígida		Hasta 3.0	10	12°	10°	0.4	0.5
	Arena gruesa y pedregullo			11... 13			0.4	0.5
E	Arcilla gruesa dura		Hasta 4.0	13... 16	15°	12°	0.4	0.5
F	Rígido pedregullo y canto rodado		Hasta 5.0		20°	20°	0.4	0.5

Nota 1: El índice de compresibilidad corresponde a las paredes de la fundación, a una profundidad de 2 metros.

Nota 2: Para los tipos B a F y terrenos con buena cohesión se puede aumentar el ángulo de tierra gravante en 5 °

### Momento volcador

Los esfuerzos volcadores son las cargas horizontales (viento, tiro de los conductores) que actúan sobre la estructura. En los apoyos de hormigón armado, lo normal es contar con la carga total reducida a la cima del poste, valor que puede formarse como dato para realizar el cálculo del momento volcador.

Según sea la posición del eje de giro, resultará la distancia de aplicación de la fuerza que provoca el momento volcador. Para el caso más común en que la fundación trabaja parcialmente despegada del suelo, el momento volcador tiene por expresión:

$$M_v = T * \left( h + \frac{2}{3} * t \right)$$

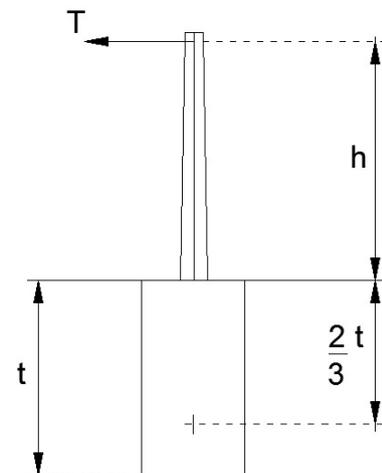
Donde:

$M_v$  = Momento volcador (daN\*m)

$T$  = Tiro total reducido a la cima daN)

$h$  = Altura libre del poste (m)

$t$  = Profundidad del macizo de fundación (m)

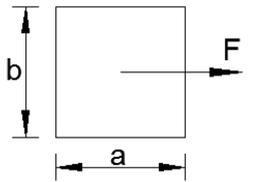
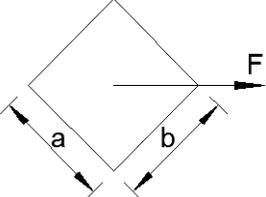
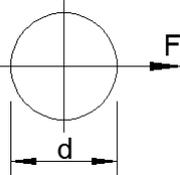


### Momentos estabilizantes

La fundación reacciona ante el momento volcador, presentando dos momentos estabilizantes: a) el originado por la reacción en las paredes, que incluye la fricción entre el hormigón y la tierra a lo largo de las paredes, llamado momento de encastramiento; y b) el momento de reacción de fondo provocado por las cargas verticales.

Para la determinación de los valores de los momentos estabilizantes se elaboran las fórmulas a partir de la distribución de la presión producida por la reacción del terreno ante el movimiento de la fundación, en torno al eje de giro del conjunto. Las fórmulas a utilizar se resumen en la siguiente tabla.

**Tabla N°2 - Fórmulas de cálculo. Método Sulzberger**

Forma de la base (vista en planta)	Momento de encastramiento		Momento de fondo	
	$tg \alpha$	$M_s$	$tg \alpha$	$M_b$
	$\frac{6 \cdot \mu \cdot G}{b \cdot t^2 \cdot C_t} < 0,01$	$\frac{b \cdot t^3}{36} \cdot C_t \cdot tg(\alpha)$	$\frac{2 \cdot G}{a^2 \cdot b \cdot C_b} < 0,01$	$G \cdot \left( \frac{a}{2} - 0,47 \cdot \sqrt{\frac{G}{b \cdot C_b \cdot tg(\alpha)}} \right)$
	$\frac{6 \cdot \mu \cdot G}{b \cdot t^2 \cdot C_t} > 0,01$	$\frac{b \cdot t^3}{12} \cdot C_t \cdot tg(\alpha)$	$\frac{2 \cdot G}{a^2 \cdot b \cdot C_b} > 0,01$	$\frac{b \cdot a^3}{12} \cdot C_b \cdot tg(\alpha)$
	$\frac{4,5 \cdot \mu \cdot G}{a \cdot t^2 \cdot C_t} < 0,01$	$\frac{1,414 \cdot a \cdot t^3}{36} \cdot C_t \cdot tg(\alpha)$	$\frac{1,414 \cdot G}{a^3 \cdot C_b} < 0,01$	$G \cdot \left( \frac{\sqrt{2}a}{2} - \frac{1}{2} \sqrt[3]{\frac{3 \cdot G}{C_b \cdot tg(\alpha)}} \right)$
	$\frac{4,5 \cdot \mu \cdot G}{a \cdot t^2 \cdot C_t} > 0,01$	$\frac{1,414 \cdot a \cdot t^3}{12} \cdot C_t \cdot tg(\alpha)$	$\frac{1,414 \cdot G}{a^3 \cdot C_b} > 0,01$	$\frac{a^4}{12} \cdot C_b \cdot tg(\alpha)$
	$\frac{8,8 \cdot \mu \cdot G}{b \cdot t^2 \cdot C_t} > 0,01$	$\frac{d \cdot t^3}{52,8} \cdot C_t \cdot tg(\alpha)$	Esta forma se emplea cuando se empotra directamente el poste, sin fundación de hormigón. Por ser el diámetro reducido con respecto a la profundidad de empotramiento se desprecia el valor del momento de fondo.	
	$\frac{8,8 \cdot \mu \cdot G}{b \cdot t^2 \cdot C_t} < 0,01$	$\frac{d \cdot t^3}{17,6} \cdot C_t \cdot tg(\alpha)$		

### Coefficiente de seguridad

El método de Sulzberger ofrece una aceptable precisión cuando la fundación reacciona predominantemente con sus paredes, o sea cuando  $M_s > M_b$ . Esto se tiene generalmente cuando la fundación tiene su mayor dimensión en el sentido de la profundidad y también cuando se trabaja sobre terrenos de capacidad portante (tensión admisible) no muy reducida. En estas condiciones se logra la estabilidad simplemente para  $M_s + M_b = M_v$  o mayores valores de momento estabilizante.

En caso de fundaciones de dimensiones transversales relativamente grandes con respecto a la profundidad (lo que se hace necesario generalmente cuando la capacidad portante del terreno es baja), resulta  $M_s < M_b$  y para garantizar la estabilidad en la fundación, es necesario aplicar un coeficiente de seguridad "s" de modo que:

$$M_s + M_b = s * M_v$$

Tabla N°3 - Coeficiente de seguridad para el método de Sulzberger											
$M_s / M_b$	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
s	1.500	1.383	1.317	1.260	1.208	1.150	1.115	1.075	1.040	1.017	1.000

### Formas usuales de fundaciones

Las fundaciones calculadas por el método de Sulzberger son monobloques, generalmente de forma prismática, con su base rectangular, cuando la estructura es un poste doble, y cuadrada para postes simples. Para este último caso, orientando una de las diagonales en el sentido del esfuerzo volcador, se logra una mayor resistencia.

Del análisis de la tabla de fórmulas se deduce que la profundidad de la fundación es la dimensión que más influye en el momento estabilizante y, por lo tanto, conviene profundizar la fundación antes que ensancharla.

### 6.2 Método de PÖHL

#### Campo de aplicación

El método de las tablas de Pöhl para calcular fundaciones se basa en considerar exclusivamente la acción estabilizante que produce el fondo de la fundación. Es por lo tanto aplicable a aquellos casos en que la fundación tiene sus lados de una magnitud considerable con respecto a su altura. Por lo tanto, el momento de encastramiento no es importante frente al valor de la reacción de fondo. Es necesario adoptar estas proporciones en las bases ubicadas en suelos poco

resistentes (baja presión admisible, bajo coeficiente de compresibilidad), a fin de evitar valores elevados de presión sobre el terreno. Para estos casos en general no es aconsejable la aplicación del método de Sulzberger, en cambio, el método de Pöhl es muy útil y da garantías de que no se producirá un desplazamiento de la base por hundimiento de terreno, ya que la verificación se centra precisamente en la tensión admisible que soporta el suelo.

### Principios de cálculo

El cálculo permite obtener el valor de la presión producida por la acción del peso y los momentos volcadores, sobre el fondo de la fundación. Dicha presión debe ser menor que la admisible del suelo. Para el caso de tratarse de terrenos no cohesivos, según DIN 1054 pueden calcularse valores de presión hasta un 30 % más elevados que los admisibles.

La conjunta aplicación de las cargas horizontales (tiro de los conductores, viento) y verticales (peso), lleva a que el punto de intersección de la estructura con el fondo de la fundación no se encuentre en el eje de la estructura. Si esta excentricidad supera un cierto límite, parte de la fundación se despegga y el momento estabilizante se realiza con solo el aporte de la parte de la fundación que ha quedado en contacto con el terreno. Las tensiones sobre el terreno se distribuyen linealmente, pero la superficie útil del fondo tiene una forma que puede no ser sencilla. Sin embargo, la tabla de Pöhl permite realizar el cálculo con independencia de la forma de dicha superficie.

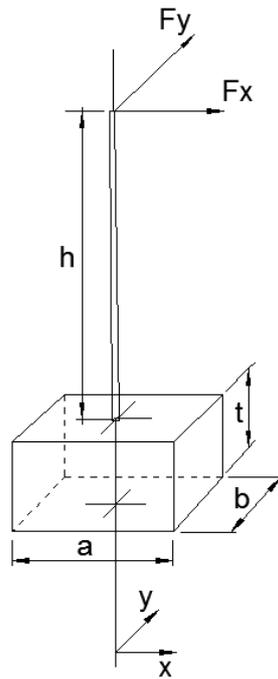
Los momentos de las fuerzas actuantes se toman con respecto al eje de giro del conjunto estructura fundación, que en este caso está ubicado en el fondo de la fundación o platea (profundidad  $t$ ).

Llamando  $M_{v-x}$  al momento vector de dirección  $x-x$  o sea el producido por las fuerzas actuantes en la dirección  $y-y$ :

$$M_{v-x} = F_y * (h + t)$$

Análogamente para las fuerzas actuantes en la dirección  $x-x$ :

$$M_{v-y} = F_x * (h + t)$$



La excentricidad se calcula teniendo en cuenta:

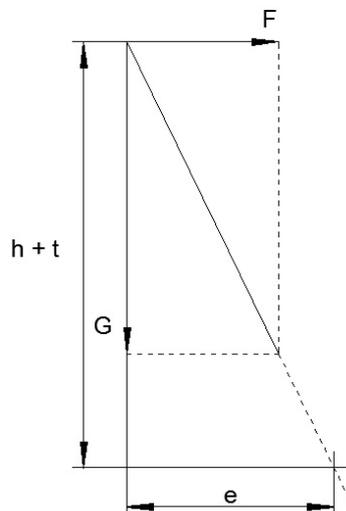
$$\frac{e}{h + t} = \frac{F}{G}$$

Donde:

$e$  = excentricidad ( $e_x$  o  $e_y$  según la dirección de la fuerza)

$F$  = fuerza actuante ( $F_x$  o  $F_y$  a la altura  $h$  del nivel del suelo)

$G$  = peso total (estructura, elementos de cabecera, fundación y tierra gravante en caso de haber una fundación con zapata inferior). Si la zona es inundable, debe verificarse también la estabilidad en condiciones de inundaciones, descontando de  $G$  el empuje del volumen de agua correspondiente.



Se tiene para fuerzas según x-x:

$$e_x = \frac{M_{v-x}}{G}$$

Se tiene para fuerzas según y-y:

$$e_y = \frac{M_{v-y}}{G}$$

Para determinar el coeficiente de Pöhl debe calcularse previamente los valores:

$\frac{e_x}{a}$  donde a es el lado de la base según el eje x-x

$\frac{e_y}{b}$  donde b es el lado de la base según el eje y-y

En función de estos valores se extrae de la tabla N°4 el coeficiente de Pöhl.

Para valores de  $\frac{e_x}{a} + \frac{e_y}{b} \geq \frac{1}{6}$  parte del fondo de la fundación se despega del terreno y permanece inactivo.

Los valores de la tabla por debajo de la línea marcada inferior corresponden a estados de carga en los que la totalidad de la base de la fundación permanece en contacto con el terreno. Si se quiere que al menos un 50 % del fondo de la fundación sea activo, es decir, este en contacto con el terreno, debemos mantener los valores elegidos de la tabla por debajo de la línea marcada superior.

La presión máxima es ejercida sobre el terreno por el borde de la fundación y se calcula, para cualquier valor de  $\frac{e_x}{a} + \frac{e_y}{b}$ , por:

$\sigma_{max} = \mu * \frac{G}{S}$ , donde S es la superficie de la base de la fundación.

La condición de estabilidad se obtiene por:

$\sigma_{max} \leq \sigma_{adm}$  para terrenos cohesivos

$\sigma_{max} \leq 1.3 * \sigma_{adm}$  para terrenos no cohesivos

**Tabla N°4 - Valores de los coeficientes de PÖHL**

$e_y / b$	$e_x / a$																				
	0.400	0.380	0.360	0.340	0.320	0.300	0.280	0.260	0.240	0.220	0.200	0.180	0.160	0.140	0.120	0.100	0.080	0.060	0.040	0.020	0.000
0.40	37.50	31.25	26.78	23.44	20.83	18.75	17.04	15.62	14.42	13.37	12.45	11.62	10.87	10.18	9.559	8.965	8.445	7.964	7.506	7.076	6.667
0.38	31.25	26.04	22.32	19.53	17.36	15.62	14.20	13.02	12.02	11.15	10.38	9.684	9.057	8.486	7.965	7.487	7.046	6.637	6.255	5.896	5.556
0.36	26.78	22.32	19.13	16.74	14.88	13.39	12.17	11.16	10.30	9.553	8.895	8.300	7.763	7.274	6.827	6.417	6.039	5.689	5.362	5.054	4.762
0.34	23.44	19.53	16.74	14.65	13.02	11.72	10.65	9.766	9.014	8.359	7.783	7.263	6.793	6.365	5.972	5.615	5.284	4.978	4.691	4.422	4.167
0.32	20.83	17.36	14.38	13.02	11.57	10.42	9.470	8.681	8.013	7.430	6.918	6.456	6.038	5.658	5.310	4.991	4.697	4.425	4.170	3.931	3.704
0.30	18.75	15.62	13.39	11.72	10.42	9.375	8.523	7.812	7.211	6.687	6.226	5.810	5.434	5.092	4.779	4.492	4.227	3.982	3.753	3.538	3.333
0.28	17.04	14.20	12.17	10.65	9.470	8.523	7.748	7.102	6.556	6.079	5.660	5.282	4.940	4.629	4.345	4.084	3.843	3.620	3.412	3.216	3.030
0.26	15.62	13.02	11.16	9.766	8.681	7.812	7.102	6.510	6.009	5.573	5.189	4.842	4.528	4.243	3.983	3.743	3.523	3.318	3.128	2.948	2.778
0.24	14.42	12.02	10.30	9.014	8.013	7.211	6.559	6.009	5.547	5.145	4.789	4.470	4.180	3.917	3.676	3.455	3.252	3.063	2.887	2.721	2.564
0.22	13.37	11.10	9.553	8.359	7.430	6.687	6.079	5.573	5.145	4.773	4.444	4.147	3.880	3.636	3.413	3.202	3.019	2.844	2.681	2.527	2.381
0.20	12.45	10.38	8.895	7.783	6.918	6.226	5.660	5.189	4.789	4.444	4.137	3.863	3.615	3.389	3.183	2.993	2.818	2.655	2.502	2.359	2.222
0.18	11.62	9.684	8.300	7.263	6.456	5.810	5.282	4.842	4.470	4.147	3.863	3.608	3.378	3.169	2.979	2.803	2.640	2.488	2.346	2.211	2.083
0.16	10.87	9.057	7.763	6.793	6.038	5.434	4.940	4.528	4.180	3.880	3.615	3.378	3.165	2.972	2.795	2.632	2.481	2.340	2.207	2.082	1.960
0.14	10.18	8.486	7.274	6.365	5.658	5.092	4.629	4.243	3.917	3.636	3.389	3.169	2.972	2.793	2.629	2.478	2.337	2.206	2.081	1.960	1.840
0.12	9.558	7.965	6.827	5.974	5.310	4.779	4.345	3.983	3.676	3.413	3.183	2.979	2.795	2.629	2.477	2.336	2.205	2.080	1.960	1.840	1.720
0.10	8.985	7.487	6.417	5.615	4.991	4.492	4.084	3.743	3.455	3.202	2.993	2.803	2.632	2.478	2.336	2.204	2.080	1.960	1.840	1.720	1.600
0.08	8.455	7.046	6.039	5.284	4.697	4.227	3.843	3.523	3.252	3.019	2.818	2.640	2.481	2.337	2.205	2.080	1.960	1.840	1.720	1.600	1.480
0.06	7.964	6.637	5.689	4.978	4.425	3.982	3.620	3.318	3.063	2.844	2.655	2.488	2.340	2.206	2.080	1.960	1.840	1.720	1.600	1.480	1.360
0.04	7.506	6.255	5.362	4.691	4.170	3.753	3.412	3.128	2.887	2.681	2.502	2.346	2.207	2.081	1.960	1.840	1.720	1.600	1.480	1.360	1.240
0.02	7.076	5.896	5.054	4.422	3.931	3.538	3.216	2.948	2.721	2.527	2.359	2.211	2.082	1.960	1.840	1.720	1.600	1.480	1.360	1.240	1.120
0.00	6.667	5.556	4.762	4.167	3.704	3.333	3.030	2.778	2.564	2.381	2.222	2.083	1.960	1.840	1.720	1.600	1.480	1.360	1.240	1.120	1.000



**UTN**

Mejora del mallado y reparación de líneas de 33 kV en zona norte de Concordia

### 6.3 Cálculo de fundación para poste de suspensión

Es de aplicación el método de Sulzberger para implantación de postes en terrenos normales cuando las fundaciones tienen como dimensión preponderante la profundidad.

#### Datos del poste

$H := 15 \text{ m}$  longitud total del poste

$h := 13.5 \text{ m}$  altura libre del poste

$G_{gp} := 1489 \text{ kgf} \cdot 0.981 \frac{\text{daN}}{\text{kgf}} = 1461 \text{ daN}$  peso del poste

$d := 17 \text{ cm}$  diámetro del poste en la cima

$D := 39 \text{ cm}$  diámetro del poste en la base

$a := 100 \text{ m}$  vano de proyecto

$\gamma := 260 \frac{\text{kg}}{\text{km}}$  masa por unidad de longitud del conductor

$g := 3 \cdot \gamma \cdot a \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 77 \text{ daN}$  peso de los conductores

#### Dimensiones de fundación de hormigón de base cuadrada sin armadura

$t_1 := 1.5 \text{ m}$  empotramiento

$f := 0.25 \text{ m}$  distancia entre el fondo del agujero y el fondo de la base

$e_a := 0.25 \text{ m}$  distancia entre el agujero y el borde lateral

$e_b := 0.25 \text{ m}$  distancia entre el agujero y el borde lateral

$a_b := D + 10 \text{ cm} + 2 \cdot e_a = 0.99 \text{ m}$  ancho de la base

$b_b := D + 10 \text{ cm} + 2 \cdot e_b = 0.99 \text{ m}$  largo de la base

$t := t_1 + f = 1.75 \text{ m}$  profundidad de la base

Dimensiones mínimas para base de hormigón simple

$$\text{if } 0.2 \text{ m} \leq f < \frac{t}{5} \wedge e_a \geq 0.15 \text{ m} \wedge e_b \geq 0.15 \text{ m} \quad \Bigg| = \text{“verifica dimensiones mínimas”}$$

$$\begin{array}{l} \Bigg| \text{“verifica dimensiones mínimas”} \\ \text{else} \\ \Bigg| \text{“no verifica dimensiones mínimas”} \end{array}$$

### Coeficiente de compresibilidad

La capacidad del terreno para reaccionar elásticamente a los esfuerzos que ejerce la fundación, queda expresada mediante el coeficiente de compresibilidad.

El coeficiente de compresibilidad es variable linealmente con la profundidad, partiendo de cero en la superficie. Las tablas dan valores típicos a 2 m de profundidad, por lo que se calcula por proporciones el valor a la profundidad real del fondo de la base, cifra que interviene en los cálculos.

$$C_b := 5 \frac{\text{daN}}{\text{cm}^3} \cdot \frac{t}{2 \text{ m}} = 4.375 \frac{\text{daN}}{\text{cm}^3} \quad \text{coeficiente de compresibilidad para el fondo de la fundación}$$

$$C_t := 1.1 \cdot C_b = 4.813 \frac{\text{daN}}{\text{cm}^3} \quad \text{coeficiente de compresibilidad para las paredes de la fundación}$$

Generalmente se acepta que  $C_t = 1 \dots 1.2 \cdot C_b$

### Momentos estabilizantes

La fundación reacciona ante el momento volcador, presentando dos momentos estabilizantes: el originado por la reacción en las paredes, que incluye la fricción entre el hormigón y la tierra a lo largo de las paredes, llamado momento de encastramiento y el momento de reacción de fondo provocado por las cargas verticales.

Nos proponemos no sobrepasar una inclinación de la estructura tal que  $tg(\alpha) \leq 0.01$ . Es necesario determinar si para este valor de ángulo, la fundación trabaja haciendo contacto en su totalidad o está parcialmente despegada del terreno.

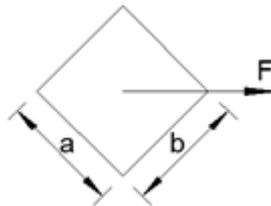
Se calcula previamente el ángulo a partir del cual comienza la fundación a despegarse del suelo.

$$\mu := 0.5 \quad \text{coeficiente de la fricción terreno fundación}$$

$$V_h := a_b \cdot b_b \cdot t - \frac{\pi \cdot (D + 10 \text{ cm})^2}{4} \cdot t_1 = 1.43 \text{ m}^3 \quad \text{volúmen de hormigón de la base}$$

$$G := G_{gp} + g + 2200 \frac{\text{daN}}{\text{m}^3} \cdot V_h = 4688 \text{ daN} \quad \text{peso total}$$

Colocando la base a 45° respecto del tiro de la línea tenemos



$$\text{tg}\{\alpha\} := \frac{4.5 \cdot \mu \cdot G}{a_b \cdot t^2 \cdot C_t} = 0.001$$

$$M_s := \text{if } \text{tg}\{\alpha\} < 0.01 \quad \left| = 10029 \text{ daN} \cdot \text{m} \right.$$

$$\left. \begin{array}{l} \left. \left. M_s \leftarrow \frac{1.414 \cdot a_b \cdot t^3}{36} \cdot C_t \cdot 0.01 \right. \right. \\ \text{else} \\ \left. \left. M_s \leftarrow \frac{1.414 \cdot b_b \cdot t^3}{12} \cdot C_t \cdot 0.01 \right. \right. \end{array} \right.$$

Para calcular el momento de fondo, el ángulo a partir del cual la base comienza a despegarse del fondo de la fundación está determinado por:

$$\text{tg}\{\alpha\} := \frac{1.414 \cdot G}{a_b^3 \cdot C_b} = 0.00156$$

$$M_b := \text{if } \text{tg}\{\alpha\} < 0.01 \quad \left| = 1676 \text{ daN} \cdot \text{m} \right.$$

$$\left. \begin{array}{l} \left. \left. M_b \leftarrow G \cdot \left( \frac{\sqrt{2} \cdot a_b}{2} - \frac{1}{2} \cdot \sqrt[3]{\frac{3 G}{C_b \cdot 0.01}} \right) \right. \right. \\ \text{else} \\ \left. \left. M_b \leftarrow \frac{a_b^4}{12} \cdot C_b \cdot 0.01 \right. \right. \end{array} \right.$$

Momento de vuelco

$T_{1e} := 468 \text{ daN}$  tiro máximo de las hipótesis de carga consideradas

$M_v := T_{1e} \cdot \left( h + \frac{2}{3} \cdot t \right) = 6864 \text{ daN} \cdot m$  momento de vuelco

Coefficiente de seguridad

El método de Sulzberger ofrece una aceptable precisión cuando la fundación reacciona predominantemente con sus paredes, o sea cuando  $M_s > M_b$ . Esto se tiene generalmente cuando la fundación tiene su mayor dimensión en el sentido de la profundidad y también cuando se trabaja sobre terrenos de capacidad portante (tensión admisible) no muy reducida.

En caso de fundaciones de dimensiones transversales relativamente grandes con respecto a la profundidad (lo que se hace necesario generalmente cuando la capacidad portante del terreno es baja, resulta  $M_s < M_b$  y para garantizar la estabilidad en la fundación, es necesario aplicar un coeficiente de seguridad que vale entre 1 y 1.5 y que depende de la relación  $M_s/M_b$ . Si  $M_s > M_b$  el coeficiente de seguridad vale 1.

$M_s/M_b$	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
$s$	1.500	1.383	1.317	1.26	1.208	1.150	1.115	1.075	1.040	1.017	1.000

Si  $\frac{M_s}{M_b} = 5.984$  entonces  $s := 1$

if  $M_s + M_b \geq s \cdot M_v$  | = “verifica estabilidad”  
 || “verifica estabilidad”  
 else |  
 || “No verifica estabilidad”



**UTN**

Mejora del mallado y reparación de líneas  
de 33 kV en zona norte de Concordia

### Fundaciones para postes de suspensión de Salida 5 (cables de 70 mm<sup>2</sup>)

Estructura	S	S+0,5	S+1	S+1,5	S+2	S+2,5	S+3	S+3,5
H [m]	12	12,5	13	13,5	14	14,5	15	15,5
D [cm]	34,5	35,25	36	36,75	37,5	38,25	39	47
t1 [m]	1,2	1,25	1,3	1,35	1,4	1,45	1,5	1,55
f [m]	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
ea [m]	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
eb [m]	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
ab [m]	0,845	0,8525	0,86	0,8675	0,875	0,8825	0,89	0,97
bb [m]	0,845	0,8525	0,86	0,8675	0,875	0,8825	0,89	0,97
t [m]	1,45	1,5	1,55	1,6	1,65	1,7	1,75	1,8
verifica dimensiones mínimas	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
Cb [daN/cm <sup>3</sup> ]	3,625	3,75	3,875	4	4,125	4,25	4,375	4,5
Ct [daN/cm <sup>3</sup> ]	3,988	4,125	4,263	4,4	4,538	4,675	4,813	4,95
μ	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Ms [daN*m]	4035	4662	5362	6141	7005	7961	9016	10999
Mb [daN*m]	835	891	949	1009	1073	1138	1207	1737
T1e [daN]	336	337	338	338	339	340	340	341
Mv [daN*m]	3954	4128	4304	4467	4644	4822	4987	5166
S	1	1	1	1	1	1	1	1
verifica estabilidad	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si

Nota:

Se utilizó:            Cb: 5 daN/cm<sup>3</sup> \* t/2 m            Ct: Cb \* 1.1            μ: 0,5

Corresponde realizar un estudio de suelos para el cálculo de fundaciones.



**UTN**

Mejora del mallado y reparación de líneas  
de 33 kV en zona norte de Concordia

### Fundaciones para postes de suspensión de Salida 5 (cables de 95 mm<sup>2</sup>)

Estructura	S	S+0,5	S+1	S+1,5	S+2	S+2,5	S+3	S+3,5
H [m]	12	12,5	13	13,5	14	14,5	15	15,5
D [cm]	34,5	35,25	36	36,75	37,5	38,25	39	47
t1 [m]	1,2	1,25	1,3	1,35	1,4	1,45	1,5	1,55
f [m]	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
ea [m]	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
eb [m]	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
ab [m]	0,945	0,9525	0,96	0,9675	0,975	0,9825	0,99	1,07
bb [m]	0,945	0,9525	0,96	0,9675	0,975	0,9825	0,99	1,07
t [m]	1,45	1,5	1,55	1,6	1,65	1,7	1,75	1,8
verifica dimensiones mínimas	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
Cb [daN/cm <sup>3</sup> ]	3,625	3,75	3,875	4	4,125	4,25	4,375	4,5
Ct [daN/cm <sup>3</sup> ]	3,988	4,125	4,263	4,4	4,538	4,675	4,813	4,95
μ	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Ms [daN*m]	4512	5208	5985	6849	7806	8864	10029	12133
Mb [daN*m]	1183	1258	1335	1416	1499	1586	1676	2333
T1e [daN]	461	463	464	465	466	467	468	469
Mv [daN*m]	5424	5672	5908	6146	6384	6624	6864	7105
S	1	1	1	1	1	1	1	1
verifica estabilidad	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si

Nota:

Se utilizó:           Cb: 5 daN/cm<sup>3</sup> \* t/2 m           Ct: Cb \* 1.1           μ: 0,5

Corresponde realizar un estudio de suelos para el cálculo de fundaciones.

### 6.4 Cálculo de fundación para poste de retención simple

Es de aplicación el método de Sulzberger para implantación de postes en terrenos normales cuando las fundaciones tienen como dimensión preponderante la profundidad.

#### Datos del poste

$H := 12.5 \text{ m}$  longitud total del poste

$h := H \cdot 0.865 = 10.813 \text{ m}$  altura libre del poste

$G_{gp} := 2350 \text{ daN}$  peso del poste

$d := 27 \text{ cm}$  diámetro del poste en la cima

$D := d + 0.015 \cdot h = 43.22 \text{ cm}$  diámetro del poste en el empotramiento (conicidad de 1.5 cm/m)

$G_M := 154 \text{ daN}$  peso de ménsula

$\gamma := 140 \frac{\text{kg}}{\text{km}} \cdot 9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 1.372 \frac{\text{kg}}{\text{s}^2}$  peso por unidad de longitud del cable

$a := 71 \text{ m}$  vano de proyecto

$g := \gamma \cdot a = 9.74 \text{ daN}$  peso del conductor

#### Dimensiones de fundación de hormigón de base cuadrada sin armadura

Debido a la resistencia propia del hormigón existen dimensiones mínimas y máximas para la fundación sin armadura, en caso de no cumplir con estas se debe utilizar hormigón armado. Para este caso se usó un poste un poco más largo de lo necesario a fin de que verifiquen las condiciones para hormigón simple.

$t_1 := 0.135 H = 1.688 \text{ m}$  empotramiento

$f := 0.3 \text{ m}$  distancia entre el fondo del agujero y el fondo de la base

$e_a := 0.2 \text{ m}$  distancia entre el agujero y el borde lateral

$e_b := 0.2 \text{ m}$  distancia entre el agujero y el borde lateral

$a_b := D + 10 \text{ cm} + 2 \cdot e_a = 0.932 \text{ m}$  ancho de la base

$b_b := D + 10 \text{ cm} + 2 \cdot e_b = 0.932 \text{ m}$  largo de la base

$t := t_1 + f = 1.988 \text{ m}$  profundidad de la base

if  $0.2 \text{ m} \leq f < \frac{t}{5} \wedge e_a \geq 0.15 \text{ m} \wedge e_b \geq 0.15 \text{ m}$  = “verifica dimensiones mínimas”  
 || “verifica dimensiones mínimas”  
 else  
 || “no verifica dimensiones mínimas”

### Coefficiente de compresibilidad

La capacidad del terreno para reaccionar elásticamente a los esfuerzos que ejerce la fundación, queda expresada mediante el coeficiente de compresibilidad.

El coeficiente de compresibilidad es variable linealmente con la profundidad, partiendo de cero en la superficie. Las tablas dan valores típicos a 2 m de profundidad, por lo que se calcula por proporciones el valor a la profundidad real del fondo de la base, cifra que interviene en los cálculos.

$$C_b := 5 \frac{\text{daN}}{\text{cm}^3} \cdot \frac{t}{2 \text{ m}} = 4.969 \frac{\text{daN}}{\text{cm}^3} \quad \text{coeficiente de compresibilidad para el fondo de la fundación}$$

$$C_t := 1.1 \cdot C_b = 5.466 \frac{\text{daN}}{\text{cm}^3} \quad \text{coeficiente de compresibilidad para las paredes de la fundación}$$

Generalmente se acepta que  $C_t = 1..1.2 \cdot C_b$

### Momentos estabilizantes

La fundación reacciona ante el momento volcador, presentando dos momentos estabilizantes: el originado por la reacción en las paredes, que incluye la fricción entre el hormigón y la tierra a lo largo de las paredes, llamado momento de encastramiento y el momento de reacción de fondo provocado por las cargas verticales.

Nos proponemos no sobrepasar una inclinación de la estructura tal que  $tg(\alpha) \leq 0.01$ . Es necesario determinar si para este valor de ángulo, la fundación trabaja haciendo contacto en su totalidad o está parcialmente despegada del terreno.

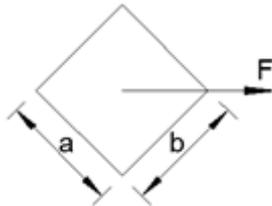
Se calcula previamente el ángulo a partir del cual comienza la fundación a despegarse del suelo.

$\mu := 0.5$  coeficiente de la fricción terreno fundación

$$V_h := a_b \cdot b_b \cdot t - \frac{\pi \cdot (D + 10 \text{ cm})^2}{4} \cdot t_1 = 1 \text{ m}^3 \quad \text{volumen de hormigón de la base}$$

$$G := G_{gp} + G_M + g + 2200 \frac{\text{daN}}{\text{m}^3} \cdot V_h = 5488 \text{ daN} \quad \text{peso total}$$

Colocando la base a 45° respecto del tiro de la línea tenemos



$$\text{tg}\{\alpha\} := \frac{4.5 \cdot \mu \cdot G}{a_b \cdot t^2 \cdot C_t} = 0.001$$

$$M_s := \begin{cases} \text{if } \text{tg}\{\alpha\} < 0.01 & = 15711 \text{ daN} \cdot \text{m} \\ \left\| M_s \leftarrow \frac{1.414 a_b \cdot t^3}{36} \cdot C_t \cdot 0.01 \right. \\ \text{else} \\ \left\| M_s \leftarrow \frac{1.414 b_b \cdot t^3}{12} \cdot C_t \cdot 0.01 \right. \end{cases}$$

Para calcular el momento de fondo, el ángulo a partir del cual la base comienza a despegarse del fondo de la fundación está determinado por:

$$\text{tg}\{\alpha\} := \frac{1.414 \cdot G}{a_b^3 \cdot C_b} = 0.00193$$

$$M_b := \begin{cases} \text{if } \text{tg}\{\alpha\} < 0.01 & = 1719 \text{ daN} \cdot \text{m} \\ \left\| M_b \leftarrow G \cdot \left( \frac{\sqrt{2} \cdot a_b}{2} - \frac{1}{2} \cdot \sqrt[3]{\frac{3 G}{C_b \cdot 0.01}} \right) \right. \\ \text{else} \\ \left\| M_b \leftarrow \frac{a_b^4}{12} \cdot C_b \cdot 0.01 \right. \end{cases}$$

Momento de vuelco

$T_{1e} := 1301.4 \text{ daN}$  tiro máximo de las hipótesis de carga consideradas

$M_v := T_{1e} \cdot \left( h + \frac{2}{3} \cdot t \right) = 15796 \text{ daN} \cdot m$  momento de vuelco

Coefficiente de seguridad

El método de Sulzberger ofrece una aceptable precisión cuando la fundación reacciona predominantemente con sus paredes, o sea cuando  $M_s > M_b$ . Esto se tiene generalmente cuando la fundación tiene su mayor dimensión en el sentido de la profundidad y también cuando se trabaja sobre terrenos de capacidad portante (tensión admisible) no muy reducida.

En caso de fundaciones de dimensiones transversales relativamente grandes con respecto a la profundidad (lo que se hace necesario generalmente cuando la capacidad portante del terreno es baja, resulta  $M_s < M_b$  y para garantizar la estabilidad en la fundación, es necesario aplicar un coeficiente de seguridad que vale entre 1 y 1.5 y que depende de la relación  $M_s/M_b$ . Si  $M_s > M_b$  el coeficiente de seguridad vale 1.

$$\frac{M_s}{M_b} = 9.142$$

$s := \text{if } \frac{M_s}{M_b} < 1 \mid = 1$  coeficiente de seguridad  
 $\quad \parallel 1.5$   
 else  
 $\quad \parallel 1$

if  $M_s + M_b \geq s \cdot M_v$   $\mid =$  "verifica estabilidad"  
 $\quad \parallel$  "verifica estabilidad"  
 else  
 $\quad \parallel$  "No verifica estabilidad"

### 6.5 Cálculo de fundación para poste de retención angular

Es de aplicación el método de Sulzberger para implantación de postes en terrenos normales cuando las fundaciones tienen como dimensión preponderante la profundidad.

#### Datos del poste

$H := 11.5 \text{ m}$  longitud total del poste

$h := H \cdot 0.9$  altura libre del poste

$G_{gp} := 945 \text{ kgf} \cdot 0.981 \frac{\text{daN}}{\text{kgf}} = 927 \text{ daN}$  peso de un poste

$d := 17 \text{ cm}$  diámetro del poste en la cima

$D := 37.5 \text{ cm}$  diámetro del poste en la base

$a_1 := 76 \text{ m}$  vano paralelo a la ruta

$a_2 := 100 \text{ m}$  vano de cruce

$\gamma := 190 \frac{\text{kg}}{\text{km}}$  masa por unidad de longitud del cable

$g_1 := 3 \gamma \cdot a_1 \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 42 \text{ daN}$  peso del cable paralelo a la ruta

$g_2 := 3 \gamma \cdot a_2 \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 56 \text{ daN}$  peso del cable cruce

$g := g_1 + g_2$  peso del cable

#### Dimensiones de fundación de hormigón de base cuadrada sin armadura

Se adopta una separación en la cima de los postes de 30 cm, ambos se separan a razón de 4 cm por metro por lo que la separación en la base es de 86 cm entre caras internas. Esto genera una cierta inclinación entre ellos que favorece su funcionamiento.

$t_1 := H - h = 1.15 \text{ m}$  empotramiento

$f := 0.25 \text{ m}$  distancia entre el fondo del agujero y el fondo de la base

$e_a := 0.6 \text{ m}$  distancia entre el agujero y el borde lateral

$e_b := 1 \text{ m}$  distancia entre el agujero y el borde lateral

$a_b := 76 \text{ cm} + 2 \cdot D + 2 \cdot 10 \text{ cm} + 2 \cdot e_a = 2.91 \text{ m}$  ancho de la base

$b_b := D + 10 \text{ cm} + 2 \cdot e_b = 2.475 \text{ m}$  largo de la base

$t := t_1 + f = 1.4 \text{ m}$  profundidad de la base

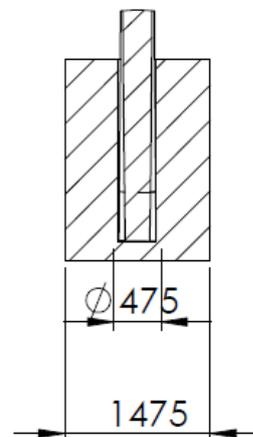
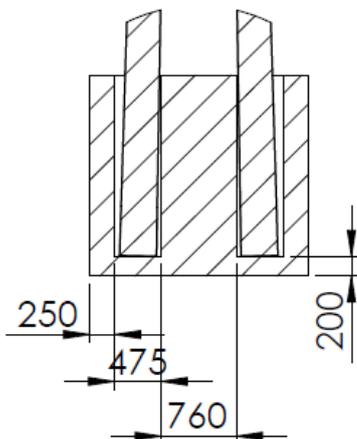
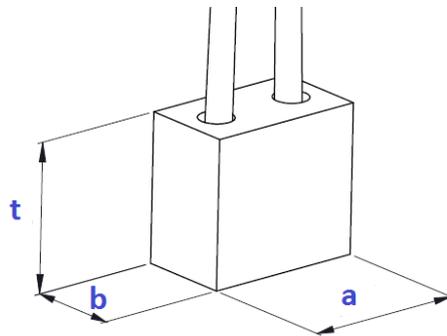
Dimensiones mínimas para base de hormigón simple

if  $0.2 \text{ m} \leq f < \frac{t}{5} \wedge e_a \geq 0.15 \text{ m} \wedge e_b \geq 0.15 \text{ m}$  = “verifica dimensiones mínimas”

|| “verifica dimensiones mínimas”

else

|| “no verifica dimensiones mínimas”



### Coeficiente de compresibilidad

La capacidad del terreno para reaccionar elásticamente a los esfuerzos que ejerce la fundación, queda expresada mediante el coeficiente de compresibilidad.

El coeficiente de compresibilidad es variable linealmente con la profundidad, partiendo de cero en la superficie. Las tablas dan valores típicos a 2 m de profundidad, por lo que se calcula por proporciones el valor a la profundidad real del fondo de la base, cifra que interviene en los cálculos.

$$C_b := 5 \frac{daN}{cm^3} \cdot \frac{t}{2 \text{ m}} = 3.5 \frac{daN}{cm^3} \quad \text{coeficiente de compresibilidad para el fondo de la fundación}$$

$$C_t := 1.1 \cdot C_b = 3.85 \frac{daN}{cm^3} \quad \text{coeficiente de compresibilidad para las paredes de la fundación}$$

Generalmente se acepta que  $C_t = 1 \dots 1.2 \cdot C_b$

### Momentos estabilizantes en dirección paralela a la ruta

La fundación reacciona ante el momento volcador, presentando dos momentos estabilizantes: el originado por la reacción en las paredes, que incluye la fricción entre el hormigón y la tierra a lo largo de las paredes, llamado momento de encastramiento y el momento de reacción de fondo provocado por las cargas verticales.

Nos proponemos no sobrepasar una inclinación de la estructura tal que  $tg(\alpha) \leq 0.01$ . Es necesario determinar si para este valor de ángulo, la fundación trabaja haciendo contacto en su totalidad o está parcialmente despegada del terreno.

Se calcula previamente el ángulo a partir del cual comienza la fundación a despegarse del suelo.

$\mu := 0.5$  coeficiente de la fricción terreno fundación

$$V_h := a_b \cdot b_b \cdot t - 2 \cdot \frac{\pi \cdot (D + 10 \text{ cm})^2}{4} \cdot t_1 = 9.68 \text{ m}^3 \quad \text{volumen de hormigón de la base}$$

$$G := 2 \cdot G_{gp} + g + 2200 \frac{daN}{m^3} \cdot V_h = 23239 \text{ daN} \quad \text{peso total}$$

$$tg\{\alpha\} := \frac{6 \cdot \mu \cdot G}{b_b \cdot t^2 \cdot C_t} = 0.004$$

$$M_s := \begin{cases} \text{if } tg\{\alpha\} < 0.01 \\ \quad \left\| M_s \leftarrow \frac{b_b \cdot t^3}{36} \cdot C_t \cdot 0.01 \right. \\ \quad \left\| \text{else} \right. \\ \quad \left\| M_s \leftarrow \frac{b_b \cdot t^3}{12} \cdot C_t \cdot 0.01 \right. \end{cases} = 7263 \text{ daN} \cdot m$$

Para calcular el momento de fondo, el ángulo a partir del cual la base comienza a despegarse del fondo de la fundación está determinado por:

$$tg\{\alpha\} := \frac{2 \cdot G}{a_b^2 \cdot b_b \cdot C_b} = 0.00063$$

$$M_b := \begin{cases} \text{if } tg\{\alpha\} < 0.01 \\ \quad \left\| M_b \leftarrow G \cdot \left( \frac{a_b}{2} - 0.47 \cdot \sqrt{\frac{G}{b_b \cdot C_b \cdot 0.01}} \right) \right. \\ \quad \left\| \text{else} \right. \\ \quad \left\| M_b \leftarrow \frac{b_b \cdot a_b^3}{12} \cdot C_b \cdot 0.01 \right. \end{cases} = 28155 \text{ daN} \cdot m$$

### Momento de vuelco

$$T_{2b} := 2918 \text{ daN} \quad \text{tiro máximo de las hipótesis de carga consideradas}$$

$$M_v := T_{2b} \cdot \left( h + \frac{2}{3} \cdot t \right) = 32925 \text{ daN} \cdot m \quad \text{momento de vuelco}$$

### Coficiente de seguridad

El método de Sulzberger ofrece una aceptable precisión cuando la fundación reacciona predominantemente con sus paredes, o sea cuando  $M_s > M_b$ . Esto se tiene generalmente cuando la fundación tiene su mayor dimensión en el sentido de la profundidad y también cuando se trabaja sobre terrenos de capacidad portante (tensión admisible) no muy reducida.

En caso de fundaciones de dimensiones transversales relativamente grandes con respecto a la profundidad (lo que se hace necesario generalmente cuando la capacidad portante del terreno es baja, resulta  $M_s < M_b$  y para garantizar la estabilidad en la fundación, es necesario aplicar un coeficiente de seguridad que vale entre 1 y 1.5 y que depende de la relación  $M_s/M_b$ . Si  $M_s > M_b$  el coeficiente de seguridad vale 1.

$M_s/M_b$	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
$s$	1.500	1.383	1.317	1.26	1.208	1.150	1.115	1.075	1.040	1.017	1.000

Si  $\frac{M_s}{M_b} = 0.258$  entonces  $s := 1$

```

if  $M_s + M_b \geq s \cdot M_v$  | = "verifica estabilidad"
  || "verifica estabilidad"
else
  || "No verifica estabilidad"
  
```

### 6.6 Cálculo de fundación para poste terminal

Es de aplicación el método de Sulzberger para implantación de postes en terrenos normales cuando las fundaciones tienen como dimensión preponderante la profundidad.

#### Datos del poste

$H := 11 \text{ m}$	longitud total del poste
$h := H \cdot 0.865 = 9.515 \text{ m}$	altura libre del poste
$G_{gp} := 2350 \text{ daN}$	peso del poste
$d := 27 \text{ cm}$	diámetro del poste en la cima
$D := d + 0.015 \cdot h = 41.27 \text{ cm}$	diámetro del poste en el empotramiento (conicidad de 1.5 cm/m)
$G_M := 154 \text{ daN}$	peso de ménsula
$\gamma := 140 \frac{\text{kg}}{\text{km}} \cdot 9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 1.372 \frac{\text{kg}}{\text{s}^2}$	peso por unidad de longitud del cable
$a := 71 \text{ m}$	vano de proyecto
$g := \gamma \cdot a = 9.74 \text{ daN}$	peso del conductor

#### Dimensiones de fundación de hormigón de base cuadrada sin armadura

Debido a la resistencia propia del hormigón existen dimensiones mínimas y máximas para la fundación sin armadura, en caso de no cumplir con estas se debe utilizar hormigón armado. Para este caso se usó un poste un poco más largo de lo necesario a fin de que verifiquen las condiciones para hormigón simple.

$t_1 := 0.135 H = 1.485 \text{ m}$	empotramiento
$f := 0.3 \text{ m}$	distancia entre el fondo del agujero y el fondo de la base
$e_a := 0.4 \text{ m}$	distancia entre el agujero y el borde lateral
$e_b := 0.4 \text{ m}$	distancia entre el agujero y el borde lateral
$a_b := D + 10 \text{ cm} + 2 \cdot e_a = 1.313 \text{ m}$	ancho de la base
$b_b := D + 10 \text{ cm} + 2 \cdot e_b = 1.313 \text{ m}$	largo de la base

$t := t_1 + f = 1.785 \text{ m}$  profundidad de la base

if  $0.2 \text{ m} \leq f < \frac{t}{5} \wedge e_a \geq 0.15 \text{ m} \wedge e_b \geq 0.15 \text{ m}$  = “verifica dimensiones mínimas”  
 || “verifica dimensiones mínimas”  
 else  
 || “no verifica dimensiones mínimas”

Coeficiente de compresibilidad

La capacidad del terreno para reaccionar elásticamente a los esfuerzos que ejerce la fundación, queda expresada mediante el coeficiente de compresibilidad.

El coeficiente de compresibilidad es variable linealmente con la profundidad, partiendo de cero en la superficie. Las tablas dan valores típicos a 2 m de profundidad, por lo que se calcula por proporciones el valor a la profundidad real del fondo de la base, cifra que interviene en los cálculos.

$C_b := 5 \frac{daN}{cm^3} \cdot \frac{t}{2 \text{ m}} = 4.463 \frac{daN}{cm^3}$  coeficiente de compresibilidad para el fondo de la fundación

$C_t := 1.1 \cdot C_b = 4.909 \frac{daN}{cm^3}$  coeficiente de compresibilidad para las paredes de la fundación

Generalmente se acepta que  $C_t = 1 .. 1.2 \cdot C_b$

Momentos estabilizantes

La fundación reacciona ante el momento volcador, presentando dos momentos estabilizantes: el originado por la reacción en las paredes, que incluye la fricción entre el hormigón y la tierra a lo largo de las paredes, llamado momento de encastramiento y el momento de reacción de fondo provocado por las cargas verticales.

Nos proponemos no sobrepasar una inclinación de la estructura tal que  $tg(\alpha) \leq 0.01$ . Es necesario determinar si para este valor de ángulo, la fundación trabaja haciendo contacto en su totalidad o está parcialmente despegada del terreno.

Se calcula previamente el ángulo a partir del cual comienza la fundación a despegarse del suelo.

$\mu := 0.5$  coeficiente de la fricción terreno fundación

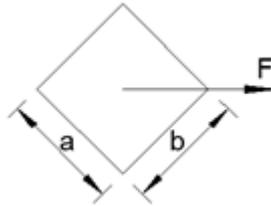
$$V_h := a_b \cdot b_b \cdot t - \frac{\pi \cdot (D + 10 \text{ cm})^2}{4} \cdot t_1 = 3 \text{ m}^3$$

volumen de hormigón de la base

$$G := G_{gp} + G_M + g + 2200 \frac{\text{daN}}{\text{m}^3} \cdot V_h = 8606 \text{ daN}$$

peso total

Colocando la base a 45° respecto del tiro de la línea tenemos



$$tg\{\alpha\} := \frac{4.5 \cdot \mu \cdot G}{a_b \cdot t^2 \cdot C_t} = 0.001$$

$$M_s := \begin{cases} \text{if } tg\{\alpha\} < 0.01 \\ \left\| \left\| M_s \leftarrow \frac{1.414 \cdot a_b \cdot t^3}{36} \cdot C_t \cdot 0.01 \right. \right. \\ \text{else} \\ \left\| \left\| M_s \leftarrow \frac{1.414 \cdot b_b \cdot t^3}{12} \cdot C_t \cdot 0.01 \right. \right. \end{cases} = 14395 \text{ daN} \cdot \text{m}$$

Para calcular el momento de fondo, el ángulo a partir del cual la base comienza a despegarse del fondo de la fundación está determinado por:

$$tg\{\alpha\} := \frac{1.414 \cdot G}{a_b^3 \cdot C_b} = 0.00121$$

$$M_b := \begin{cases} \text{if } tg\{\alpha\} < 0.01 \\ \left\| \left\| M_b \leftarrow G \cdot \left( \frac{\sqrt{2} \cdot a_b}{2} - \frac{1}{2} \cdot \sqrt[3]{\frac{3 G}{C_b \cdot 0.01}} \right) \right. \right. \\ \text{else} \\ \left\| \left\| M_b \leftarrow \frac{a_b^4}{12} \cdot C_b \cdot 0.01 \right. \right. \end{cases} = 4403 \text{ daN} \cdot \text{m}$$

Momento de vuelco

$T_{1a} := 1666 \text{ daN}$  tiro máximo de las hipótesis de carga consideradas

$M_v := T_{1a} \cdot \left( h + \frac{2}{3} \cdot t \right) = 17835 \text{ daN} \cdot m$  momento de vuelco

Coefficiente de seguridad

El método de Sulzberger ofrece una aceptable precisión cuando la fundación reacciona predominantemente con sus paredes, o sea cuando  $M_s > M_b$ . Esto se tiene generalmente cuando la fundación tiene su mayor dimensión en el sentido de la profundidad y también cuando se trabaja sobre terrenos de capacidad portante (tensión admisible) no muy reducida.

En caso de fundaciones de dimensiones transversales relativamente grandes con respecto a la profundidad (lo que se hace necesario generalmente cuando la capacidad portante del terreno es baja, resulta  $M_s < M_b$  y para garantizar la estabilidad en la fundación, es necesario aplicar un coeficiente de seguridad que vale entre 1 y 1.5 y que depende de la relación  $M_s/M_b$ . Si  $M_s > M_b$  el coeficiente de seguridad vale 1.

$$\frac{M_s}{M_b} = 3.269$$

$s := \text{if } \frac{M_s}{M_b} < 1 \mid = 1$  coeficiente de seguridad  
 $\quad \parallel 1.5$   
 else  
 $\quad \parallel 1$

if  $M_s + M_b \geq s \cdot M_v$   $\mid =$  "verifica estabilidad"  
 $\quad \parallel$  "verifica estabilidad"  
 else  
 $\quad \parallel$  "No verifica estabilidad"

### 6.7 Cálculo de fundación para el poste terminal de cruce de ruta 015

Es de aplicación el método de Sulzberger para implantación de postes en terrenos normales cuando las fundaciones tienen como dimensión preponderante la profundidad.

#### Datos del poste

$H := 14 \text{ m}$  longitud total del poste

$h := 12.15 \text{ m}$  altura libre del poste

$G_{gp} := 1319 \text{ kgf} \cdot 0.981 \frac{\text{daN}}{\text{kgf}} = 1294 \text{ daN}$  peso de un poste

$d := 17 \text{ cm}$  diámetro del poste en la cima

$D := 37.5 \text{ cm}$  diámetro del poste en la base

$a_1 := 100 \text{ m}$  vano paralelo a la ruta

$a_2 := 80 \text{ m}$  vano de cruce

$\gamma := 190 \frac{\text{kg}}{\text{km}}$  masa por unidad de longitud del cable

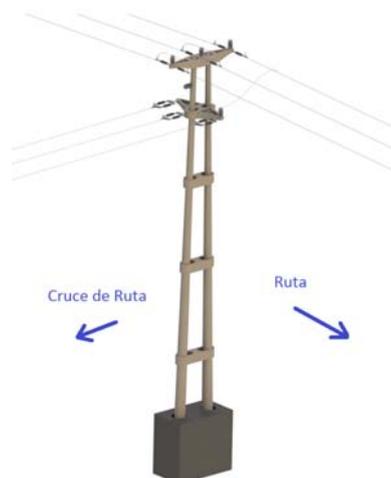
$g_1 := 3 \gamma \cdot a_1 \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 56 \text{ daN}$  peso del cable paralelo a la ruta

$g_2 := 3 \gamma \cdot a_2 \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 45 \text{ daN}$  peso del cable cruce

$g := g_1 + g_2$  peso del cable

#### Dimensiones de fundación de hormigón de base cuadrada sin armadura

Se adopta una separación en la cima de los postes de 30 cm, ambos se separan a razón de 4 cm por metro por lo que la separación en la base es de 86 cm entre caras internas. Esto genera una cierta inclinación entre ellos que favorece su funcionamiento.



$t_1 := H - h = 1.85 \text{ m}$  empotramiento

$f := 0.2 \text{ m}$  distancia entre el fondo del agujero y el fondo de la base

$e_a := 0.25 \text{ m}$  distancia entre el agujero y el borde lateral

$e_b := 0.5 \text{ m}$  distancia entre el agujero y el borde lateral

$a_b := 76 \text{ cm} + 2 \cdot D + 2 \cdot 10 \text{ cm} + 2 \cdot e_a = 2.21 \text{ m}$  ancho de la base

$b_b := D + 10 \text{ cm} + 2 \cdot e_b = 1.475 \text{ m}$  largo de la base

$t := t_1 + f = 2.05 \text{ m}$  profundidad de la base

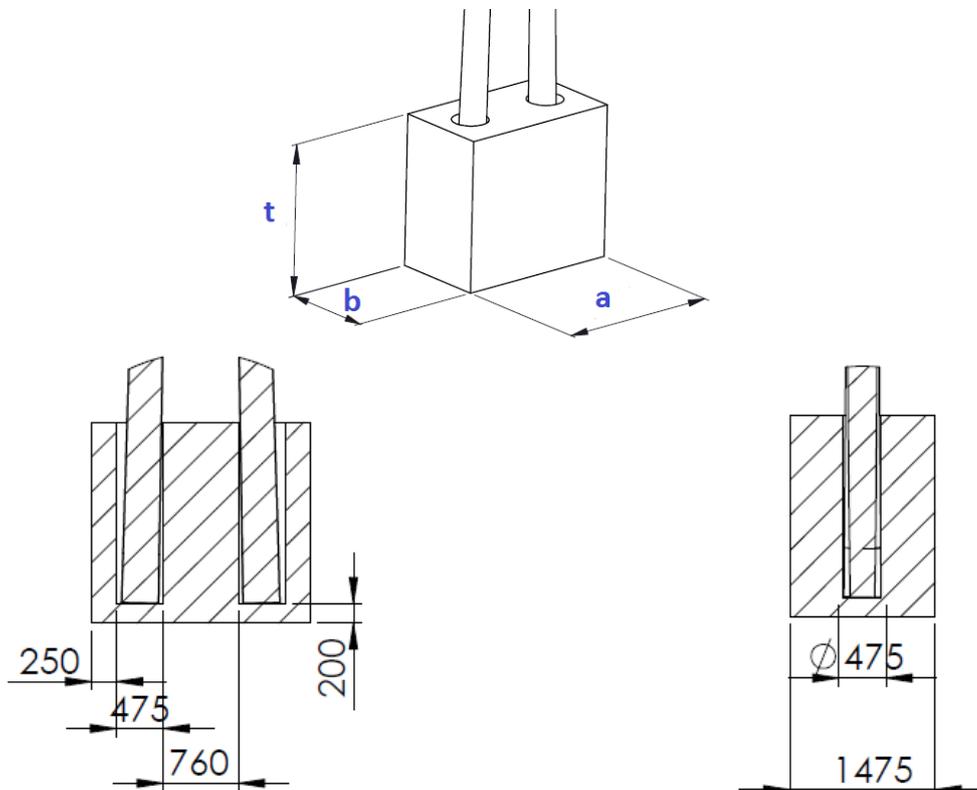
Dimensiones mínimas para base de hormigón simple

if  $0.2 \text{ m} \leq f < \frac{t}{5} \wedge e_a \geq 0.15 \text{ m} \wedge e_b \geq 0.15 \text{ m}$  = “verifica dimensiones mínimas”

|| “verifica dimensiones mínimas”

else

|| “no verifica dimensiones mínimas”



### Coeficiente de compresibilidad

La capacidad del terreno para reaccionar elásticamente a los esfuerzos que ejerce la fundación, queda expresada mediante el coeficiente de compresibilidad.

El coeficiente de compresibilidad es variable linealmente con la profundidad, partiendo de cero en la superficie. Las tablas dan valores típicos a 2 m de profundidad, por lo que se calcula por proporciones el valor a la profundidad real del fondo de la base, cifra que interviene en los cálculos.

$$C_b := 5 \frac{daN}{cm^3} \cdot \frac{t}{2 \text{ m}} = 5.125 \frac{daN}{cm^3} \quad \text{coeficiente de compresibilidad para el fondo de la fundación}$$

$$C_t := 1.1 \cdot C_b = 5.638 \frac{daN}{cm^3} \quad \text{coeficiente de compresibilidad para las paredes de la fundación}$$

Generalmente se acepta que  $C_t = 1 \dots 1.2 \cdot C_b$

### Momentos estabilizantes en dirección paralela a la ruta

La fundación reacciona ante el momento volcador, presentando dos momentos estabilizantes: el originado por la reacción en las paredes, que incluye la fricción entre el hormigón y la tierra a lo largo de las paredes, llamado momento de encastramiento y el momento de reacción de fondo provocado por las cargas verticales.

Nos proponemos no sobrepasar una inclinación de la estructura tal que  $tg(\alpha) \leq 0.01$ . Es necesario determinar si para este valor de ángulo, la fundación trabaja haciendo contacto en su totalidad o está parcialmente despegada del terreno.

Se calcula previamente el ángulo a partir del cual comienza la fundación a despegarse del suelo.

$$\mu := 0.5 \quad \text{coeficiente de la fricción terreno fundación}$$

$$V_h := a_b \cdot b_b \cdot t - 2 \cdot \frac{\pi \cdot (D + 10 \text{ cm})^2}{4} \cdot t_1 = 6.03 \text{ m}^3 \quad \text{volumen de hormigón de la base}$$

$$G := 2 \cdot G_{gp} + g + 2200 \frac{daN}{m^3} \cdot V_h = 15948 \text{ daN} \quad \text{peso total}$$

$$tg\{\alpha\} := \frac{6 \cdot \mu \cdot G}{a_b \cdot t^2 \cdot C_t} = 0.001$$

$$M_s := \begin{cases} \text{if } tg\{\alpha\} < 0.01 \\ \left\| \left\| M_s \leftarrow \frac{a_b \cdot t^3}{36} \cdot C_t \cdot 0.01 \right. \right. \\ \text{else} \\ \left\| \left\| M_s \leftarrow \frac{a_b \cdot t^3}{12} \cdot C_t \cdot 0.01 \right. \right. \end{cases} = 29815 \text{ daN} \cdot m$$

Para calcular el momento de fondo, el ángulo a partir del cual la base comienza a despegarse del fondo de la fundación está determinado por:

$$tg\{\alpha\} := \frac{2 \cdot G}{b_b^2 \cdot a_b \cdot C_b} = 0.00129$$

$$M_b := \begin{cases} \text{if } tg\{\alpha\} < 0.01 \\ \left\| \left\| M_b \leftarrow G \cdot \left( \frac{b_b}{2} - 0.47 \cdot \sqrt{\frac{G}{a_b \cdot C_b \cdot 0.01}} \right) \right. \right. \\ \text{else} \\ \left\| \left\| M_b \leftarrow \frac{a_b \cdot b_b^3}{12} \cdot C_b \cdot 0.01 \right. \right. \end{cases} = 8949 \text{ daN} \cdot m$$

### Momento de vuelco

$$T_{2b} := 2425 \text{ daN} \quad \text{tiro máximo de las hipótesis de carga consideradas}$$

$$M_v := T_{2b} \cdot \left( h + \frac{2}{3} \cdot t \right) = 32778 \text{ daN} \cdot m \quad \text{momento de vuelco}$$

### Coficiente de seguridad

El método de Sulzberger ofrece una aceptable precisión cuando la fundación reacciona predominantemente con sus paredes, o sea cuando  $M_s > M_b$ . Esto se tiene generalmente cuando la fundación tiene su mayor dimensión en el sentido de la profundidad y también cuando se trabaja sobre terrenos de capacidad portante (tensión admisible) no muy reducida.

En caso de fundaciones de dimensiones transversales relativamente grandes con respecto a la profundidad (lo que se hace necesario generalmente cuando la capacidad portante del terreno es baja, resulta  $M_s < M_b$  y para garantizar la estabilidad en la fundación, es necesario aplicar un coeficiente de seguridad que vale entre 1 y 1.5 y que depende de la relación  $M_s/M_b$ . Si  $M_s > M_b$  el coeficiente de seguridad vale 1.

$M_s/M_b$	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
$s$	1.500	1.383	1.317	1.26	1.208	1.150	1.115	1.075	1.040	1.017	1.000

Si  $\frac{M_s}{M_b} = 3.332$  entonces  $s := 1$

$$\begin{array}{l} \text{if } M_s + M_b \geq s \cdot M_v \\ \quad \parallel \text{ "verifica estabilidad" } \\ \text{else} \\ \quad \parallel \text{ "No verifica estabilidad" } \end{array} \quad \Bigg| = \text{"verifica estabilidad"}$$

#### Momentos estabilizantes en direccion paralela al cruce

$\mu := 0.5$       coeficiente de la fricción terreno fundación

$$V_h := a_b \cdot b_b \cdot t - 2 \cdot \frac{\pi \cdot (D + 10 \text{ cm})^2}{4} \cdot t_1 = 6.03 \text{ m}^3 \quad \text{volumen de hormigón de la base}$$

$$G := 2 \cdot G_{gp} + g + 2200 \frac{\text{daN}}{\text{m}^3} \cdot V_h = 15948 \text{ daN} \quad \text{peso total}$$

$$\text{tg}\{\alpha\} := \frac{6 \cdot \mu \cdot G}{b_b \cdot t^2 \cdot C_t} = 0.001$$

$$\begin{array}{l} M_s := \text{if } \text{tg}\{\alpha\} < 0.01 \\ \quad \parallel \\ \quad \parallel M_s \leftarrow \frac{b_b \cdot t^3}{36} \cdot C_t \cdot 0.01 \\ \quad \parallel \\ \text{else} \\ \quad \parallel \\ \quad \parallel M_s \leftarrow \frac{b_b \cdot t^3}{12} \cdot C_t \cdot 0.01 \\ \quad \parallel \end{array} \quad \Bigg| = 19899 \text{ daN} \cdot \text{m}$$

Para calcular el momento de fondo, el ángulo a partir del cual la base comienza a despegarse del fondo de la fundación está determinado por:

$$tg\{\alpha\} := \frac{2 \cdot G}{a_b^2 \cdot b_b \cdot C_b} = 0.00086$$

$$M_b := \begin{cases} \text{if } tg\{\alpha\} < 0.01 \\ \quad \left\| M_b \leftarrow G \cdot \left( \frac{a_b}{2} - 0.47 \cdot \sqrt{\frac{G}{b_b \cdot C_b \cdot 0.01}} \right) \right\| \\ \text{else} \\ \quad \left\| M_b \leftarrow \frac{b_b \cdot a_b^3}{12} \cdot C_b \cdot 0.01 \right\| \end{cases} = 14179 \text{ daN} \cdot m$$

Momento de vuelco

$T_{2b} := 2425 \text{ daN}$  tiro máximo de las hipótesis de carga consideradas

$M_v := T_{2b} \cdot \left( h + \frac{2}{3} \cdot t \right) = 32778 \text{ daN} \cdot m$  momento de vuelco

Coficiente de seguridad

Si  $\frac{M_s}{M_b} = 1.403$  entonces  $s := 1$

$$\begin{cases} \text{if } M_s + M_b \geq s \cdot M_v \\ \quad \left\| \text{“verifica estabilidad”} \right\| \\ \text{else} \\ \quad \left\| \text{“No verifica estabilidad”} \right\| \end{cases} = \text{“verifica estabilidad”}$$

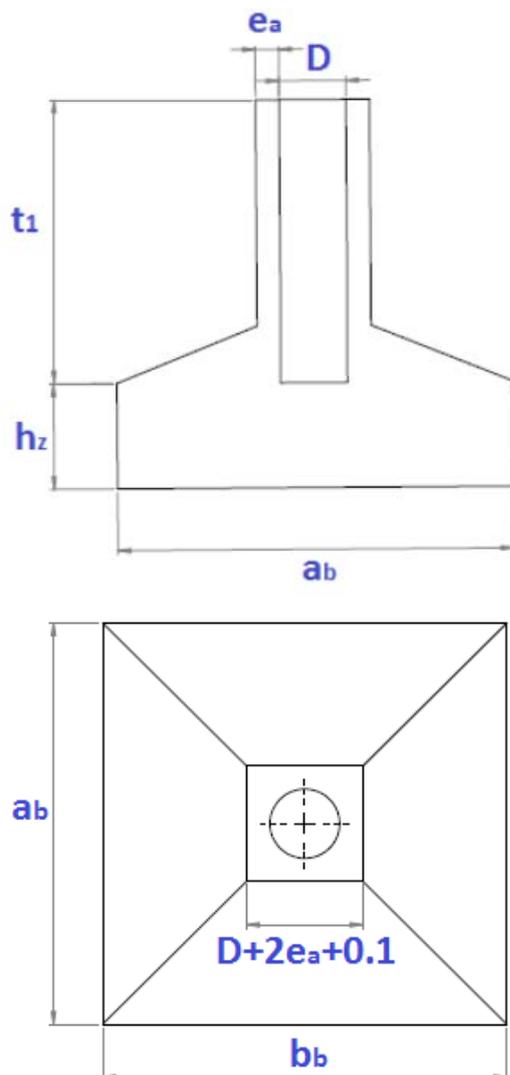
### 6.8 Cálculo de fundación de un poste por el método de Pöhl

Es de aplicación el método de Pöhl para calcular fundaciones que se basan en considerar exclusivamente la acción estabilizante que produce el fondo de la fundación.

#### Datos del poste

$H := 12 \text{ m}$	longitud total del poste
$h := H \cdot 0.9 = 10.8 \text{ m}$	altura libre del poste
$G_{gp} := 994 \text{ daN}$	peso del poste
$d := 17 \text{ cm}$	diámetro del poste en la cima
$D := 34.5 \text{ cm}$	diámetro del poste en el empotramiento
$G_M := 0 \text{ daN}$	peso de ménsula
$\gamma := 140 \frac{\text{kg}}{\text{km}} \cdot 9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 0.137 \frac{\text{daN}}{\text{m}}$	peso por unidad de longitud del cable
$a := 100 \text{ m}$	vano de proyecto
$g := \gamma \cdot a = 13.72 \text{ daN}$	peso del conductor
$F_y := 292 \text{ daN}$	tiro en la cima en el eje y
$F_x := 0 \text{ daN}$	tiro en la cima en el eje x
$F := \sqrt{F_x^2 + F_y^2}$	tiro del poste reducido a la cima

Dimensiones de fundación



- $t_1 := 0.1 H = 1.2 \text{ m}$  empotramiento
- $h_z := 0.3 \text{ m}$  distancia entre el fondo del agujero y el fondo de la base
- $e_a := 0.2 \text{ m}$  distancia entre el agujero y el borde lateral
- $a_b := 2 \text{ m}$  ancho de la base
- $b_b := 2 \text{ m}$  largo de la base
- $S := a_b \cdot b_b = 4 \text{ m}^2$  superficie de la base
- $t := t_1 + h_z = 1.5 \text{ m}$  profundidad de la base

$$V_b := S \cdot h_z + (D + 2 e_a + 0.1 \text{ m})^2 \cdot t_1 - \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot t_1 = 1.94 \text{ m}^3 \quad \text{volumen de la base}$$

$$\delta_h := 2200 \frac{\text{daN}}{\text{m}^3} \quad \text{densidad del hormigón}$$

$$G_{base} := \delta_h \cdot V_b = 4278 \text{ daN} \quad \text{peso de la base}$$

### Peso total

$$\delta_{tierra} := 1700 \frac{\text{daN}}{\text{m}^3} \quad \text{densidad del terreno}$$

$$V_v := a_b \cdot b_b \cdot t - V_b = 4.06 \text{ m}^3 \quad \text{volumen de tierra desplazada}$$

$$G_{tierra} := V_v \cdot \delta_{tierra} = 6894 \text{ daN} \quad \text{peso de la tierra desplazada}$$

$$G := G_{gp} + G_M + g + G_{base} + G_{tierra} = 12180 \text{ daN} \quad \text{peso total}$$

### Momentos flectores

$$M_{xx} := F_y \cdot (h + t) = 3591.6 \text{ daN} \cdot \text{m} \quad \text{momento respecto del eje x-x}$$

$$M_{yy} := F_x \cdot (h + t) = 0 \text{ daN} \cdot \text{m} \quad \text{momento respecto del eje y-y}$$

### Excentricidad

$$e_x := \frac{M_{yy}}{G} = 0 \text{ m} \quad \text{excentricidad en eje x-x, relaciona el peso con el tiro en la cima}$$

$$e_y := \frac{M_{xx}}{G} = 0.295 \text{ m} \quad \text{excentricidad en eje x-x, relaciona el peso con el tiro en la cima}$$

Relaciones para ingresar a la tabla de los coeficientes de Pöhl

$$\frac{e_x}{a_b} = 0$$

$$\frac{e_y}{b_b} = 0.147$$

Si la relación  $\frac{e_x}{a_b} + \frac{e_y}{b_b} > \frac{1}{6}$  se verifica gran parte de la fundación se despega del fondo del suelo y se debe redimensionar la base. Para que al menos un 50% de la fundación este activa esta se debe verificar

```

if  $\frac{e_x}{a_b} + \frac{e_y}{b_b} > \frac{1}{6}$  | = "no se despega"
  || "se despega"
else
  || "no se despega"

```

Presión máxima ejercida en el terreno por el borde de la fundación

$\mu := 1.84$                       coeficiente de Pöhl obtenido de tabla

$\sigma_{adm} := 0.8 \frac{daN}{cm^2}$                       presión admisible

$\sigma_{max} := \mu \cdot \frac{G}{S} = 0.56 \frac{daN}{cm^2}$                       presión máxima

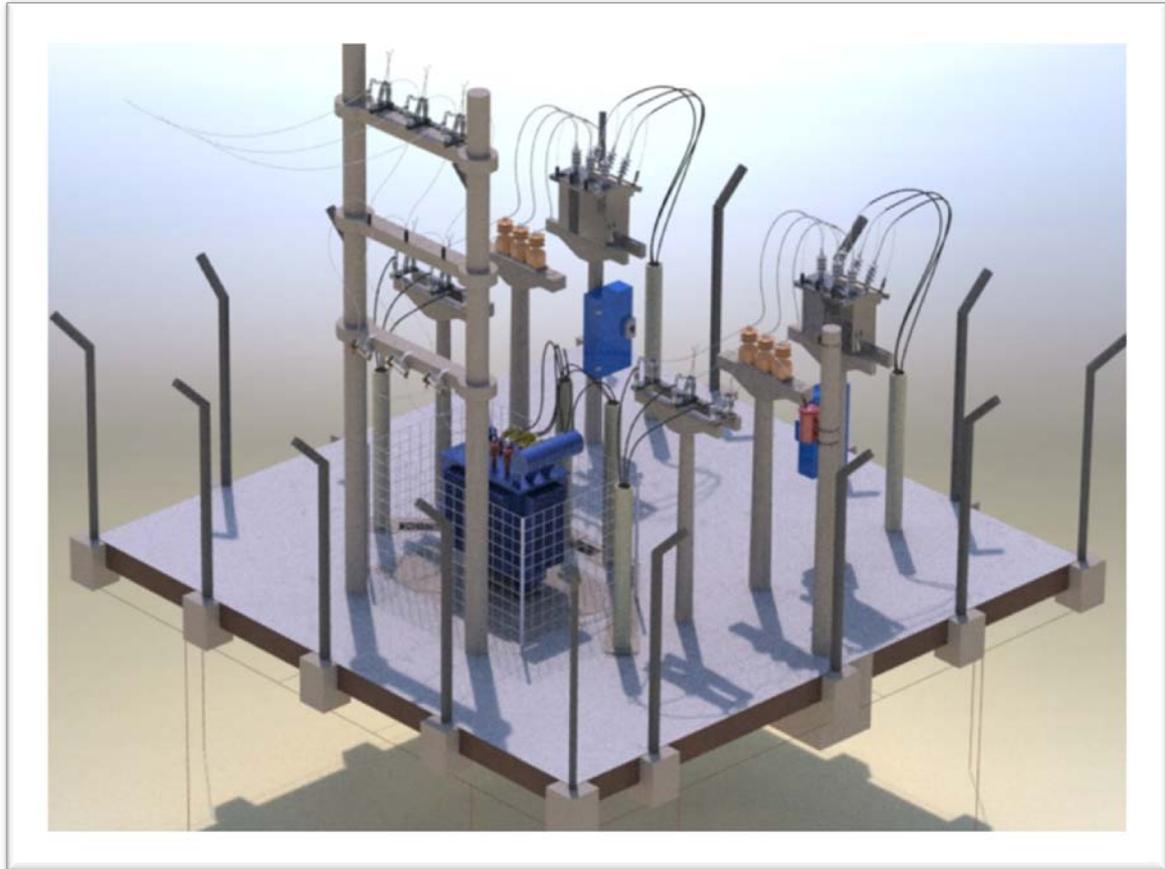
Para terrenos cohesivos la condicion de estabilidad viene dada por

```

if  $\sigma_{max} < \sigma_{adm}$  | = "verifica estabilidad"
  || "verifica estabilidad"
else
  || "no verifica estabilidad"

```

## 7 Subestación de rebaje sobre ruta 015



El cerco perimetral no es representado para facilitar la visualización

### 7.1 Introducción

Debido a la expansión demográfica hacia el norte de la ciudad y para abastecer la actual demanda representada por los hoteles y demás establecimientos situados sobre Ruta 015 y Monseñor Rosch se proyecta la instalación de una subestación transformadora.

La subestación es de 33/13,2 kV con 2500 kVA de potencia y dos salidas. Esta se conecta directamente de la nueva traza de línea proyectada en este trabajo y su consumo fue tenido en cuenta en el cálculo de flujo de carga.

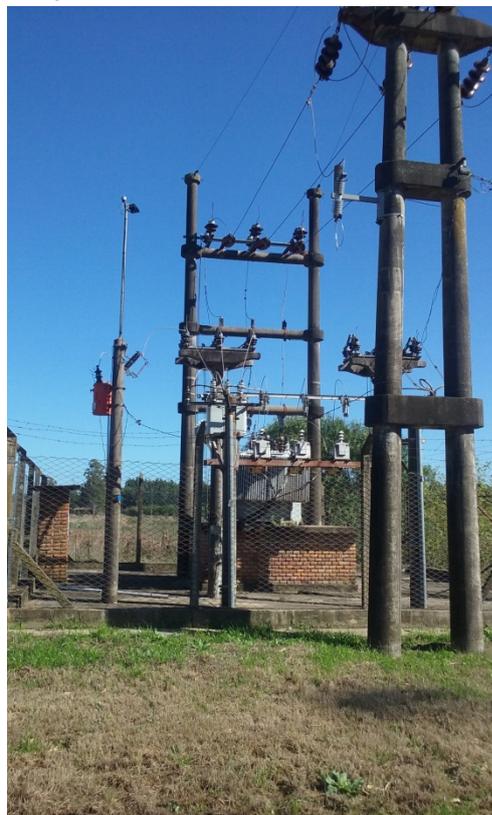
Además se dimensiona la playa e instrumentos de manera tal que sea posible la actualización del transformador por uno de 5.000 kVA en caso de ser requerido.



*Ubicación geográfica de la subestación*

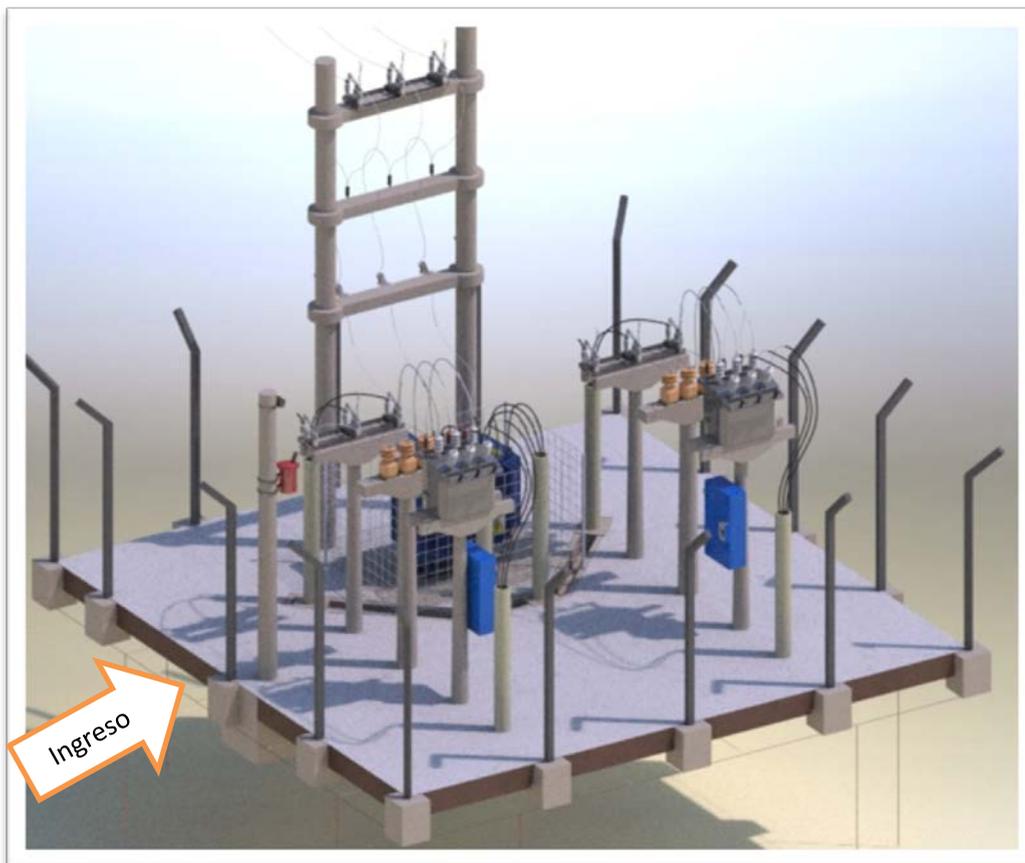
El diseño tuvo en cuenta varios factores constructivos:

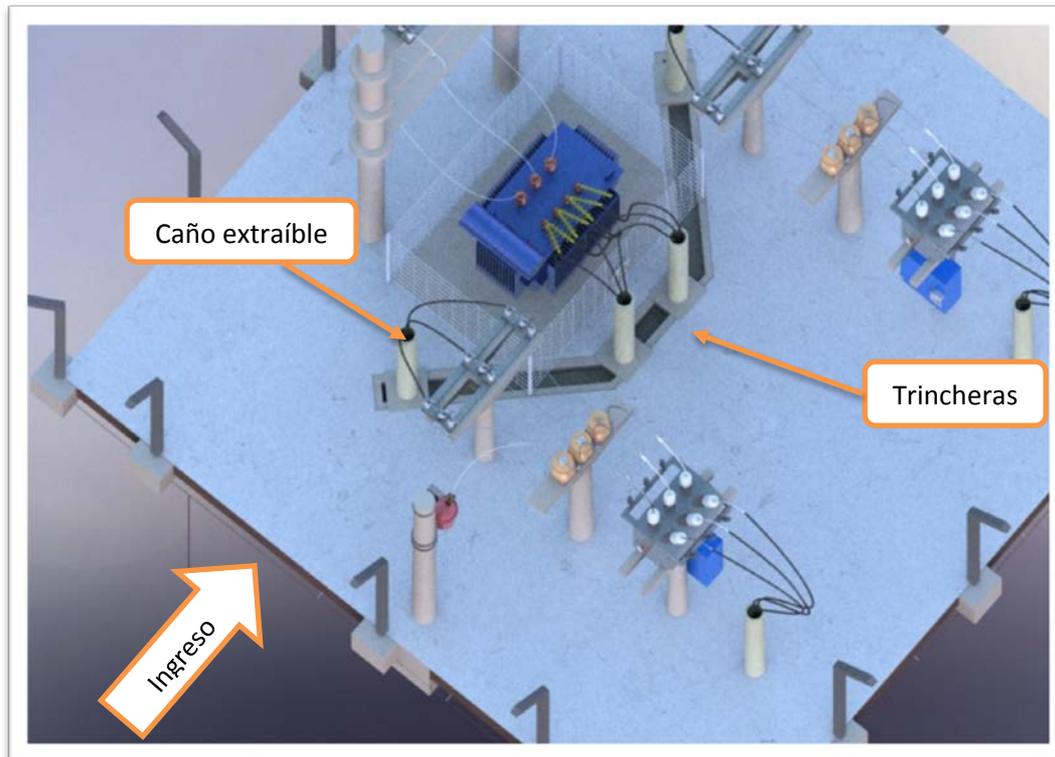
1. Se tomó como referencia la subestación de Oswaldo Magnasco por su reducido espacio y simpleza.



2. Se diseñó la entrada a la misma considerando el ingreso del transformador sin necesidad de grúa, y a diferencia de la subestación de O. Magnasco, esta se ubica al nivel del suelo pero con una barrera para

- respetar las distancias mínimas de seguridad como indica la norma AEA 95401.
3. Se proyectó una columna por cada elemento de medición, interruptor o seccionador excepto en la columna doble de entrada, esto tiene como fin facilitar el mantenimiento y trabajos con tensión.
  4. La distancia vertical de cada elemento sometido a tensión es como mínimo de 3,05 m a excepción del transformador como se mencionó anteriormente.
  5. La disposición del cable subterráneo es mediante trincheras con tapa de hormigón para facilitar el mantenimiento, la bajada mediante caños PVC desmontables para el ingreso del transformador, mientras que el cable de salida de la subestación va directamente enterrado.
  6. La sección del conductor utilizado es de 95 mm<sup>2</sup> para asegurar el suministro de hasta 5.000 kVA de potencia y tiene la ventaja de ser menos flexible mejorando su resistencia a los esfuerzos electrodinámicos de cortocircuito.





La subestación será primeramente instalada con todos los elementos de maniobra y medición para una sola salida, pero se colocaran las estructuras (postes, ménsulas, caños, etc.) correspondientes a ambas salidas, se adopta esto en lugar de dejar el campo vacío por dos razones, primero evita el costo adicional inmediato que supone adquirir todos los aparatos de maniobra y medición, segundo, evita en el futuro tener que excavar con riesgo de destruir la malla de PAT y facilita la instalación enormemente.

Los instrumentos de maniobra y protección para la segunda salida serán instalados cuando la demanda lo requiera.

Se propone calcular las corrientes de cortocircuito en la subestación para dimensionar todos los equipos de protección, interrupción y seccionamiento para un transformador de 2.500 kVA que satisfaga la demanda de los próximos 20 años aunque en la realidad dichos equipos tienen mucha mayor capacidad por lo que no presenta inconveniente cambiar de transformador por otro de 5.000 kVA en el futuro.

En este proyecto es de aplicación la norma AEA 95401: "Reglamentación sobre centros de transformación y suministro en media tensión".

## 7.2 Estudio de carga

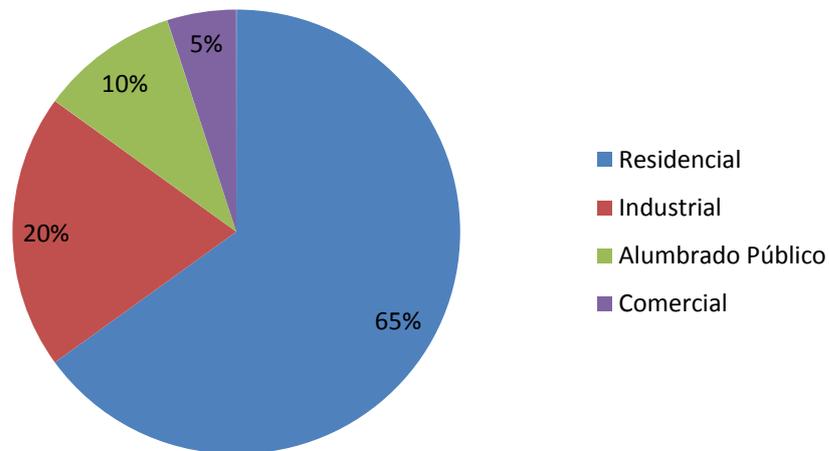
### Potencia instalada actual

N° SE	Potencia nominal [kVA]	Dirección	Derivación
204	10	Trupiano Julio (Ex Martínez-Zona Aeroclub)	7D082
167	5	Zona Aeroclub (Cortina)	7D08241
163	315	Zona Aeroclub (Putruelle Hnos.)	7D0824
298	5	Zona Aeroclub (Ostrovsky)	7D082
249	16	Zona Aeroclub (Del Valle-Arce)	7D082
375	160	Azzali (Ruta 015-km 6,5)	7D0825
1154	16	Strassera Silvia Elena	7D0826
352	160	Acceso a Salto Grande (Pizzini)	7D082
326	16	Acceso Salto Grande (B. Agrotécnico)	7D082
1107	63	Lambert, Federico (Villa Zorraquín)	7D082
255	25	Zona Aeroclub (Guarito Spinelli)	7D082
265	100	Zona Aeroclub (Pugliese-Azueta)	7D082
185	40	Bv. Yuquerí (Salerno-Villa Zorraquín)	7D0823
1207			
263	5	Zona Aeroclub (Daydé-Villa Zorraquín)	7D08231
216	10	Zona Aeroclub (Daidé-Spinelli)	7D08231
201	16	Bv. Yuquerí (Chiarello)	7D0823
335	25	O. Magnasco (Salerno-Qta. La Martina)	7D0823
262	100	Bv. Yuquerí (Hellmund-Villa Zorraquín-Don Germán)	7D0823
333	63	Bv. Yuquerí (Moreno-La Mariana)	7D0823
1206			
229	5	O. Magnasco (Lower-Salerno)	7D082
416	50	O. Magnasco (Salerno-Qta. Santa Ana)	7D082
282	40	O. Magnasco (Pesoa-Qta. Don José)	7D082
1099	63	Salerno II (Qta. Santa Rosa)	7D08211
168	500	O. Magnasco (Emp. Salerno)	7D0821
221	10	O. Magnasco (Móndolo)	7D081
427	10	O. Magnasco (Frumape)	7D0811
212	40	O. Magnasco (Ex Frumape)	7D0812
224	100	Salerno Roberto (Qta. Don Tomás)	7D0813

Cantidad de subestaciones: 30

Potencia total instalada: 1968 Kva

### Composición de la demanda actual por categoría



### Cálculo de la demanda futura

Para analizar el desarrollo de la demanda de energía eléctrica se toma como referencia el trabajo "Estudio de la Demanda de la Energía Eléctrica en el Sistema de Distribución de la Coop. Eléctrica y O. S. de Cdia. Ltda.", realizado por el Departamento Proyectos de la empresa en el año 2012.

Para estimar la demanda total del sistema se utilizaron tres modelos estimativos:

- ✓ Modelo Econométrico: consiste en proyectar el consumo en base a factores de crecimiento demográfico, económico y de composición de la demanda.
- ✓ Modelo Lineal: es una proyección lineal basada en las mediciones históricas registradas para cada alimentador, que representa el comportamiento a futuro de la demanda en función de sus datos de explotación registrados.
- ✓ Modelo Mixto: relaciona los resultados de los dos anteriores, lo que nos proporciona como resultado un término medio.

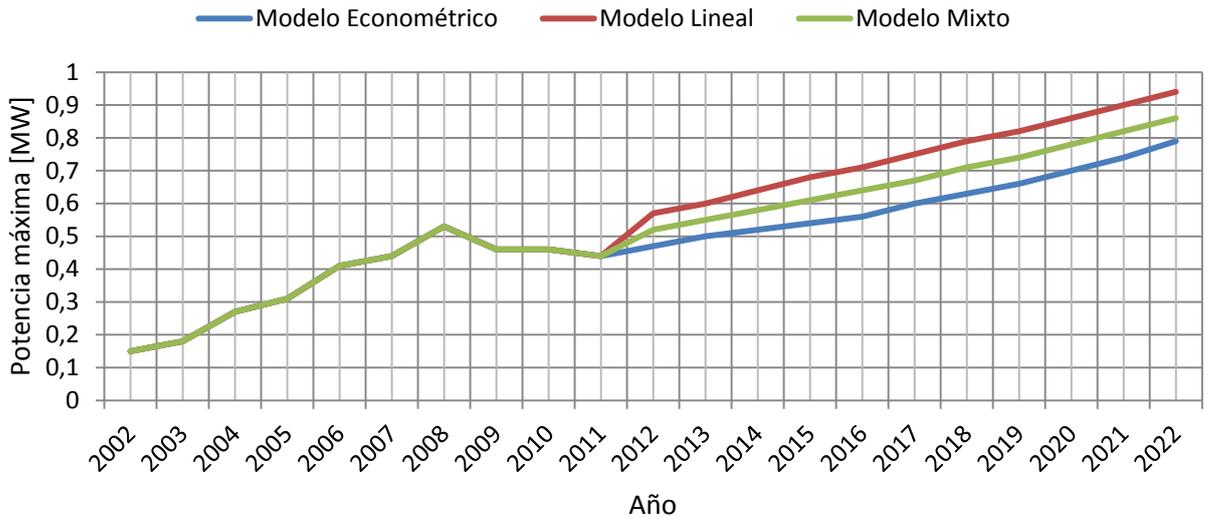


**UTN**

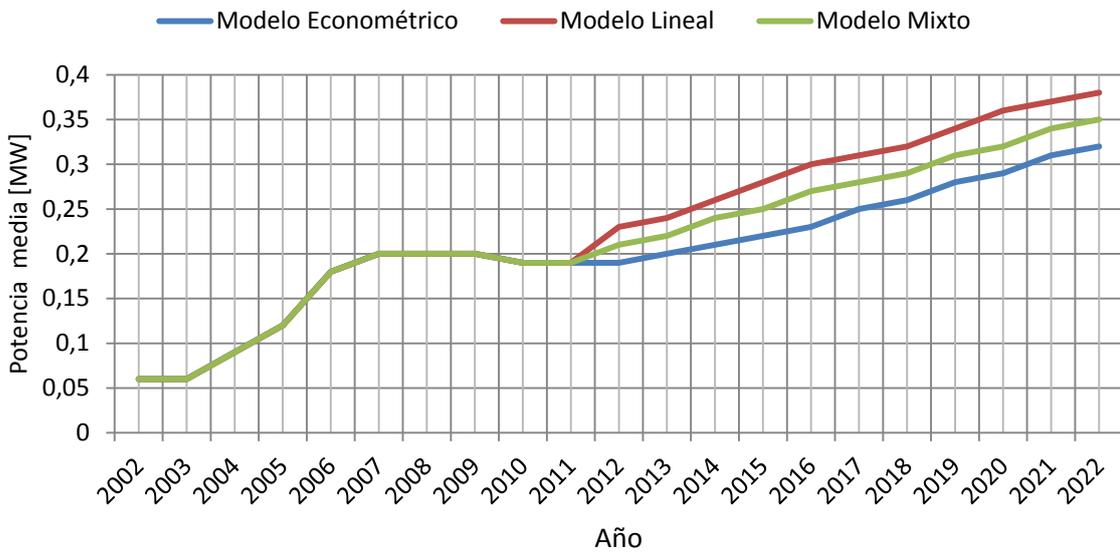
Mejora del mallado y reparación de líneas  
de 33 kV en zona norte de Concordia

Modelo "Econométrico"					Modelo "Lineal"					Modelo "Mixto"				
Año	Pot. Máx. [MW]	Pot. Med. [MW]	Fc	Energía Anual [MWh]	Año	Pot. Máx. [MW]	Pot. Med. [MW]	Fc	Energía Anual [MWh]	Año	Pot. Máx. [MW]	Pot. Med. [kW]	Fc	Energía Anual [MWh]
2002	0,15	0,06	0,41	225433,5	2002	0,15	0,05	0,41	225433,5	2002	0,15	0,06	0,41	225433,5
2003	0,18	0,06	0,37	569263	2003	0,18	0,06	0,37	569263	2003	0,18	0,06	0,37	569263
2004	0,27	0,09	0,32	773817	2004	0,27	0,09	0,32	773817	2004	0,27	0,09	0,32	773817
2005	0,31	0,12	0,39	1068460	2005	0,31	0,12	0,39	1068450	2005	0,31	0,12	0,39	1068460
2006	0,41	0,18	0,44	1591295	2006	0,41	0,18	0,44	1591295	2006	0,41	0,18	0,44	1591295
2007	0,44	0,20	0,45	1738929,25	2007	0,44	0,20	0,45	1738929,25	2007	0,44	0,20	0,45	1738929,25
2008	0,53	0,20	0,38	1740465	2008	0,53	0,20	0,38	1740455	2008	0,53	0,20	0,38	1740465
2009	0,46	0,20	0,43	1759272	2009	0,46	0,20	0,43	1759272	2009	0,46	0,20	0,43	1759272
2010	0,46	0,19	0,42	1707941,5	2010	0,46	0,19	0,42	1707941,5	2010	0,46	0,19	0,42	1707941,5
2011	0,44	0,19	0,42	1575968,52	2011	0,44	0,19	0,42	1575968,52	2011	0,44	0,19	0,42	1575968,52
2012	0,47	0,19	0,4040	1662024,28	2012	0,57	0,23	0,40	1999343,11	2012	0,52	0,21	0,40	1830683,59
2013	0,50	0,20	0,4032	1752779,11	2013	0,60	0,24	0,40	2126044,31	2013	0,55	0,22	0,40	1939411,71
2014	0,52	0,21	0,4063	1848489,62	2014	0,64	0,26	0,41	2274523,97	2014	0,58	0,24	0,41	2061506,79
2015	0,54	0,22	0,4147	1949426,39	2015	0,68	0,28	0,41	2455935,72	2015	0,61	0,25	0,41	2202681,06
2016	0,56	0,23	0,4174	2055874,82	2016	0,71	0,30	0,42	2606778,78	2016	0,64	0,27	0,42	2331326,8
2017	0,60	0,25	0,4151	2168135,87	2017	0,75	0,31	0,42	2727282,67	2017	0,67	0,28	0,42	2447709,27
2018	0,63	0,26	0,4117	2286526,92	2018	0,79	0,32	0,41	2838387,65	2018	0,71	0,29	0,41	2562457,29
2019	0,66	0,28	0,4150	2411382,73	2019	0,82	0,34	0,42	2995844,57	2019	0,74	0,31	0,42	2703613,65
2020	0,70	0,29	0,4131	2543056,28	2020	0,86	0,36	0,41	3115539,06	2020	0,78	0,32	0,41	2829297,67
2021	0,74	0,31	0,4124	2681919,87	2021	0,90	0,37	0,41	3243820,84	2021	0,82	0,34	0,41	2962870,35
2022	0,79	0,32	0,4113	2828366,1	2022	0,94	0,38	0,41	3368655,42	2022	0,86	0,35	0,41	3098510,76

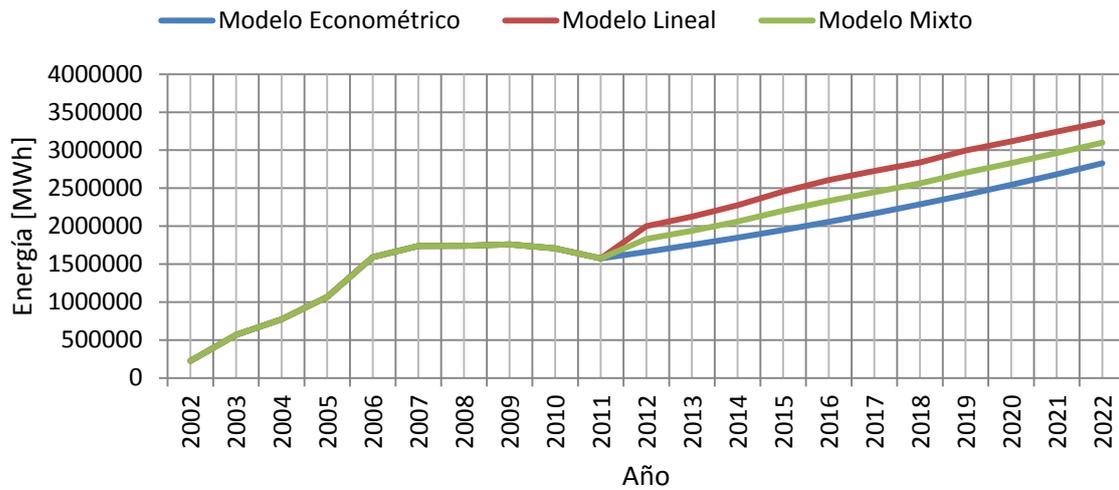
Proyección de Potencia Máxima



Proyección de Potencia Media



Proyección de Energía



Extrapolando, para el año 2036 se tiene:

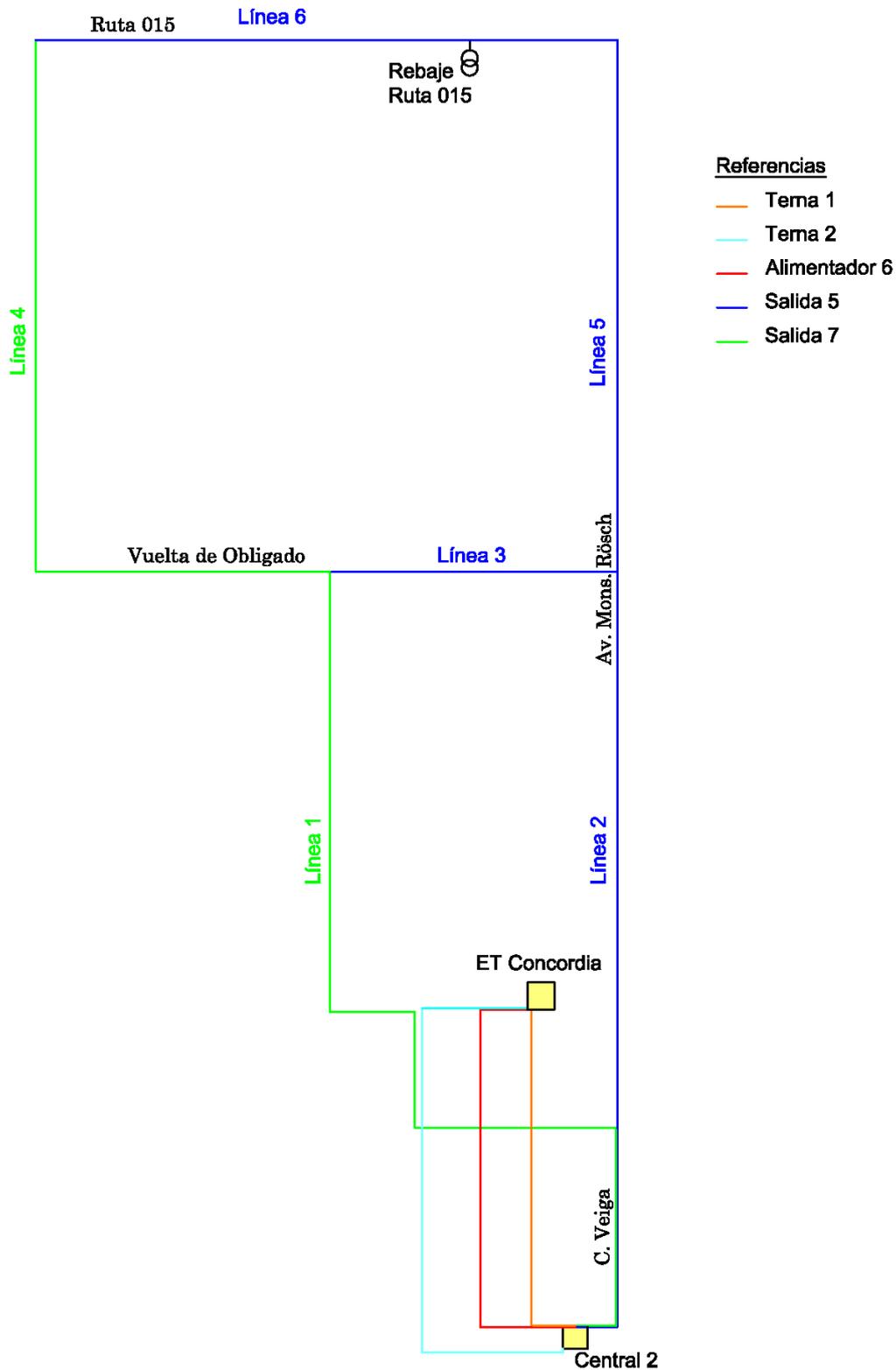
<b>Modelo</b>	<b>Potencia máxima [MW]</b>	<b>Potencia media [MW]</b>	<b>Energía [MWh]</b>
<b>Económico</b>	1,2	0,49	4658807
<b>Lineal</b>	1,5	0,62	44884338
<b>Mixto</b>	1,35	0,56	41826799

A esto se le debe sumar una potencia adicional representativa de la carga de los hoteles y otros establecimientos de la zona por lo cual se adoptó una potencia nominal de 2.500 kVA.

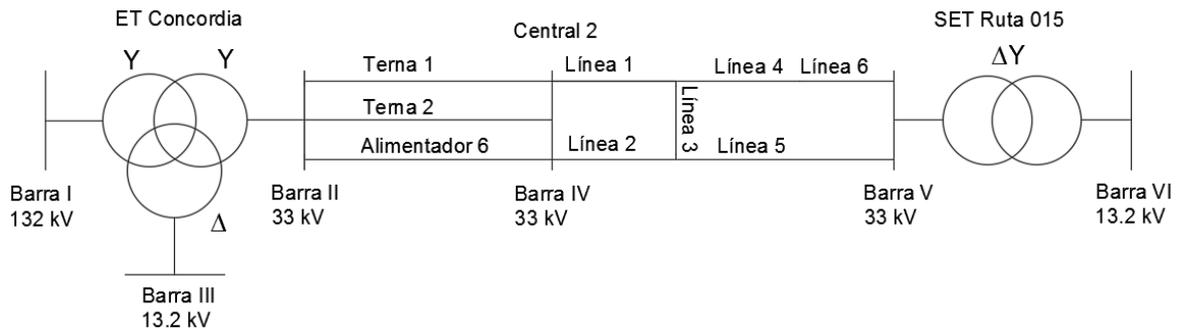
### 7.3 Cálculo de cortocircuito

#### Datos

#### Croquis del sistema eléctrico



### Diagrama unifilar



En la Línea 3 y la Línea 5 se cuenta con seccionadores.

### Aportes desde la ET Concordia

Según la Guía de Referencia de ENERSA, para el año 2015 los aportes en la barra de 132 kV son:

Aporte trifásico:  $S_{ap3} := 1624 \text{ MVA}$

Aporte monofásico:  $S_{ap1} := 1528 \text{ MVA}$

### Transformador de la ET Concordia

Potencia nominal arrollamiento  $V_{n1} := 132 \text{ kV}$ :  $S_{n1} := 30 \text{ MVA}$

Potencia nominal arrollamiento  $V_{n2} := 33 \text{ kV}$ :  $S_{n2} := 30 \text{ MVA}$

Potencia nominal arrollamiento  $V_{n3} := 13.2 \text{ kV}$ :  $S_{n3} := 20 \text{ MVA}$

Grupo de conexión: YNyn0d11

Impedancia de cortocircuito con barra III abierta, referida a la barra I :  $x_{12} := 11.03 \%$

Impedancia de cortocircuito con barra I abierta, referida a la barra I :  $x_{23} := 6.4 \%$

Impedancia de cortocircuito con barra II abierta, referida a la barra I :  $x_{31} := 18.49 \%$

Terna 1, Terna 2 y Alimentador 6

Líneas trifásicas transpuestas con hilo de guardia y disposición en bandera.

Longitud Terna 1:  $L_{T1} := 2.46 \text{ km}$

Longitud Terna 2:  $L_{T2} := 4.2 \text{ km}$

Longitud Alimentador 6:  $L_{A6} := 3.1 \text{ km}$

Resistencia:  $r_T := 0.196 \frac{\Omega}{\text{km}}$

Sección de fase: 150/35 mm<sup>2</sup>

Sección de hilo de guardia: 35 mm<sup>2</sup>

Radio interno del conductor de fase:  $r := 3.75 \text{ mm}$

Radio externo del conductor de fase:  $R := 8.75 \text{ mm}$

Radio del conductor hilo de guardia:  $R_H := 3.75 \text{ mm}$

Altura de las fases sobre el nivel del suelo:

$h_R := 11.8 \text{ m}$                        $h_S := 10.95 \text{ m}$                        $h_T := 10.1 \text{ m}$

Distancias entre fases:

$D_{RS} := 0.85 \text{ m}$                        $D_{ST} := 0.85 \text{ m}$                        $D_{TR} := 1.7 \text{ m}$

Distancia entre fases y conductores imágenes:

$D_{RS'} := 22.75 \text{ m}$                        $D_{ST'} := 21.05 \text{ m}$                        $D_{TR'} := 21.9 \text{ m}$

Altura del hilo de guardia sobre el nivel del suelo:  $h_H := 13 \text{ m}$

Distancias entre fases e hilo de guardia:

$D_{RH} := 1.04 \text{ m}$                        $D_{SH} := 2.22 \text{ m}$                        $D_{TH} := 3.02 \text{ m}$

Distancia entre fases y conductor imagen de hilo de guardia:

$D_{RH'} := 24.81 \text{ m}$                        $D_{SH'} := 23.96 \text{ m}$                        $D_{TH'} := 23.11 \text{ m}$

Frecuencia eléctrica y angular:  $F := 50 \text{ Hz}$                        $\omega := 2 \cdot \pi \cdot F = 314 \text{ Hz}$

Permeabilidad relativa del aluminio:  $\mu_r := 1$



Constante de proporcionalidad en la Ley de Coulomb:  $\epsilon_0 = (8.854 \cdot 10^{-12}) \frac{F}{m}$

Constante de proporcionalidad en la Ley de Ampere:  $\mu_0 = (1.257 \cdot 10^{-6}) \frac{H}{m}$

Coefficiente de distribución de corriente en el conductor:

$$K_c := \mu_r \cdot \frac{\frac{R^4 - r^4}{4} - r^2 \cdot R^2 + r^4 + r^4 \cdot \ln\left(\frac{R}{r}\right)}{(R^2 - r^2)^2} = 0.18$$

Radio medio geométrico del conductor:

$$RMG_i := R \cdot e^{\frac{-K_c}{4}} = 8.36 \text{ mm}$$

Altura media geométrica:

$$HMG := \sqrt[3]{h_R \cdot h_S \cdot h_T} = 10.93 \text{ m}$$

Distancia media geométrica:

$$DMG := \sqrt[3]{D_{RS} \cdot D_{ST} \cdot D_{TR}} = 1.07 \text{ m}$$

Distancia a imagen media geométrica:

$$DMG' := \sqrt[3]{D_{RS'} \cdot D_{ST'} \cdot D_{TR'}} = 21.89 \text{ m}$$

Distancia media geométrica al hilo de guardia:

$$DMGH := \sqrt[3]{D_{RH} \cdot D_{SH} \cdot D_{TH}} = 1.91 \text{ m}$$

Distancia media geométrica a imagen del hilo de guardia:

$$DMGH' := \sqrt[3]{D_{RH'} \cdot D_{SH'} \cdot D_{TH'}} = 23.95 \text{ m}$$

Resistividad del suelo:  $\rho := 100 \Omega \cdot m$

Distancia entre conductor e imagen según Carson:

$$D_e := 94 \cdot \sqrt{\rho \cdot \frac{1}{\Omega \cdot m}} \cdot 1 \text{ m} = 940 \text{ m}$$

Reactancia inductiva de secuencia directa:

$$x_{1T} := \frac{\mu_0 \cdot \omega}{2 \cdot \pi} \cdot \ln\left(\frac{DMG}{RMG_i}\right) = 0.305 \frac{\Omega}{km}$$

Reactancia inductiva de secuencia inversa:

$$x_{2T} := \frac{\mu_0 \cdot \omega}{2 \cdot \pi} \cdot \ln \left( \frac{DMG}{RMG_i} \right) = 0.305 \frac{\Omega}{km}$$

Reactancia inductiva de secuencia homopolar:

$$x_{0T} := \frac{\mu_0 \cdot \omega}{2 \cdot \pi} \cdot \left( \ln \left( \frac{D_e^3}{RMG_i \cdot DMG^2} \right) - 3 \cdot \frac{\left( \ln \left( \frac{D_e}{DMGH} \right) \right)^2}{\ln \left( \frac{D_e}{R_H} \right)} \right) = 1 \frac{\Omega}{km}$$

Capacidad de secuencia directa e inversa:

$$C_{1T} := \frac{2 \cdot \pi \cdot \epsilon_0}{\ln \left( \frac{2 \cdot HMG}{R} \cdot \frac{DMG}{DMG'} \right)} = 11.58 \frac{nF}{km}$$

Capacidad de secuencia homopolar:

$$C_{0T} := \frac{2 \cdot \pi \cdot \epsilon_0}{\ln \left( \frac{2 \cdot HMG}{R} \cdot \frac{DMG'^2}{DMG^2} \right) - 3 \cdot \frac{\left( \ln \left( \frac{DMGH'}{DMGH} \right) \right)^2}{\ln \left( \frac{2 \cdot h_H}{R_H} \right)}} = 4.76 \frac{nF}{km}$$

Reactancia capacitiva de secuencia homopolar de Terna 1:

$$x_{c0T1} := \frac{1}{\omega \cdot C_{0T}} \cdot \frac{1}{L_{T1}} = 271876 \Omega$$

Reactancia capacitiva de secuencia homopolar del modelo Pi de Terna 1:

$$x_{c0T1} := 2 \cdot x_{c0T1} = 543751 \Omega$$

Reactancia capacitiva de secuencia homopolar de Terna 2:

$$x_{c0T2} := \frac{1}{\omega \cdot C_{0T}} \cdot \frac{1}{L_{T2}} = 159241 \Omega$$

Reactancia capacitiva de secuencia homopolar del modelo Pi de Terna 2:

$$x_{c0T2} := 2 \cdot x_{c0T2} = 318483 \Omega$$

Reactancia capacitiva de secuencia homopolar de Alimentador 6:

$$x_{c0A6} := \frac{1}{\omega \cdot C0_T} \cdot \frac{1}{L_{A6}} = 215746 \ \Omega$$

Reactancia capacitiva de secuencia homopolar del modelo Pi de Alimentador 6:

$$x_{c0_{A6}} := 2 \cdot x_{c0A6} = 431493 \ \Omega$$

### Línea 1

Línea trifásica transpuesta sin hilo de guardia, disposición tres bolillos.

Longitud Línea 1:  $L_{L1} := 7.36 \text{ km}$

Sección Línea 1: 95 mm<sup>2</sup>

Resistencia Línea 1:  $r_{L1} := 0.352 \frac{\Omega}{\text{km}}$

Radio del conductor de fase:  $R := 6.3 \text{ mm}$

Longitud de poste típico:  $H := 12 \text{ m}$

Altura de las fases sobre el nivel del suelo:

$$h_R := 9.4 \text{ m}$$

$$h_S := 10 \text{ m}$$

$$h_T := 8.8 \text{ m}$$

Distancias entre fases:

$$D_{RS} := 1.49 \text{ m}$$

$$D_{ST} := 1.2 \text{ m}$$

$$D_{TR} := 1.49 \text{ m}$$

Distancia entre fases y conductores imágenes:

$$D_{RS'} := 19.45 \text{ m}$$

$$D_{ST'} := 18.81 \text{ m}$$

$$D_{TR'} := 18.26 \text{ m}$$

Frecuencia eléctrica y angular:  $F := 50 \text{ Hz}$

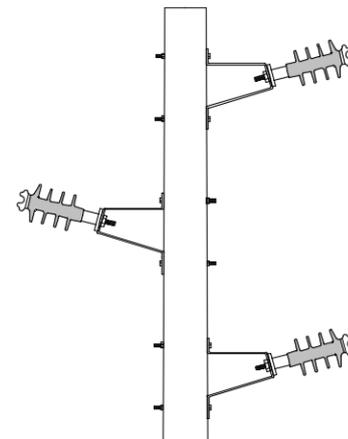
$$\omega := 2 \cdot \pi \cdot F = 314 \text{ Hz}$$

Permeabilidad relativa del aluminio:  $\mu_r := 1$

Constante de proporcionalidad en la Ley de Coulomb:  $\epsilon_0 = (8.854 \cdot 10^{-12}) \frac{\text{F}}{\text{m}}$

Constante de proporcionalidad en la Ley de Ampere:  $\mu_0 = (1.257 \cdot 10^{-6}) \frac{\text{H}}{\text{m}}$

Coeficiente de distribución de corriente en un conductor macizo:  $K_c := 1$



Radio medio geométrico del conductor:

$$RMG_i := R \cdot e^{\frac{-K_c}{4}} = 4.91 \text{ mm}$$

Altura media geométrica:

$$HMG := \sqrt[3]{h_R \cdot h_S \cdot h_T} = 9.39 \text{ m}$$

Distancia media geométrica:

$$DMG := \sqrt[3]{D_{RS} \cdot D_{ST} \cdot D_{TR}} = 1.39 \text{ m}$$

Distancia a imagen media geométrica:

$$DMG' := \sqrt[3]{D_{RS'} \cdot D_{ST'} \cdot D_{TR'}} = 18.83 \text{ m}$$

Reactancia inductiva de secuencia directa:

$$x1_{L1} := \frac{\mu_0 \cdot \omega}{2 \cdot \pi} \cdot \ln \left( \frac{2 \cdot HMG \cdot DMG}{RMG_i \cdot DMG'} \right) = 0.354 \frac{\Omega}{km}$$

Reactancia inductiva de secuencia inversa:

$$x2_{L1} := \frac{\mu_0 \cdot \omega}{2 \cdot \pi} \cdot \ln \left( \frac{2 \cdot HMG \cdot DMG}{RMG_i \cdot DMG'} \right) = 0.354 \frac{\Omega}{km}$$

Reactancia inductiva de secuencia homopolar:

$$x0_{L1} := \frac{\mu_0 \cdot \omega}{2 \cdot \pi} \cdot \ln \left( \frac{2 \cdot HMG \cdot DMG'^2}{RMG_i \cdot DMG^2} \right) = 0.846 \frac{\Omega}{km}$$

Capacidad de secuencia directa e inversa:

$$C1_{L1} := \frac{2 \cdot \pi \cdot \epsilon_0}{\ln \left( \frac{2 \cdot HMG}{R} \cdot \frac{DMG}{DMG'} \right)} = 10.32 \frac{nF}{km}$$

Capacidad de secuencia homopolar:

$$C0_{L1} := \frac{2 \cdot \pi \cdot \epsilon_0}{\ln \left( \frac{2 \cdot HMG}{R} \cdot \frac{DMG'^2}{DMG^2} \right)} = 4.209 \frac{nF}{km}$$

Reactancia capacitiva de secuencia homopolar de Línea 1:

$$x_{c0L1} := \frac{1}{\omega \cdot C_{0L1}} \cdot \frac{1}{L_{L1}} = 102755 \ \Omega$$

Reactancia capacitiva de secuencia homopolar del modelo Pi de Línea 1:

$$x_{c0L1} := 2 \cdot x_{c0L1} = 205509 \ \Omega$$

## Línea 2

Línea trifásica transpuesta sin hilo de guardia, disposición tres bolillos.

Longitud Línea 2:  $L_{L2} := 5.44 \text{ km}$

Sección Línea 2: 95 mm<sup>2</sup>

Resistencia Línea 2:  $r_{L2} := 0.352 \frac{\Omega}{\text{km}}$

Radio del conductor de fase:  $R := 6.3 \text{ mm}$

Longitud de poste típico:  $H := 13.5 \text{ m}$

Altura de las fases sobre el nivel del suelo:

$$h_R := 11.46 \text{ m}$$

$$h_S := 12.06 \text{ m}$$

$$h_T := 10.86 \text{ m}$$

Distancias entre fases:

$$D_{RS} := 1.49 \text{ m}$$

$$D_{ST} := 1.2 \text{ m}$$

$$D_{TR} := 1.49 \text{ m}$$

Distancia entre fases y conductores imágenes:

$$D_{RS'} := 23.57 \text{ m}$$

$$D_{ST'} := 22.93 \text{ m}$$

$$D_{TR'} := 22.38 \text{ m}$$

Frecuencia eléctrica y angular:  $F := 50 \text{ Hz}$

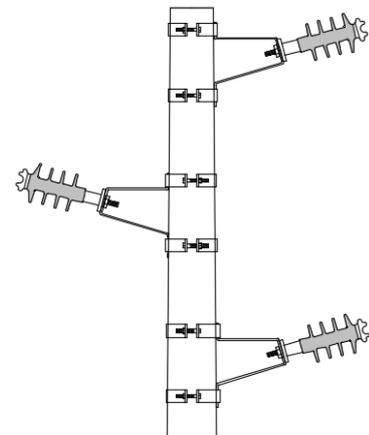
$$\omega := 2 \cdot \pi \cdot F = 314 \text{ Hz}$$

Permeabilidad relativa del aluminio:  $\mu_r := 1$

Constante de proporcionalidad en la Ley de Coulomb:  $\epsilon_0 = (8.854 \cdot 10^{-12}) \frac{\text{F}}{\text{m}}$

Constante de proporcionalidad en la Ley de Ampere:  $\mu_0 = (1.257 \cdot 10^{-6}) \frac{\text{H}}{\text{m}}$

Coefficiente de distribución de corriente en un conductor macizo:  $K_c := 1$



Radio medio geométrico del conductor:

$$RMG_i := R \cdot e^{\frac{-K_c}{4}} = 4.91 \text{ mm}$$

Altura media geométrica:

$$HMG := \sqrt[3]{h_R \cdot h_S \cdot h_T} = 11.45 \text{ m}$$

Distancia media geométrica:

$$DMG := \sqrt[3]{D_{RS} \cdot D_{ST} \cdot D_{TR}} = 1.39 \text{ m}$$

Distancia a imagen media geométrica:

$$DMG' := \sqrt[3]{D_{RS'} \cdot D_{ST'} \cdot D_{TR'}} = 22.95 \text{ m}$$

Reactancia inductiva de secuencia directa:

$$x1_{L2} := \frac{\mu_0 \cdot \omega}{2 \cdot \pi} \cdot \ln \left( \frac{2 \cdot HMG \cdot DMG}{RMG_i \cdot DMG'} \right) = 0.354 \frac{\Omega}{km}$$

Reactancia inductiva de secuencia inversa:

$$x2_{L2} := \frac{\mu_0 \cdot \omega}{2 \cdot \pi} \cdot \ln \left( \frac{2 \cdot HMG \cdot DMG}{RMG_i \cdot DMG'} \right) = 0.354 \frac{\Omega}{km}$$

Reactancia inductiva de secuencia homopolar:

$$x0_{L2} := \frac{\mu_0 \cdot \omega}{2 \cdot \pi} \cdot \ln \left( \frac{2 \cdot HMG \cdot DMG'^2}{RMG_i \cdot DMG^2} \right) = 0.884 \frac{\Omega}{km}$$

Capacidad de secuencia directa e inversa:

$$C1_{L2} := \frac{2 \cdot \pi \cdot \epsilon_0}{\ln \left( \frac{2 \cdot HMG \cdot DMG}{R \cdot DMG'} \right)} = 10.32 \frac{nF}{km}$$

Capacidad de secuencia homopolar:

$$C0_{L2} := \frac{2 \cdot \pi \cdot \epsilon_0}{\ln \left( \frac{2 \cdot HMG \cdot DMG'^2}{R \cdot DMG^2} \right)} = 4.028 \frac{nF}{km}$$

Reactancia capacitiva de secuencia homopolar de Línea 2:

$$x_{c0L2} := \frac{1}{\omega \cdot C_{0L2}} \cdot \frac{1}{L_{L2}} = 145272 \ \Omega$$

Reactancia capacitiva de secuencia homopolar del modelo Pi de Línea 2:

$$x_{c0L2} := 2 \cdot x_{c0L2} = 290545 \ \Omega$$

### Línea 3

Línea trifásica transpuesta sin hilo de guardia, disposición tres bolillos.

Longitud Línea 3:  $L_{L3} := 1.94 \text{ km}$

Sección Línea 3: 70 mm<sup>2</sup>

Resistencia Línea 3:  $r_{L3} := 0.484 \frac{\Omega}{\text{km}}$

Radio del conductor de fase:  $R := 5.375 \text{ mm}$

Longitud de poste típico:  $H := 13.5 \text{ m}$

Altura de las fases sobre el nivel del suelo:

$$h_R := 11.46 \text{ m}$$

$$h_S := 12.06 \text{ m}$$

$$h_T := 10.86 \text{ m}$$

Distancias entre fases:

$$D_{RS} := 1.49 \text{ m}$$

$$D_{ST} := 1.2 \text{ m}$$

$$D_{TR} := 1.49 \text{ m}$$

Distancia entre fases y conductores imágenes:

$$D_{RS'} := 23.57 \text{ m}$$

$$D_{ST'} := 22.93 \text{ m}$$

$$D_{TR'} := 22.38 \text{ m}$$

Frecuencia eléctrica y angular:  $F := 50 \text{ Hz}$

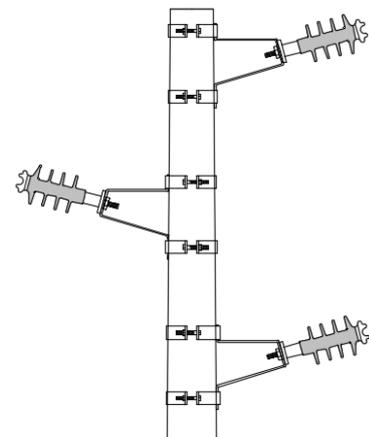
$$\omega := 2 \cdot \pi \cdot F = 314 \text{ Hz}$$

Permeabilidad relativa del aluminio:  $\mu_r := 1$

Constante de proporcionalidad en la Ley de Coulomb:  $\epsilon_0 = (8.854 \cdot 10^{-12}) \frac{\text{F}}{\text{m}}$

Constante de proporcionalidad en la Ley de Ampere:  $\mu_0 = (1.257 \cdot 10^{-6}) \frac{\text{H}}{\text{m}}$

Coefficiente de distribución de corriente en un conductor macizo:  $K_c := 1$



Radio medio geométrico del conductor:

$$RMG_i := R \cdot e^{\frac{-K_c}{4}} = 4.19 \text{ mm}$$

Altura media geométrica:

$$HMG := \sqrt[3]{h_R \cdot h_S \cdot h_T} = 11.45 \text{ m}$$

Distancia media geométrica:

$$DMG := \sqrt[3]{D_{RS} \cdot D_{ST} \cdot D_{TR}} = 1.39 \text{ m}$$

Distancia a imagen media geométrica:

$$DMG' := \sqrt[3]{D_{RS'} \cdot D_{ST'} \cdot D_{TR'}} = 22.95 \text{ m}$$

Reactancia inductiva de secuencia directa:

$$x1_{L3} := \frac{\mu_0 \cdot \omega}{2 \cdot \pi} \cdot \ln \left( \frac{2 \cdot HMG \cdot DMG}{RMG_i \cdot DMG'} \right) = 0.364 \frac{\Omega}{km}$$

Reactancia inductiva de secuencia inversa:

$$x2_{L3} := \frac{\mu_0 \cdot \omega}{2 \cdot \pi} \cdot \ln \left( \frac{2 \cdot HMG \cdot DMG}{RMG_i \cdot DMG'} \right) = 0.364 \frac{\Omega}{km}$$

Reactancia inductiva de secuencia homopolar:

$$x0_{L3} := \frac{\mu_0 \cdot \omega}{2 \cdot \pi} \cdot \ln \left( \frac{2 \cdot HMG \cdot DMG'^2}{RMG_i \cdot DMG^2} \right) = 0.894 \frac{\Omega}{km}$$

Capacidad de secuencia directa e inversa:

$$C1_{L3} := \frac{2 \cdot \pi \cdot \epsilon_0}{\ln \left( \frac{2 \cdot HMG}{R} \cdot \frac{DMG}{DMG'} \right)} = 10.02 \frac{nF}{km}$$

Capacidad de secuencia homopolar:

$$C0_{L3} := \frac{2 \cdot \pi \cdot \epsilon_0}{\ln \left( \frac{2 \cdot HMG}{R} \cdot \frac{DMG'^2}{DMG^2} \right)} = 3.982 \frac{nF}{km}$$

Reactancia capacitiva de secuencia homopolar de Línea 3:

$$x_{c0L3} := \frac{1}{\omega \cdot C_{0L3}} \cdot \frac{1}{L_{L3}} = 412045 \ \Omega$$

Reactancia capacitiva de secuencia homopolar del modelo Pi de Línea 3:

$$x_{c0L3} := 2 \cdot x_{c0L3} = 824089 \ \Omega$$

### Línea 4

Línea trifásica transpuesta sin hilo de guardia, disposición tres bolillos.

Longitud Línea 4:  $L_{L4} := 5.62 \text{ km}$

Sección Línea 4: 70 mm<sup>2</sup>

Resistencia Línea 4:  $r_{L4} := 0.484 \frac{\Omega}{\text{km}}$

Radio del conductor de fase:  $R := 5.375 \text{ mm}$

Longitud de poste típico:  $H := 12 \text{ m}$

Altura de las fases sobre el nivel del suelo:

$$h_R := 9.4 \text{ m}$$

$$h_S := 10 \text{ m}$$

$$h_T := 8.8 \text{ m}$$

Distancias entre fases:

$$D_{RS} := 1.49 \text{ m}$$

$$D_{ST} := 1.2 \text{ m}$$

$$D_{TR} := 1.49 \text{ m}$$

Distancia entre fases y conductores imágenes:

$$D_{RS'} := 19.45 \text{ m}$$

$$D_{ST'} := 18.81 \text{ m}$$

$$D_{TR'} := 18.26 \text{ m}$$

Frecuencia eléctrica y angular:  $F := 50 \text{ Hz}$

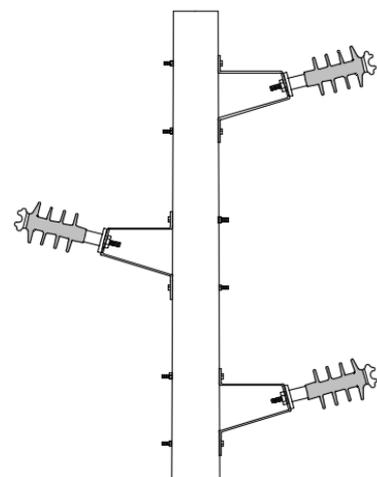
$$\omega := 2 \cdot \pi \cdot F = 314 \text{ Hz}$$

Permeabilidad relativa del aluminio:  $\mu_r := 1$

Constante de proporcionalidad en la Ley de Coulomb:  $\epsilon_0 = (8.854 \cdot 10^{-12}) \frac{\text{F}}{\text{m}}$

Constante de proporcionalidad en la Ley de Ampere:  $\mu_0 = (1.257 \cdot 10^{-6}) \frac{\text{H}}{\text{m}}$

Coefficiente de distribución de corriente en un conductor macizo:  $K_c := 1$



Radio medio geométrico del conductor:

$$RMG_i := R \cdot e^{\frac{-K_c}{4}} = 4.19 \text{ mm}$$

Altura media geométrica:

$$HMG := \sqrt[3]{h_R \cdot h_S \cdot h_T} = 9.39 \text{ m}$$

Distancia media geométrica:

$$DMG := \sqrt[3]{D_{RS} \cdot D_{ST} \cdot D_{TR}} = 1.39 \text{ m}$$

Distancia a imagen media geométrica:

$$DMG' := \sqrt[3]{D_{RS'} \cdot D_{ST'} \cdot D_{TR'}} = 18.83 \text{ m}$$

Reactancia inductiva de secuencia directa:

$$x1_{L4} := \frac{\mu_0 \cdot \omega}{2 \cdot \pi} \cdot \ln \left( \frac{2 \cdot HMG \cdot DMG}{RMG_i \cdot DMG'} \right) = 0.364 \frac{\Omega}{km}$$

Reactancia inductiva de secuencia inversa:

$$x2_{L4} := \frac{\mu_0 \cdot \omega}{2 \cdot \pi} \cdot \ln \left( \frac{2 \cdot HMG \cdot DMG}{RMG_i \cdot DMG'} \right) = 0.364 \frac{\Omega}{km}$$

Reactancia inductiva de secuencia homopolar:

$$x0_{L4} := \frac{\mu_0 \cdot \omega}{2 \cdot \pi} \cdot \ln \left( \frac{2 \cdot HMG \cdot DMG'^2}{RMG_i \cdot DMG^2} \right) = 0.856 \frac{\Omega}{km}$$

Capacidad de secuencia directa e inversa:

$$C1_{L4} := \frac{2 \cdot \pi \cdot \epsilon_0}{\ln \left( \frac{2 \cdot HMG \cdot DMG}{R \cdot DMG'} \right)} = 10.02 \frac{nF}{km}$$

Capacidad de secuencia homopolar:

$$C0_{L4} := \frac{2 \cdot \pi \cdot \epsilon_0}{\ln \left( \frac{2 \cdot HMG \cdot DMG'^2}{R \cdot DMG^2} \right)} = 4.159 \frac{nF}{km}$$

Reactancia capacitiva de secuencia homopolar de Línea 4:

$$x_{c0L4} := \frac{1}{\omega \cdot C_{0L4}} \cdot \frac{1}{L_{L4}} = 136185 \ \Omega$$

Reactancia capacitiva de secuencia homopolar del modelo Pi de Línea 4:

$$x_{c0L4} := 2 \cdot x_{c0L4} = 272370 \ \Omega$$

### Línea 5

Línea trifásica transpuesta sin hilo de guardia, disposición tres bolillos.

Longitud Línea 5:  $L_{L5} := 4.63 \text{ km}$

Sección Línea 5: 70 mm<sup>2</sup>

Resistencia Línea 5:  $r_{L5} := 0.484 \frac{\Omega}{\text{km}}$

Radio del conductor de fase:  $R := 5.375 \text{ mm}$

Longitud de poste típico:  $H := 13.5 \text{ m}$

Altura de las fases sobre el nivel del suelo:

$$h_R := 11.46 \text{ m}$$

$$h_S := 12.06 \text{ m}$$

$$h_T := 10.86 \text{ m}$$

Distancias entre fases:

$$D_{RS} := 1.49 \text{ m}$$

$$D_{ST} := 1.2 \text{ m}$$

$$D_{TR} := 1.49 \text{ m}$$

Distancia entre fases y conductores imágenes:

$$D_{RS'} := 23.57 \text{ m}$$

$$D_{ST'} := 22.93 \text{ m}$$

$$D_{TR'} := 22.38 \text{ m}$$

Frecuencia eléctrica y angular:  $F := 50 \text{ Hz}$

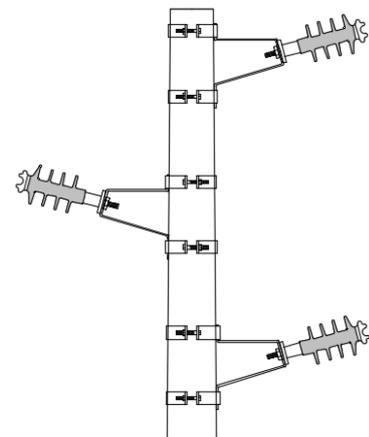
$$\omega := 2 \cdot \pi \cdot F = 314 \text{ Hz}$$

Permeabilidad relativa del aluminio:  $\mu_r := 1$

Constante de proporcionalidad en la Ley de Coulomb:  $\epsilon_0 = (8.854 \cdot 10^{-12}) \frac{\text{F}}{\text{m}}$

Constante de proporcionalidad en la Ley de Ampere:  $\mu_0 = (1.257 \cdot 10^{-6}) \frac{\text{H}}{\text{m}}$

Coefficiente de distribución de corriente en un conductor macizo:  $K_c := 1$



Radio medio geométrico del conductor:

$$RMG_i := R \cdot e^{\frac{-K_c}{4}} = 4.19 \text{ mm}$$

Altura media geométrica:

$$HMG := \sqrt[3]{h_R \cdot h_S \cdot h_T} = 11.45 \text{ m}$$

Distancia media geométrica:

$$DMG := \sqrt[3]{D_{RS} \cdot D_{ST} \cdot D_{TR}} = 1.39 \text{ m}$$

Distancia a imagen media geométrica:

$$DMG' := \sqrt[3]{D_{RS'} \cdot D_{ST'} \cdot D_{TR'}} = 22.95 \text{ m}$$

Reactancia inductiva de secuencia directa:

$$x1_{L5} := \frac{\mu_0 \cdot \omega}{2 \cdot \pi} \cdot \ln \left( \frac{2 \cdot HMG \cdot DMG}{RMG_i \cdot DMG'} \right) = 0.364 \frac{\Omega}{km}$$

Reactancia inductiva de secuencia inversa:

$$x2_{L5} := \frac{\mu_0 \cdot \omega}{2 \cdot \pi} \cdot \ln \left( \frac{2 \cdot HMG \cdot DMG}{RMG_i \cdot DMG'} \right) = 0.364 \frac{\Omega}{km}$$

Reactancia inductiva de secuencia homopolar:

$$x0_{L5} := \frac{\mu_0 \cdot \omega}{2 \cdot \pi} \cdot \ln \left( \frac{2 \cdot HMG \cdot DMG'^2}{RMG_i \cdot DMG^2} \right) = 0.894 \frac{\Omega}{km}$$

Capacidad de secuencia directa e inversa:

$$C1_{L5} := \frac{2 \cdot \pi \cdot \epsilon_0}{\ln \left( \frac{2 \cdot HMG \cdot DMG}{R \cdot DMG'} \right)} = 10.02 \frac{nF}{km}$$

Capacidad de secuencia homopolar:

$$C0_{L5} := \frac{2 \cdot \pi \cdot \epsilon_0}{\ln \left( \frac{2 \cdot HMG \cdot DMG'^2}{R \cdot DMG^2} \right)} = 3.982 \frac{nF}{km}$$

Reactancia capacitiva de secuencia homopolar de Línea 5:

$$x_{c0L5} := \frac{1}{\omega \cdot C_{0L5}} \cdot \frac{1}{L_{L5}} = 172649 \ \Omega$$

Reactancia capacitiva de secuencia homopolar del modelo Pi de Línea 5:

$$x_{c0L5} := 2 \cdot x_{c0L5} = 345299 \ \Omega$$

### Línea 6

Línea trifásica transpuesta sin hilo de guardia, disposición tres bolillos.

Longitud Línea 6:  $L_{L6} := 2.94 \text{ km}$

Sección Línea 6: 70 mm<sup>2</sup>

Resistencia Línea 6:  $r_{L6} := 0.484 \frac{\Omega}{\text{km}}$

Radio del conductor de fase:  $R := 5.375 \text{ mm}$

Longitud de poste típico:  $H := 13.5 \text{ m}$

Altura de las fases sobre el nivel del suelo:

$$h_R := 11.46 \text{ m}$$

$$h_S := 12.06 \text{ m}$$

$$h_T := 10.86 \text{ m}$$

Distancias entre fases:

$$D_{RS} := 1.49 \text{ m}$$

$$D_{ST} := 1.2 \text{ m}$$

$$D_{TR} := 1.49 \text{ m}$$

Distancia entre fases y conductores imágenes:

$$D_{RS'} := 23.57 \text{ m}$$

$$D_{ST'} := 22.93 \text{ m}$$

$$D_{TR'} := 22.38 \text{ m}$$

Frecuencia eléctrica y angular:  $F := 50 \text{ Hz}$

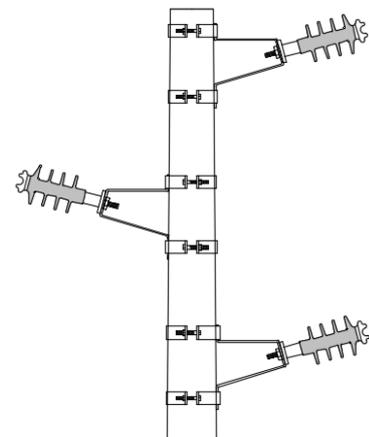
$$\omega := 2 \cdot \pi \cdot F = 314 \text{ Hz}$$

Permeabilidad relativa del aluminio:  $\mu_r := 1$

Constante de proporcionalidad en la Ley de Coulomb:  $\epsilon_0 = (8.854 \cdot 10^{-12}) \frac{\text{F}}{\text{m}}$

Constante de proporcionalidad en la Ley de Ampere:  $\mu_0 = (1.257 \cdot 10^{-6}) \frac{\text{H}}{\text{m}}$

Coefficiente de distribución de corriente en un conductor macizo:  $K_c := 1$



Radio medio geométrico del conductor:

$$RMG_i := R \cdot e^{\frac{-K_c}{4}} = 4.19 \text{ mm}$$

Altura media geométrica:

$$HMG := \sqrt[3]{h_R \cdot h_S \cdot h_T} = 11.45 \text{ m}$$

Distancia media geométrica:

$$DMG := \sqrt[3]{D_{RS} \cdot D_{ST} \cdot D_{TR}} = 1.39 \text{ m}$$

Distancia a imagen media geométrica:

$$DMG' := \sqrt[3]{D_{RS'} \cdot D_{ST'} \cdot D_{TR'}} = 22.95 \text{ m}$$

Reactancia inductiva de secuencia directa:

$$x1_{L6} := \frac{\mu_0 \cdot \omega}{2 \cdot \pi} \cdot \ln \left( \frac{2 \cdot HMG \cdot DMG}{RMG_i \cdot DMG'} \right) = 0.364 \frac{\Omega}{km}$$

Reactancia inductiva de secuencia inversa:

$$x2_{L6} := \frac{\mu_0 \cdot \omega}{2 \cdot \pi} \cdot \ln \left( \frac{2 \cdot HMG \cdot DMG}{RMG_i \cdot DMG'} \right) = 0.364 \frac{\Omega}{km}$$

Reactancia inductiva de secuencia homopolar:

$$x0_{L6} := \frac{\mu_0 \cdot \omega}{2 \cdot \pi} \cdot \ln \left( \frac{2 \cdot HMG \cdot DMG'^2}{RMG_i \cdot DMG^2} \right) = 0.894 \frac{\Omega}{km}$$

Capacidad de secuencia directa e inversa:

$$C1_{L6} := \frac{2 \cdot \pi \cdot \epsilon_0}{\ln \left( \frac{2 \cdot HMG}{R} \cdot \frac{DMG}{DMG'} \right)} = 10.02 \frac{nF}{km}$$

Capacidad de secuencia homopolar:

$$C0_{L6} := \frac{2 \cdot \pi \cdot \epsilon_0}{\ln \left( \frac{2 \cdot HMG}{R} \cdot \frac{DMG'^2}{DMG^2} \right)} = 3.982 \frac{nF}{km}$$

Reactancia capacitiva de secuencia homopolar de Línea 6:

$$xc_{0L6} := \frac{1}{\omega \cdot C_{0L6}} \cdot \frac{1}{L_{L6}} = 271893 \ \Omega$$

Reactancia capacitiva de secuencia homopolar del modelo Pi de Línea 6:

$$xc_{0L6} := 2 \cdot xc_{0L6} = 543787 \ \Omega$$

### Transformador de subestación de rebaje Ruta 015

Potencia nominal:  $S_t := 2.5 \text{ MVA}$

Tensión nominal:  $V_{n5} := 33 \text{ kV}$

$$V_{n6} := 13.2 \text{ kV}$$

Conexión: dyn11

Reactancia de cortocircuito:  $x_t := 6 \%$

### **Cálculo de impedancias en por unidad**

#### Valores de base

Potencia base:  $S_B := 1000 \text{ MVA}$

Tensión base en barra 1:  $V_{B1} := 132 \text{ kV}$

Tensión base en barra 2:  $V_{B2} := 33 \text{ kV}$

Tensión base en barra 3:  $V_{B3} := 13.2 \text{ kV}$

Tensión base en barra 4:  $V_{B4} := 33 \text{ kV}$

Tensión base en barra 5:  $V_{B5} := 33 \text{ kV}$

Tensión base en barra 6:  $V_{B6} := 13.2 \text{ kV}$

Impedancia base en barra 1:  $Z_{B1} := \frac{V_{B1}^2}{S_B} = 17.424 \ \Omega$

Impedancia base en barra 2:  $Z_{B2} := \frac{V_{B2}^2}{S_B} = 1.089 \ \Omega$

Impedancia base en barra 3:  $Z_{B3} := \frac{V_{B3}^2}{S_B} = 0.17424 \ \Omega$

$$\text{Impedancia base en barra 4: } Z_{B4} := \frac{V_{B4}^2}{S_B} = 1.089 \Omega$$

$$\text{Impedancia base en barra 5: } Z_{B5} := \frac{V_{B5}^2}{S_B} = 1.089 \Omega$$

$$\text{Impedancia base en barra 6: } Z_{B6} := \frac{V_{B6}^2}{S_B} = 0.17424 \Omega$$

### Impedancias de aporte de ET Concordia

$$x_{ap3} := \frac{1.1 \cdot S_B}{S_{ap3}} \cdot 1i = 0.677i \quad \text{pu}$$

$$x_{ap1} := \left( 3 \cdot \frac{1.1 \cdot S_B}{S_{ap1}} - 2 \cdot \frac{1.1 \cdot S_B}{S_{ap3}} \right) \cdot 1i = 0.805i \quad \text{pu}$$

### Impedancias del transformador de la ET Concordia

$$x_{12pu} := \frac{x_{12}}{100} \cdot \frac{\frac{V_{n1}^2}{S_{n1}}}{\frac{V_{B1}^2}{S_B}} \cdot 1i = 3.677i \quad \text{pu}$$

$$x_{23pu} := \frac{x_{23}}{100} \cdot \frac{\frac{V_{n1}^2}{S_{n1}}}{\frac{V_{B1}^2}{S_B}} \cdot 1i = 2.133i \quad \text{pu}$$

$$x_{31pu} := \frac{x_{31}}{100} \cdot \frac{\frac{V_{n1}^2}{S_{n1}}}{\frac{V_{B1}^2}{S_B}} \cdot 1i = 6.163i \quad \text{pu}$$

$$x_I := \frac{x_{12pu} + x_{31pu} - x_{23pu}}{2} = 3.853i \quad \text{pu}$$

$$x_{II} := \frac{x_{12pu} + x_{23pu} - x_{31pu}}{2} = -0.177i \quad \text{pu}$$

$$x_{III} := \frac{x_{31pu} + x_{23pu} - x_{12pu}}{2} = 2.31i \quad \text{pu}$$

Impedancia del transformador de subestación de rebaje Ruta 015

$$x_{t\text{pu}} := \frac{x_t}{100} \cdot \frac{V_{n5}^2}{V_{B5}^2} \cdot \frac{S_t}{S_B} \cdot 1i = 24i \quad \text{pu}$$

Parámetros de Terna 1

Resistencia:  $r_{T1\text{pu}} := \frac{r_T \cdot L_{T1}}{Z_{B4}} = 0.443 \quad \text{pu}$

Reactancia inductiva de secuencia directa:

$$x1_{T1\text{pu}} := \frac{x1_T \cdot L_{T1}}{Z_{B4}} \cdot 1i = 0.689i \quad \text{pu}$$

Reactancia inductiva de secuencia inversa:

$$x2_{T1\text{pu}} := \frac{x2_T \cdot L_{T1}}{Z_{B4}} \cdot 1i = 0.689i \quad \text{pu}$$

Reactancia inductiva de secuencia homopolar:

$$x0_{T1\text{pu}} := \frac{x0_T \cdot L_{T1}}{Z_{B4}} \cdot 1i = 2.259i \quad \text{pu}$$

Reactancia capacitiva de secuencia homopolar:

$$xc0_{T1\text{pu}} := \frac{xc0_{T1}}{Z_{B4}} \cdot 1i = 499312i \quad \text{pu}$$

Parámetros de Terna 2

Resistencia:  $r_{T2\text{pu}} := \frac{r_T \cdot L_{T2}}{Z_{B4}} = 0.756 \quad \text{pu}$

Reactancia inductiva de secuencia directa:

$$x1_{T2\text{pu}} := \frac{x1_T \cdot L_{T2}}{Z_{B4}} \cdot 1i = 1.176i \quad \text{pu}$$

Reactancia inductiva de secuencia inversa:

$$x2_{T2\text{pu}} := \frac{x2_T \cdot L_{T2}}{Z_{B4}} \cdot 1i = 1.176i \quad \text{pu}$$

Reactancia inductiva de secuencia homopolar:

$$x0_{T2\text{pu}} := \frac{x0_T \cdot L_{T2}}{Z_{B4}} \cdot 1i = 3.856i \quad \text{pu}$$

Reactancia capacitiva de secuencia homopolar:

$$x_{c0_{T2pu}} := \frac{x_{c0_{T2}}}{Z_{B4}} \cdot 1i = 292454i \quad \text{pu}$$

Parámetros de Alimentador 6

Resistencia:  $r_{A6pu} := \frac{r_T \cdot L_{A6}}{Z_{B4}} = 0.558 \quad \text{pu}$

Reactancia inductiva de secuencia directa:

$$x_{1_{A6pu}} := \frac{x_{1_T} \cdot L_{A6}}{Z_{B4}} \cdot 1i = 0.868i \quad \text{pu}$$

Reactancia inductiva de secuencia inversa:

$$x_{2_{A6pu}} := \frac{x_{2_T} \cdot L_{A6}}{Z_{B4}} \cdot 1i = 0.868i \quad \text{pu}$$

Reactancia inductiva de secuencia homopolar:

$$x_{0_{A6pu}} := \frac{x_{0_T} \cdot L_{A6}}{Z_{B4}} \cdot 1i = 2.846i \quad \text{pu}$$

Reactancia capacitiva de secuencia homopolar:

$$x_{c0_{A6pu}} := \frac{x_{c0_{A6}}}{Z_{B4}} \cdot 1i = 396229i \quad \text{pu}$$

Parámetros de Línea 1

Resistencia:  $r_{L1pu} := \frac{r_{L1} \cdot L_{L1}}{Z_{B4}} = 2.379 \quad \text{pu}$

Reactancia inductiva de secuencia directa:

$$x_{1_{L1pu}} := \frac{x_{1_{L1}} \cdot L_{L1}}{Z_{B4}} \cdot 1i = 2.395i \quad \text{pu}$$

Reactancia inductiva de secuencia inversa:

$$x_{2_{L1pu}} := \frac{x_{2_{L1}} \cdot L_{L1}}{Z_{B4}} \cdot 1i = 2.395i \quad \text{pu}$$

Reactancia inductiva de secuencia homopolar:

$$x_{0_{L1pu}} := \frac{x_{0_{L1}} \cdot L_{L1}}{Z_{B4}} \cdot 1i = 5.719i \quad \text{pu}$$

Reactancia capacitiva de secuencia homopolar:

$$x_{c0_{L1pu}} := \frac{x_{c0_{L1}}}{Z_{B4}} \cdot 1i = 188714i \quad \text{pu}$$

### Parámetros de Línea 2

Resistencia:  $r_{L2pu} := \frac{r_{L2} \cdot L_{L2}}{Z_{B4}} = 1.758 \quad pu$

Reactancia inductiva de secuencia directa:

$$x1_{L2pu} := \frac{x1_{L2} \cdot L_{L2}}{Z_{B4}} \cdot 1i = 1.771i \quad pu$$

Reactancia inductiva de secuencia inversa:

$$x2_{L2pu} := \frac{x2_{L2} \cdot L_{L2}}{Z_{B4}} \cdot 1i = 1.771i \quad pu$$

Reactancia inductiva de secuencia homopolar:

$$x0_{L2pu} := \frac{x0_{L2} \cdot L_{L2}}{Z_{B4}} \cdot 1i = 4.414i \quad pu$$

Reactancia capacitiva de secuencia homopolar:

$$xc0_{L2pu} := \frac{xc0_{L2}}{Z_{B4}} \cdot 1i = 266799i \quad pu$$

### Parámetros de Línea 3

Resistencia:  $r_{L3pu} := \frac{r_{L3} \cdot L_{L3}}{Z_{B4}} = 0.862 \quad pu$

Reactancia inductiva de secuencia directa:

$$x1_{L3pu} := \frac{x1_{L3} \cdot L_{L3}}{Z_{B4}} \cdot 1i = 0.649i \quad pu$$

Reactancia inductiva de secuencia inversa:

$$x2_{L3pu} := \frac{x2_{L3} \cdot L_{L3}}{Z_{B4}} \cdot 1i = 0.649i \quad pu$$

Reactancia inductiva de secuencia homopolar:

$$x0_{L3pu} := \frac{x0_{L3} \cdot L_{L3}}{Z_{B4}} \cdot 1i = 1.592i \quad pu$$

Reactancia capacitiva de secuencia homopolar:

$$xc0_{L3pu} := \frac{xc0_{L3}}{Z_{B4}} \cdot 1i = 756739i \quad pu$$

### Parámetros de Línea 4

Resistencia:  $r_{L4pu} := \frac{r_{L4} \cdot L_{L4}}{Z_{B4}} = 2.498 \quad pu$

Reactancia inductiva de secuencia directa:

$$x1_{L4pu} := \frac{x1_{L4} \cdot L_{L4}}{Z_{B4}} \cdot 1i = 1.881i \quad \text{pu}$$

Reactancia inductiva de secuencia inversa:

$$x2_{L4pu} := \frac{x2_{L4} \cdot L_{L4}}{Z_{B4}} \cdot 1i = 1.881i \quad \text{pu}$$

Reactancia inductiva de secuencia homopolar:

$$x0_{L4pu} := \frac{x0_{L4} \cdot L_{L4}}{Z_{B4}} \cdot 1i = 4.418i \quad \text{pu}$$

Reactancia capacitiva de secuencia homopolar:

$$xc0_{L4pu} := \frac{xc0_{L4}}{Z_{B4}} \cdot 1i = 250110i \quad \text{pu}$$

### Parámetros de Línea 5

Resistencia:  $r_{L5pu} := \frac{r_{L5} \cdot L_{L5}}{Z_{B4}} = 2.058 \quad \text{pu}$

Reactancia inductiva de secuencia directa:

$$x1_{L5pu} := \frac{x1_{L5} \cdot L_{L5}}{Z_{B4}} \cdot 1i = 1.549i \quad \text{pu}$$

Reactancia inductiva de secuencia inversa:

$$x2_{L5pu} := \frac{x2_{L5} \cdot L_{L5}}{Z_{B4}} \cdot 1i = 1.549i \quad \text{pu}$$

Reactancia inductiva de secuencia homopolar:

$$x0_{L5pu} := \frac{x0_{L5} \cdot L_{L5}}{Z_{B4}} \cdot 1i = 3.799i \quad \text{pu}$$

Reactancia capacitiva de secuencia homopolar:

$$xc0_{L5pu} := \frac{xc0_{L5}}{Z_{B4}} \cdot 1i = 317079i \quad \text{pu}$$

### Parámetros de Línea 6

Resistencia:  $r_{L6pu} := \frac{r_{L6} \cdot L_{L6}}{Z_{B4}} = 1.307 \quad \text{pu}$

Reactancia inductiva de secuencia directa:

$$x1_{L6pu} := \frac{x1_{L6} \cdot L_{L6}}{Z_{B4}} \cdot 1i = 0.984i \quad \text{pu}$$

Reactancia inductiva de secuencia inversa:

$$x_{2L6pu} := \frac{x_{L6} \cdot L_{L6}}{Z_{B4}} \cdot 1i = 0.984i \quad \text{pu}$$

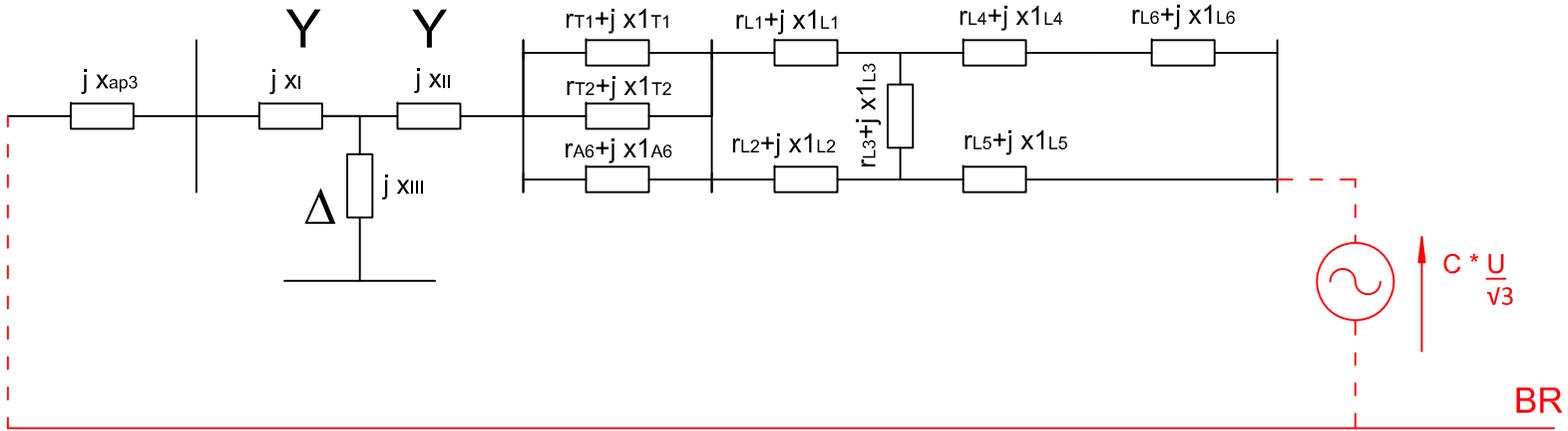
Reactancia inductiva de secuencia homopolar:

$$x_{0L6pu} := \frac{x_{L6} \cdot L_{L6}}{Z_{B4}} \cdot 1i = 2.412i \quad \text{pu}$$

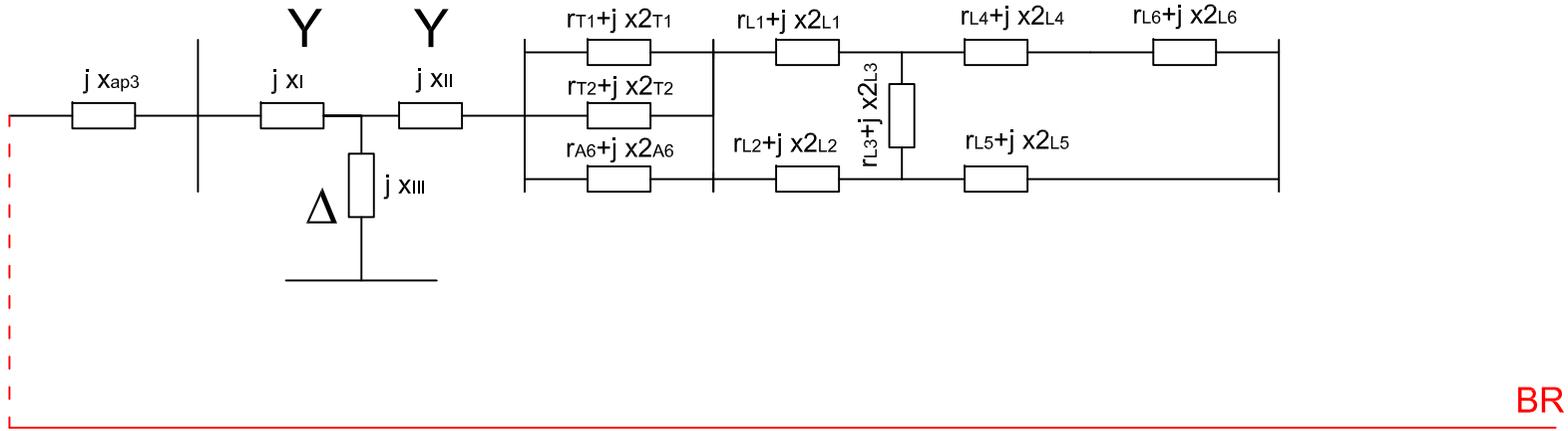
Reactancia capacitiva de secuencia homopolar:

$$x_{c0L6pu} := \frac{x_{c0L6}}{Z_{B4}} \cdot 1i = 499345i \quad \text{pu}$$

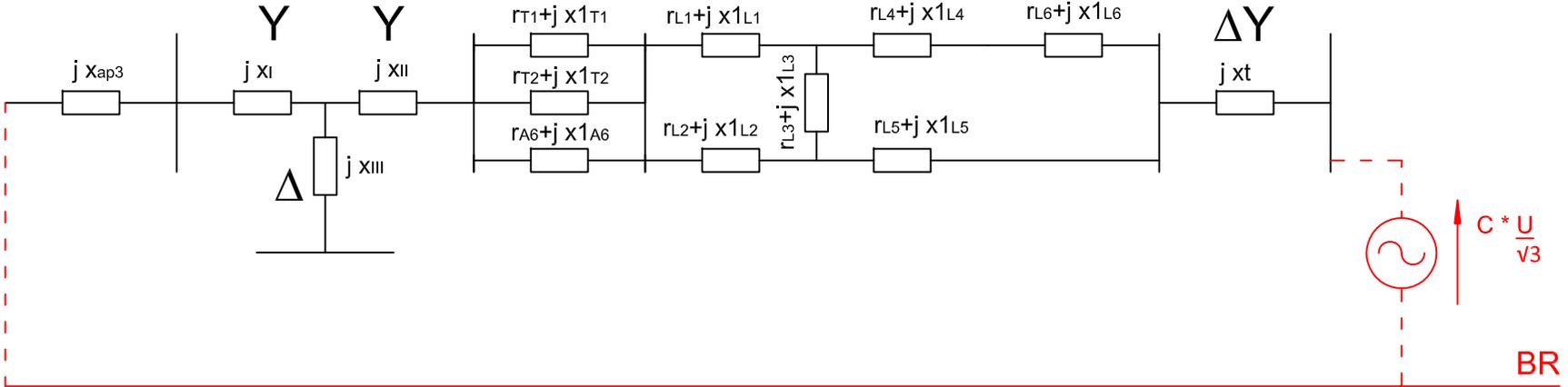
Esquema de secuencia directa de cortocircuito en Barra 5 con Seccionador 69 cerrado y Seccionador ruta 015 cerrado



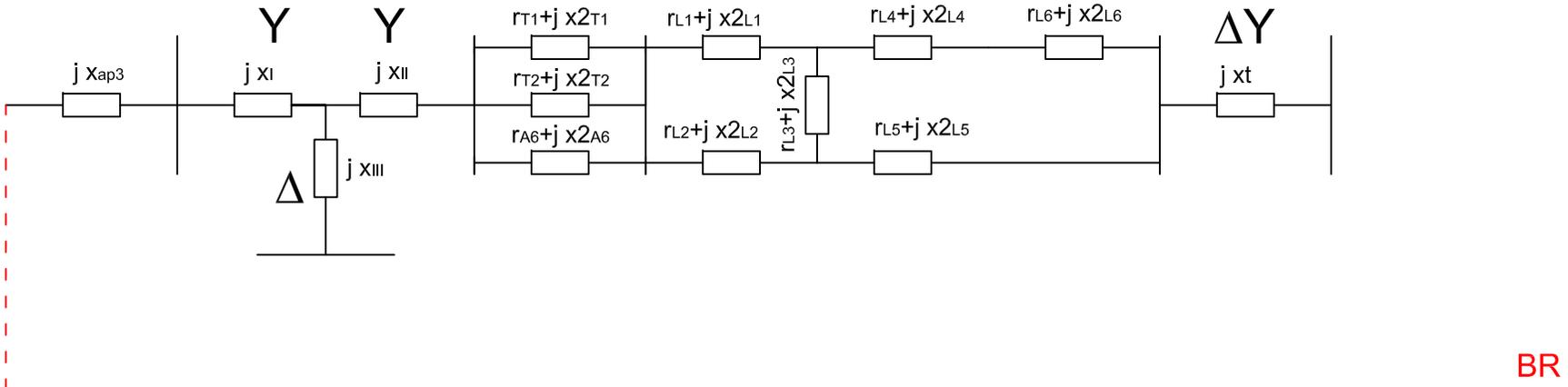
Esquema de secuencia inversa de cortocircuito en Barra 5 con Seccionador 69 cerrado y Seccionador ruta 015 cerrado



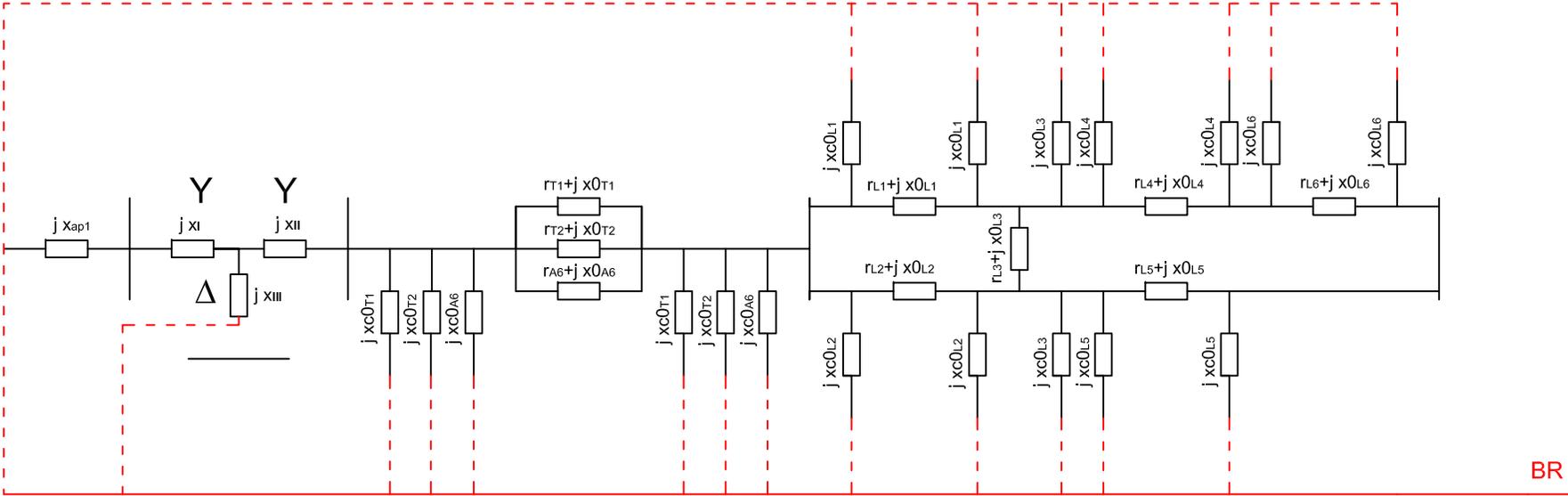
Esquema de secuencia directa de cortocircuito en Barra 6 con Seccionador 69 cerrado y Seccionador ruta 015 cerrado



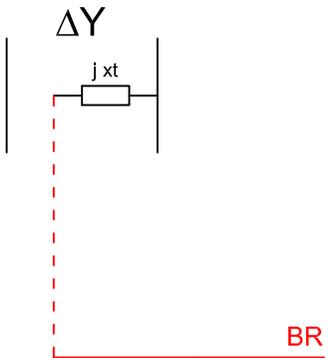
Esquema de secuencia inversa de cortocircuito en Barra 6 con Seccionador 69 cerrado y Seccionador ruta 015 cerrado



Esquema de secuencia homopolar de cortocircuito en Barra 5 con Seccionador 69 cerrado y Seccionador ruta 015 cerrado



Esquema de secuencia homopolar de cortocircuito en Barra 6 con Seccionador 69 cerrado y Seccionador ruta 015 cerrado



## Cálculo de cortocircuito en barra 5 con seccionadores 69 y Ruta 015 cerrados

### Cálculo de impedancia de secuencia directa

$$Z_a := \frac{1}{\frac{1}{r_{T1pu} + x1_{T1pu}} + \frac{1}{r_{T2pu} + x1_{T2pu}} + \frac{1}{r_{A6pu} + x1_{A6pu}}}$$

$$z_{ka} := \frac{(r_{L1pu} + x1_{L1pu}) \cdot (r_{L2pu} + x1_{L2pu})}{(r_{L1pu} + x1_{L1pu}) + (r_{L2pu} + x1_{L2pu}) + (r_{L3pu} + x1_{L3pu})}$$

$$z_{kb} := \frac{(r_{L1pu} + x1_{L1pu}) \cdot (r_{L3pu} + x1_{L3pu})}{(r_{L1pu} + x1_{L1pu}) + (r_{L2pu} + x1_{L2pu}) + (r_{L3pu} + x1_{L3pu})}$$

$$z_{kc} := \frac{(r_{L2pu} + x1_{L2pu}) \cdot (r_{L3pu} + x1_{L3pu})}{(r_{L1pu} + x1_{L1pu}) + (r_{L2pu} + x1_{L2pu}) + (r_{L3pu} + x1_{L3pu})}$$

$$Z_b := \frac{1}{\frac{1}{z_{kb} + (r_{L4pu} + x1_{L4pu}) + (r_{L6pu} + x1_{L6pu})} + \frac{1}{z_{kc} + (r_{L5pu} + x1_{L5pu})}}$$

$$Z_{1B5} := x_{ap3} + x_I + x_{II} + Z_a + z_{ka} + Z_b$$

$$Z_{1B5} = 2.5361 + 6.6698i \text{ pu} \quad \text{Impedancia de secuencia directa}$$

$$k := 1.02 + 0.98 \cdot e^{\left( \frac{-3 \cdot \text{Re}(Z_{1B5})}{\text{Im}(Z_{1B5})} \right)} = 1.333 \quad \text{factor para el cálculo de corriente pico}$$

### Cálculo de impedancia de secuencia inversa

$$Z_{2B5} := Z_{1B5}$$

$$Z_{2B5} = 2.5361 + 6.6698i \text{ pu} \quad \text{Impedancia de secuencia inversa}$$

### Cálculo de impedancia de secuencia homopolar

$$Z_a := \frac{1}{\frac{1}{x_{ap1} + x_I} + \frac{1}{x_{III}}} + x_{II}$$

$$Z_b := \frac{1}{\frac{1}{xc0_{T1pu}} + \frac{1}{xc0_{T2pu}} + \frac{1}{xc0_{A6pu}}}$$

$$Z_c := \frac{1}{\frac{1}{(r_{T1pu} + x0_{T1pu})} + \frac{1}{(r_{T2pu} + x0_{T2pu})} + \frac{1}{(r_{A6pu} + x0_{A6pu})}}$$

$$Z_d := \frac{1}{\frac{1}{xc0_{T1pu}} + \frac{1}{xc0_{T2pu}} + \frac{1}{xc0_{A6pu}}}$$

$$Z_e := \frac{1}{\frac{1}{\left(\frac{1}{Z_a} + \frac{1}{Z_b}\right)} + Z_c + \frac{1}{Z_d} + \frac{1}{xc0_{L1pu}} + \frac{1}{xc0_{L2pu}}}$$

$$Zf_a := \frac{(r_{L1pu} + x0_{L1pu}) \cdot (r_{L2pu} + x0_{L2pu})}{(r_{L1pu} + x0_{L1pu}) + (r_{L2pu} + x0_{L2pu}) + (r_{L3pu} + x0_{L3pu})}$$

$$Zf_b := \frac{(r_{L1pu} + x0_{L1pu}) \cdot (r_{L3pu} + x0_{L3pu})}{(r_{L1pu} + x0_{L1pu}) + (r_{L2pu} + x0_{L2pu}) + (r_{L3pu} + x0_{L3pu})}$$

$$Zf_c := \frac{(r_{L2pu} + x0_{L2pu}) \cdot (r_{L3pu} + x0_{L3pu})}{(r_{L1pu} + x0_{L1pu}) + (r_{L2pu} + x0_{L2pu}) + (r_{L3pu} + x0_{L3pu})}$$

$$Zg := \frac{1}{\frac{1}{xc0_{L2pu}} + \frac{1}{xc0_{L3pu}} + \frac{1}{xc0_{L5pu}}}$$

$$Zh := \frac{1}{\frac{1}{xc0_{L4pu}} + \frac{1}{xc0_{L6pu}}}$$

$$Zi := \frac{1}{\frac{1}{xc0_{L1pu}} + \frac{1}{xc0_{L3pu}} + \frac{1}{xc0_{L4pu}}}$$

$$Zj_a := \frac{(r_{L5pu} + x0_{L5pu}) \cdot Zg}{Zg + xc0_{L5pu} + (r_{L5pu} + x0_{L5pu})}$$

$$Zj_b := \frac{(r_{L5pu} + x0_{L5pu}) \cdot xc0_{L5pu}}{Zg + xc0_{L5pu} + (r_{L5pu} + x0_{L5pu})}$$

$$Zj_c := \frac{xc0_{L5pu} \cdot Zg}{Zg + xc0_{L5pu} + (r_{L5pu} + x0_{L5pu})}$$

$$Zk_a := \frac{Zh \cdot (r_{L4pu} + x0_{L4pu})}{Zh + Zi + (r_{L4pu} + x0_{L4pu})}$$

$$Zk_b := \frac{Zi \cdot (r_{L4pu} + x0_{L4pu})}{Zh + Zi + (r_{L4pu} + x0_{L4pu})}$$

$$Zk_c := \frac{Zh \cdot Zi}{Zh + Zi + (r_{L4pu} + x0_{L4pu})}$$

$$Zl_a := \frac{(Ze + Zf_a) \cdot (Zf_c + Zj_a) + (Ze + Zf_a) \cdot (Zf_b + Zk_b) + (Zf_c + Zj_a) \cdot (Zf_b + Zk_b)}{(Zf_b + Zk_b)}$$

$$Zl_b := \frac{(Ze + Zf_a) \cdot (Zf_c + Zj_a) + (Ze + Zf_a) \cdot (Zf_b + Zk_b) + (Zf_c + Zj_a) \cdot (Zf_b + Zk_b)}{(Zf_c + Zj_a)}$$

$$Zl_c := \frac{(Ze + Zf_a) \cdot (Zf_c + Zj_a) + (Ze + Zf_a) \cdot (Zf_b + Zk_b) + (Zf_c + Zj_a) \cdot (Zf_b + Zk_b)}{(Ze + Zf_a)}$$

$$Zm := \frac{1}{\frac{1}{Zj_c} + \frac{1}{Zl_a}}$$

$$Zn := \frac{1}{\frac{1}{Zk_c} + \frac{1}{Zl_b}}$$

$$Z\tilde{n}_a := \frac{Zm \cdot Zn}{Zl_c + Zm + Zn}$$

$$Z\tilde{n}_b := \frac{Zl_c \cdot Zm}{Zl_c + Zm + Zn}$$

$$Z\tilde{n}_c := \frac{Zn \cdot Zl_c}{Zl_c + Zm + Zn}$$

$$Z_0 := Z\tilde{n}_a + \frac{1}{\frac{1}{Zj_b + Z\tilde{n}_b} + \frac{1}{Z\tilde{n}_c + r_{L6pu} + x0_{L6pu} + Zk_a}}$$

$$Z_{0B5} := \frac{1}{\frac{1}{Z_0} + \frac{1}{xc0_{L6pu}}}$$

$Z_{0B5} = 2.536 + 7.256i$  pu      Impedancia de secuencia homopolar

### Cortocircuito trifásico

Potencia de cortocircuito trifásico:

$$S_{cc3} := \frac{1.1 \cdot S_B}{|Z_{1B5}|} \quad S_{cc3} = 154.2 \text{ MVA}$$

Corriente inicial de cortocircuito trifásico:

$$I_{cc3} := \frac{S_{cc3}}{\sqrt{3} \cdot V_{B5}} \quad I_{cc3} = 2.697 \text{ kA}$$

Corriente pico de cortocircuito trifásico:

$$Ip_3 := k \cdot \sqrt{2} \cdot I_{cc3} \quad Ip_3 = 5.085 \text{ kA}$$

### Cortocircuito monofásico

Potencia de cortocircuito monofásico:

$$S_{cc1} := \frac{3 \cdot 1.1 \cdot S_B}{|Z_{1B5} + Z_{2B5} + Z_{0B5}|} \quad S_{cc1} = 150.3 \text{ MVA}$$

Corriente inicial de cortocircuito monofásico:

$$I_{cc1} := \frac{S_{cc1}}{\sqrt{3} \cdot V_{B5}} \quad I_{cc1} = 2.63 \text{ kA}$$

Corriente pico de cortocircuito monofásico:

$$Ip_1 := k \cdot \sqrt{2} \cdot I_{cc1} \quad Ip_1 = 4.958 \text{ kA}$$

## Cálculo de cortocircuito en barra 6 con seccionadores 69 y Ruta 015 cerrados

### Cálculo de impedancia de secuencia directa

$$Z_{1B6} := Z_{1B5} + x_{tpu}$$

$$Z_{1B6} = 2.5361 + 30.6698i \quad \text{pu} \quad \text{Impedancia de secuencia directa}$$

$$k := 1.02 + 0.98 \cdot e^{\left(\frac{-3 \cdot \text{Re}(Z_{1B6})}{\text{Im}(Z_{1B6})}\right)} = 1.785 \quad \text{factor para el cálculo de corriente pico}$$

### Cálculo de impedancia de secuencia inversa

$$Z_{2B6} := Z_{2B5} + x_{tpu}$$

$$Z_{2B6} = 2.5361 + 30.6698i \quad \text{pu} \quad \text{Impedancia de secuencia inversa}$$

### Cálculo de impedancia de secuencia homopolar

$$Z_{0B6} := x_{tpu}$$

$$Z_{0B6} = 24i \quad \text{pu} \quad \text{Impedancia de secuencia homopolar}$$

### Cortocircuito trifásico

Potencia de cortocircuito trifásico:

$$S_{cc3} := \frac{1.1 \cdot S_B}{|Z_{1B6}|} \quad S_{cc3} = 35.7 \text{ MVA}$$

Corriente inicial de cortocircuito trifásico:

$$I_{cc3} := \frac{S_{cc3}}{\sqrt{3} \cdot V_{B6}} \quad I_{cc3} = 1.563 \text{ kA}$$

Corriente pico de cortocircuito trifásico:

$$Ip_3 := k \cdot \sqrt{2} \cdot I_{cc3} \quad Ip_3 = 3.946 \text{ kA}$$

Cortocircuito monofásico

Potencia de cortocircuito monofásico:

$$S_{cc1} := \frac{3 \cdot 1.1 \cdot S_B}{|Z_{1B6} + Z_{2B6} + Z_{0B6}|} \quad S_{cc1} = 38.6 \text{ MVA}$$

Corriente inicial de cortocircuito monofásico:

$$I_{cc1} := \frac{S_{cc1}}{\sqrt{3} \cdot V_{B6}} \quad I_{cc1} = 1.688 \text{ kA}$$

Corriente pico de cortocircuito monofásico:

$$I_{p1} := k \cdot \sqrt{2} \cdot I_{cc1} \quad I_{p1} = 4.261 \text{ kA}$$

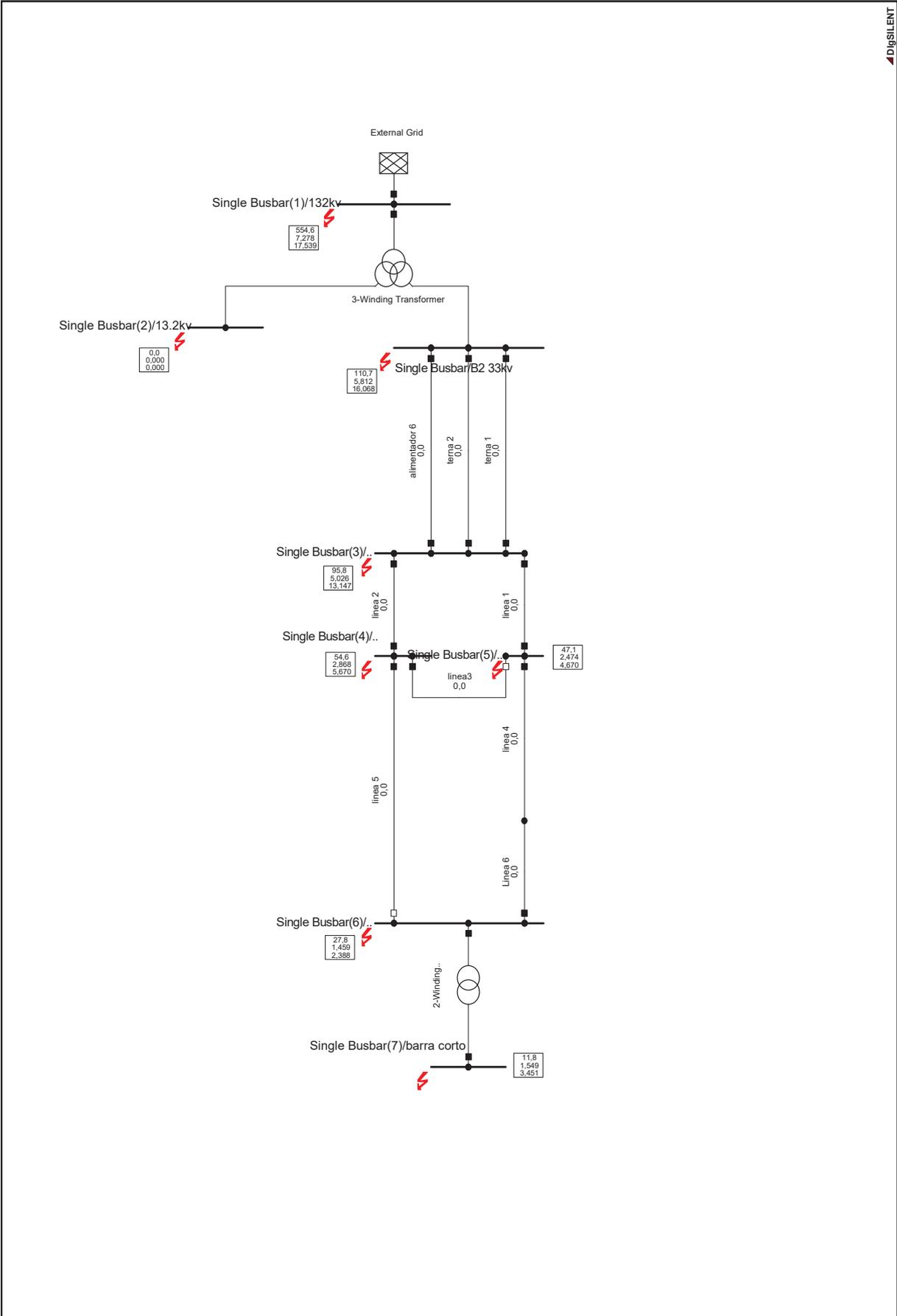
**Resultados del cálculo de cortocircuito con el programa Digsilent Power Factory 15.1.2.**

Corrientes de cortocircuito en barra de 33 kV

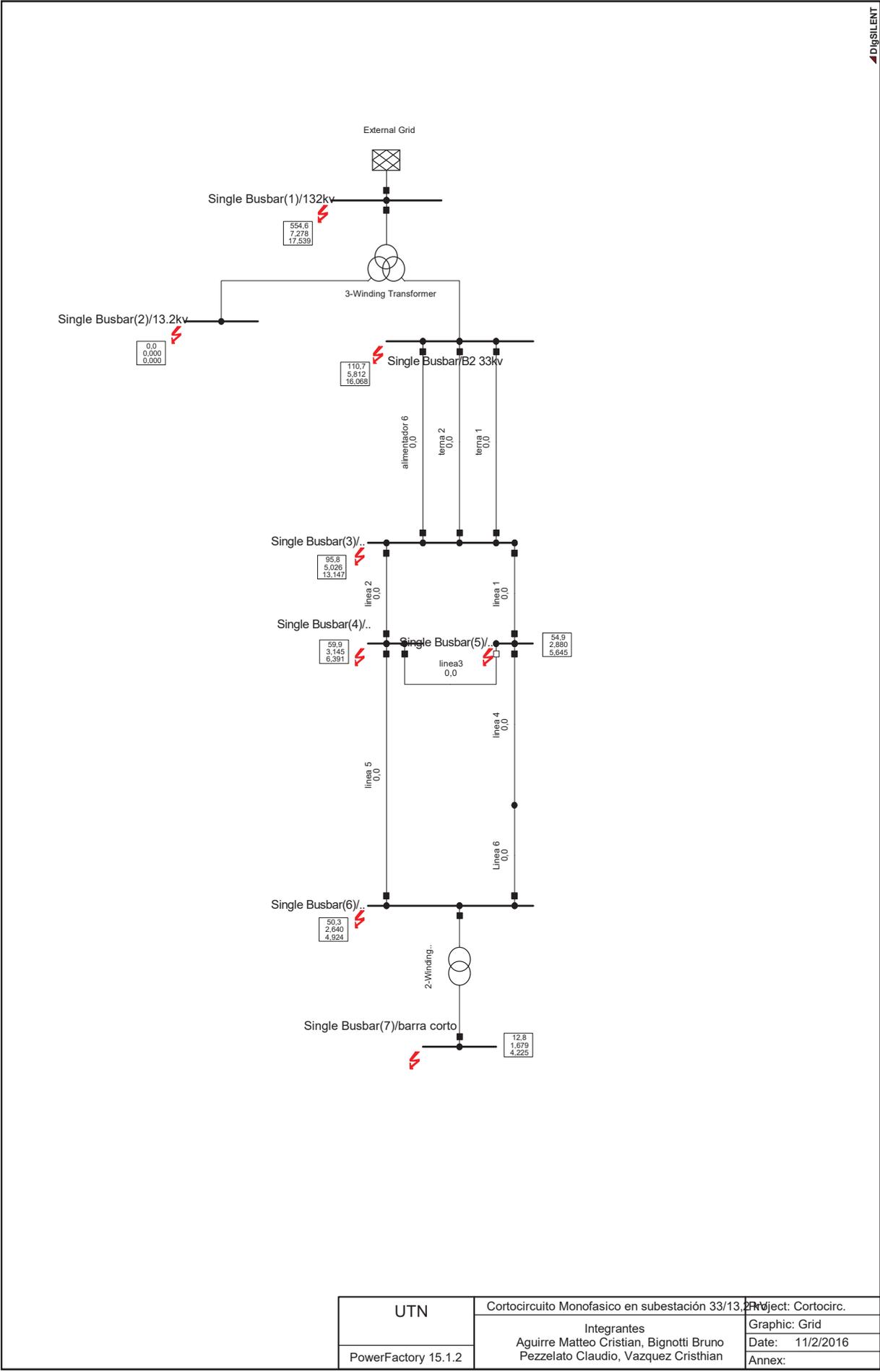
Seccionador 69	Seccionador 015	Trifásica		Monofásica	
		eficaz	pico	eficaz	pico
abierto	abierto	1,638	2,68	1,459	2,388
abierto	cerrado	2,71	5,054	2,64	4,924
cerrado	abierto	1,898	3,154	1,731	2,876
cerrado	cerrado	2,715	5,066	2,646	4,937

Corrientes de cortocircuito en barra de 13.2 kV

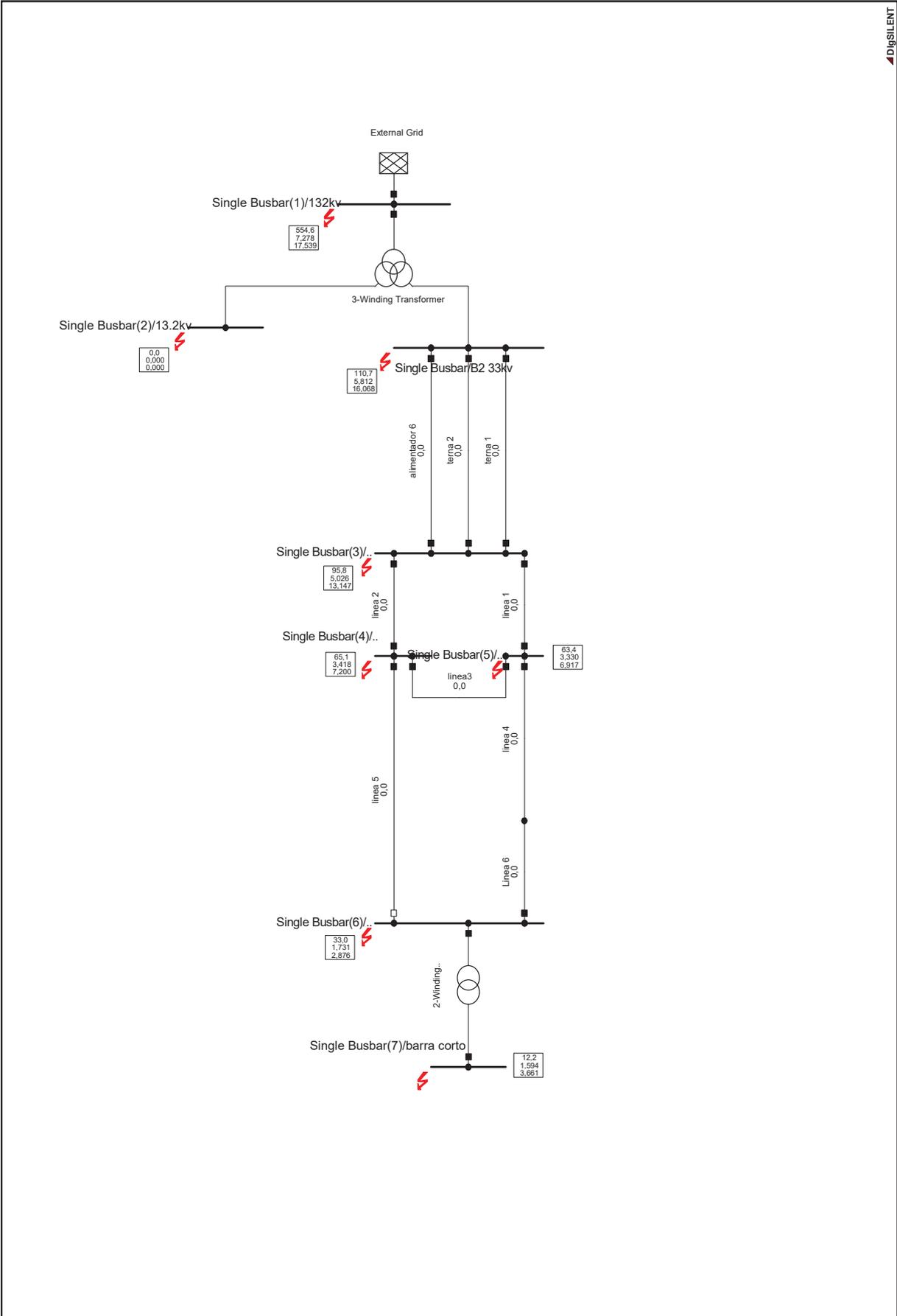
Seccionador 69	Seccionador 015	Trifásica		Monofásica	
		eficaz	pico	eficaz	pico
abierto	abierto	1,389	3,094	1,549	3,451
abierto	cerrado	1,556	3,916	1,679	4,225
cerrado	abierto	1,446	3,32	1,594	3,661
cerrado	cerrado	1,556	3,919	1,679	4,227



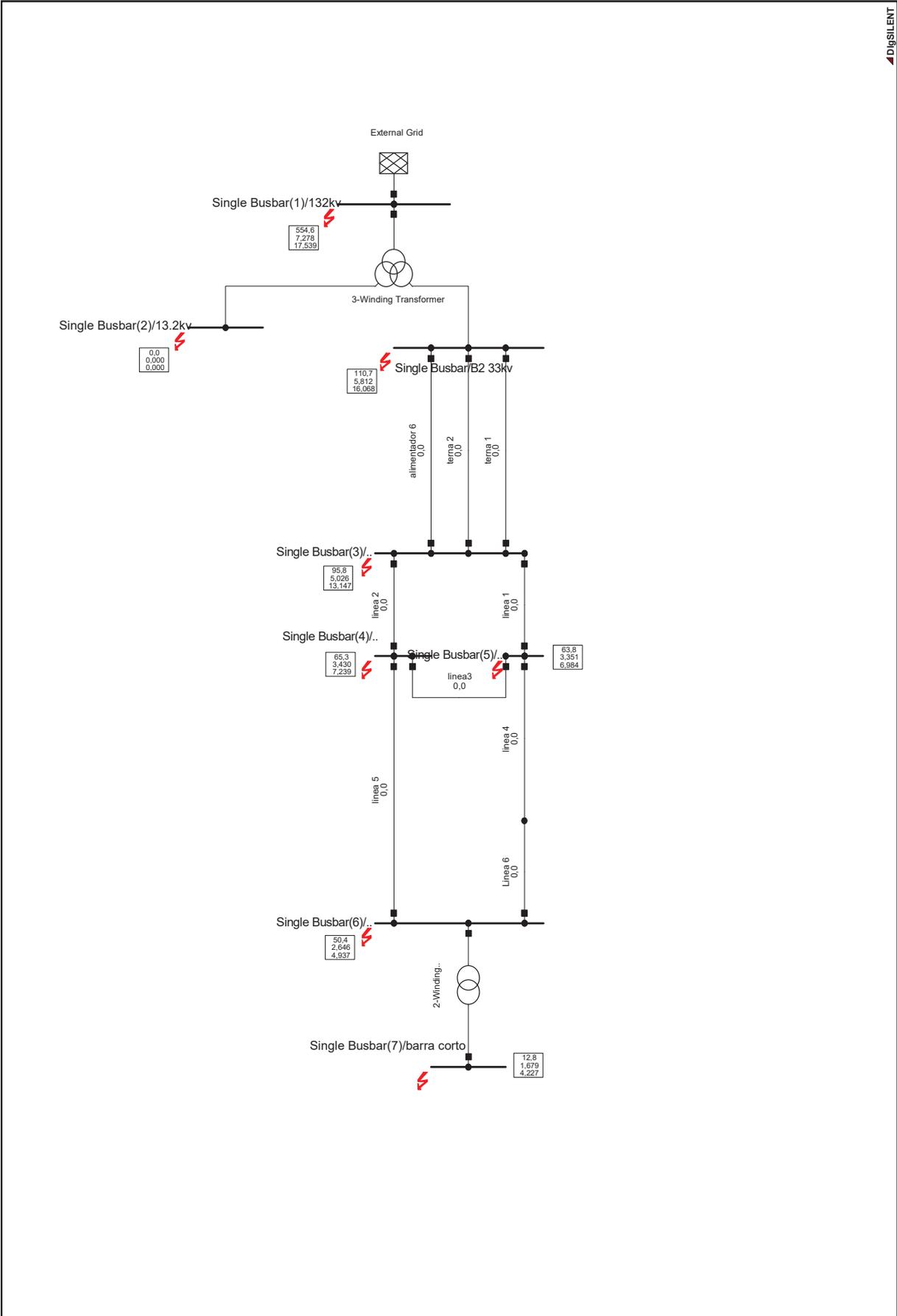
UTN	Cortocircuito Monofasico en subestación 33/13.2kv	Project: Cortocirc.
	PowerFactory 15.1.2	Integrantes Aguirre Matteo Cristian, Bignotti Bruno Pezzelato Claudio, Vazquez Cristhian
		Graphic: Grid
		Date: 11/2/2016
		Annex:



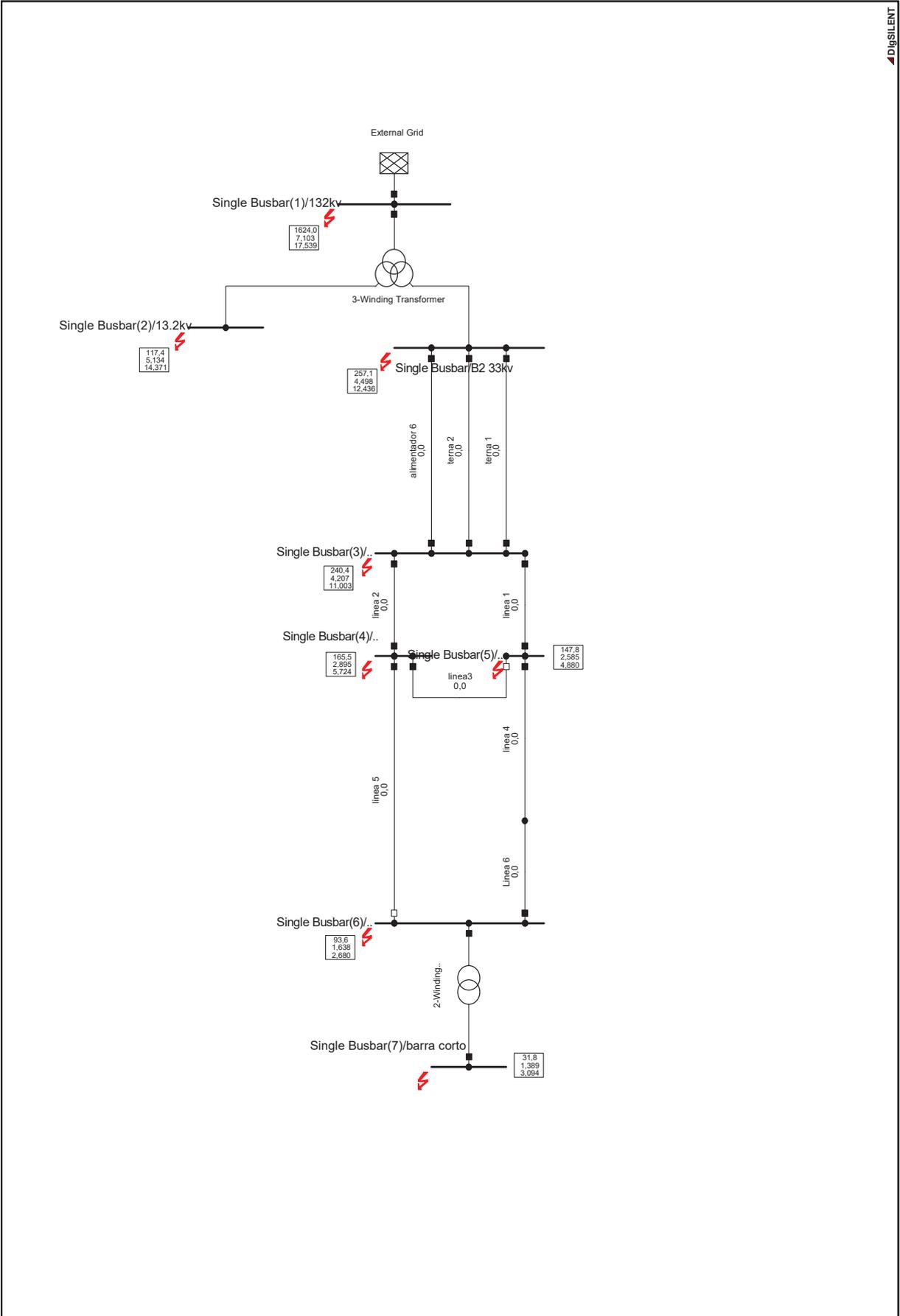
UTN	Cortocircuito Monofasico en subestación 33/13.2kv	Project: Cortocirc.
	PowerFactory 15.1.2	Integrantes Aguirre Matteo Cristian, Bignotti Bruno Pezzelato Claudio, Vazquez Cristian
		Graphic: Grid
		Date: 11/2/2016
		Annex:



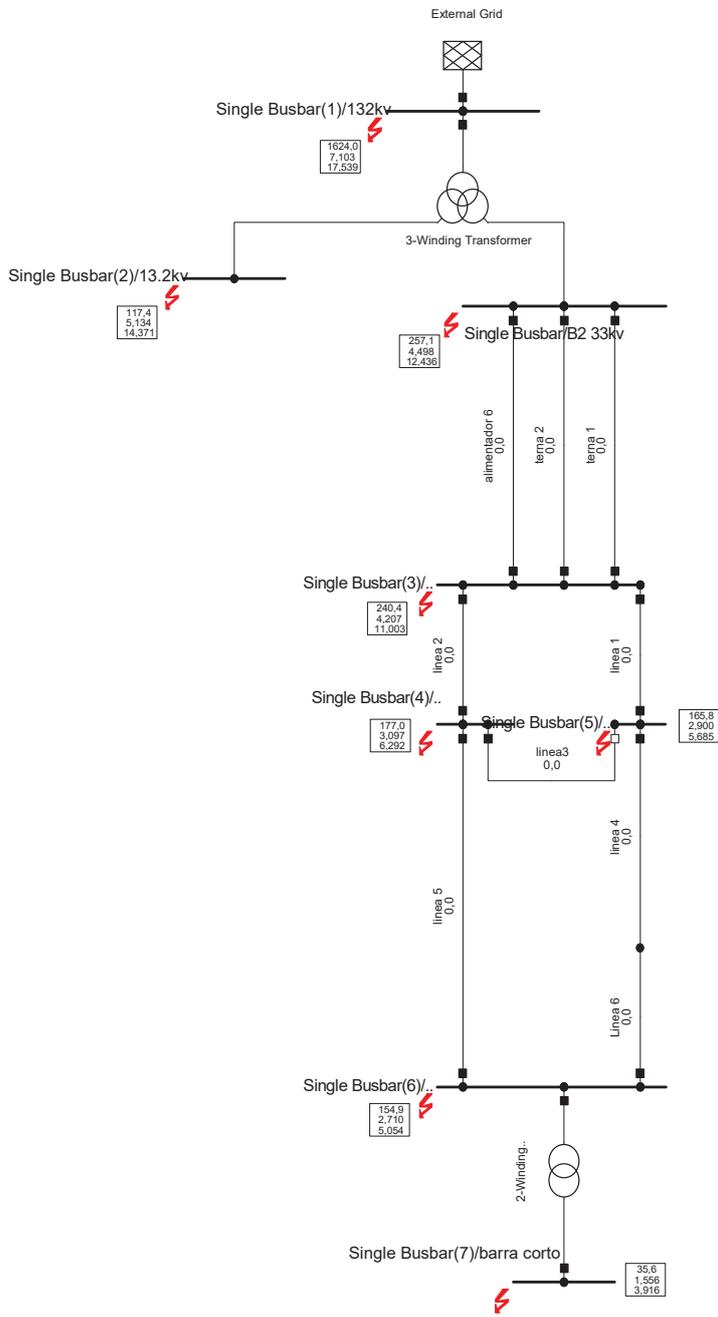
UTN	Cortocircuito Monofasico en subestación 33/13.2kv	Project: Cortocirc.
	PowerFactory 15.1.2	Integrantes Aguirre Matteo Cristian, Bignotti Bruno Pezzelato Claudio, Vazquez Cristian
		Graphic: Grid
		Date: 11/2/2016
		Annex:



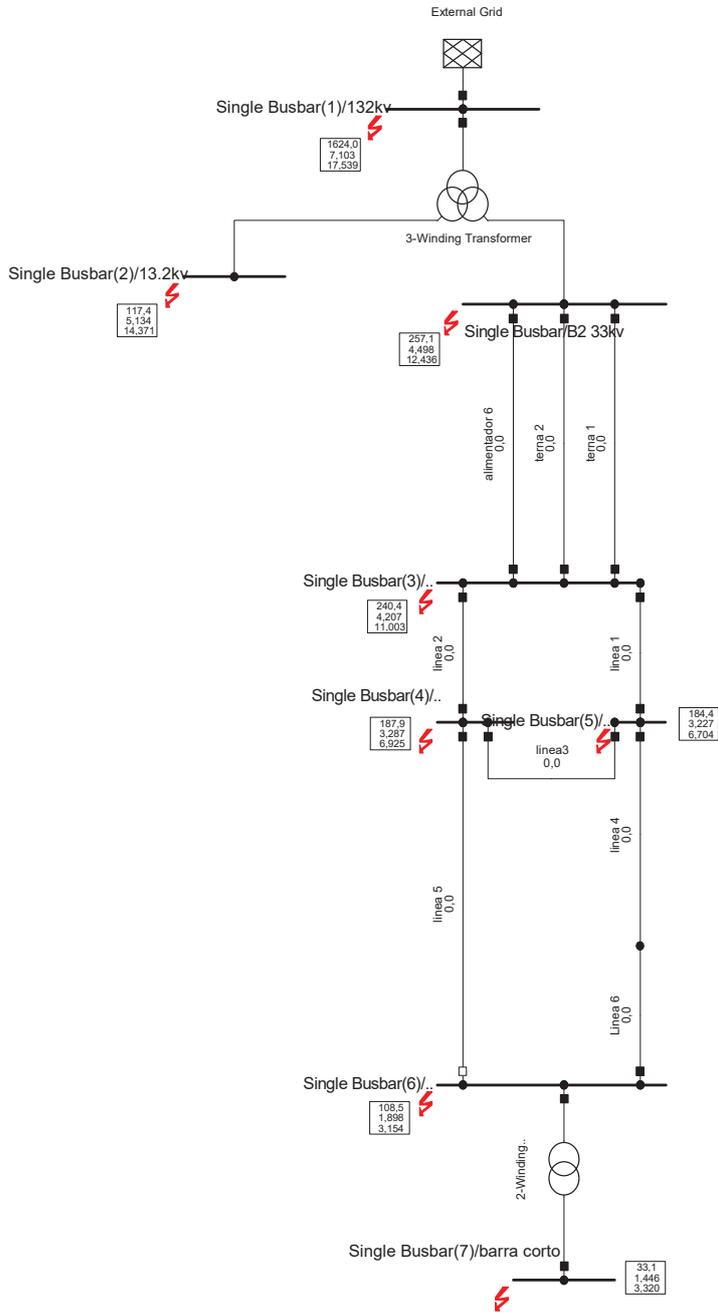
UTN	Cortocircuito Monofasico en subestación 33/13.2kV	Project: Cortocirc.
	PowerFactory 15.1.2	Integrantes Aguirre Matteo Cristian, Bignotti Bruno Pezzelato Claudio, Vazquez Cristhian
		Graphic: Grid
		Date: 11/2/2016
		Annex:



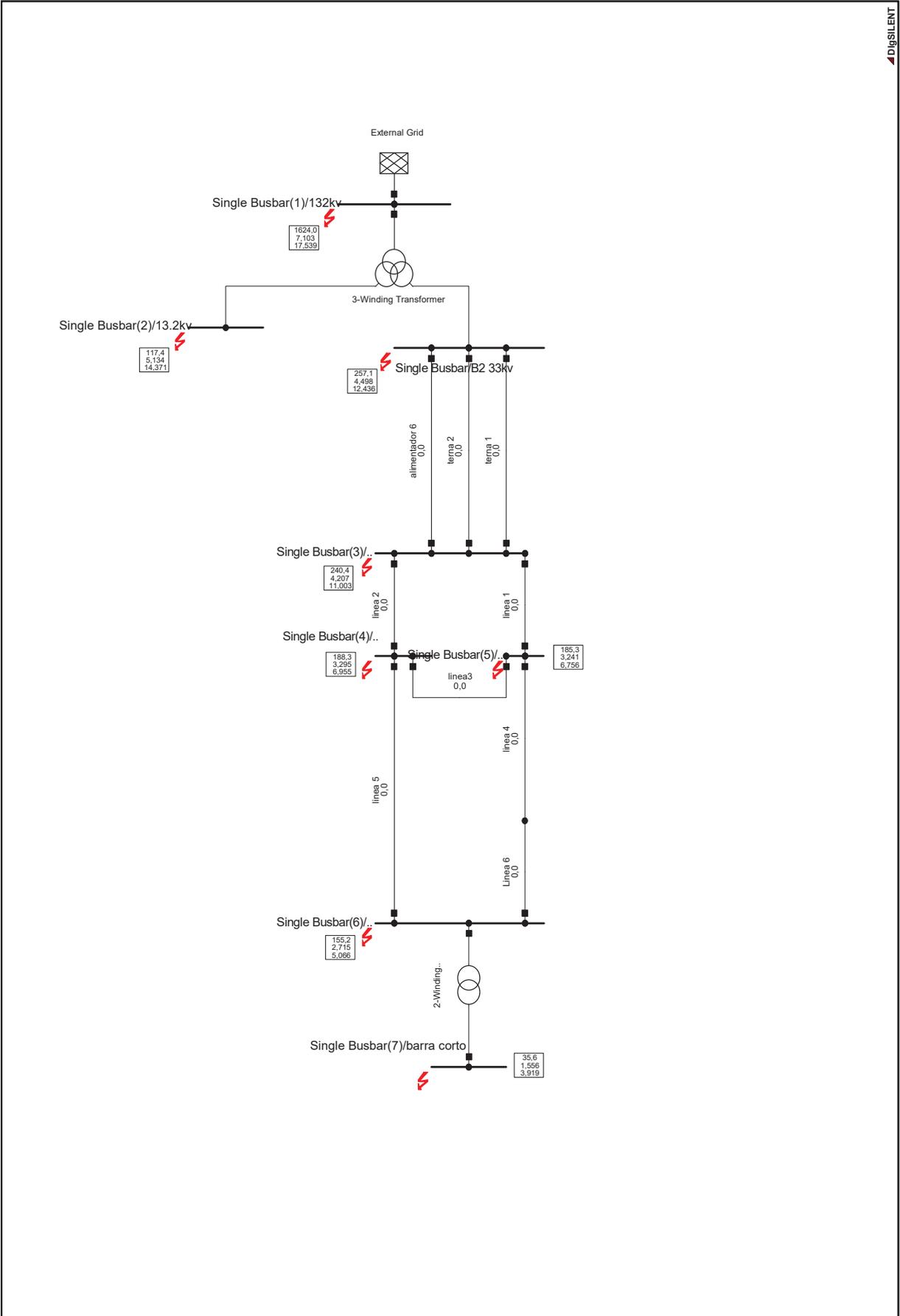
UTN	Cortocircuito Trifasico en subestación 33/13,2 kV	Project: Cortocirc.
	PowerFactory 15.1.2	Integrantes Aguirre Matteo Cristian, Bignotti Bruno Pezzelato Claudio, Vazquez Cristhian
		Graphic: Grid
		Date: 11/2/2016
		Annex:



UTN	Cortocircuito Trifasico en subestación 33/13,2 kV	Project: Cortocirc.
	PowerFactory 15.1.2	Integrantes Aguirre Matteo Cristian, Bignotti Bruno Pezzelato Claudio, Vazquez Cristian
		Graphic: Grid
		Date: 11/2/2016
		Annex:



UTN	Cortocircuito Trifasico en subestación 33/13,2 kV	Project: Cortocirc.
	PowerFactory 15.1.2	Integrantes Aguirre Matteo Cristian, Bignotti Bruno Pezzelato Claudio, Vazquez Cristhian
		Graphic: Grid
		Date: 11/2/2016
		Annex:



UTN	Cortocircuito Trifasico en subestación 33/13,2 kV	Project: Cortocirc.
	PowerFactory 15.1.2	Integrantes Aguirre Matteo Cristian, Bignotti Bruno Pezzelato Claudio, Vazquez Cristhian
		Graphic: Grid
		Date: 11/2/2016
		Annex:

#### 7.4 Determinación de las distancias eléctricas de seguridad

La distancia eléctrica de seguridad se determina en función de:

1. Una distancia predeterminada que depende del movimiento del personal de mantenimiento, de la naturaleza de los trabajos a efectuar, y de los requerimientos de circulación y acceso. Por ejemplo, en sentido vertical, esta distancia está fijada por la altura a que la mano de una persona llega con su brazo extendido hacia arriba.
2. La distancia eléctrica no disruptiva, que garantiza la prevención de cualquier riesgo de descarga en las condiciones menos favorables. Esta distancia está establecida por las normas legales de Higiene y Seguridad en el Trabajo.

Se pueden expresar a las distancias eléctricas mínimas de seguridad con las siguientes expresiones:

$$dh = df - t + 0.90 \text{ m}$$

$$dv = df - t + 2.25 \text{ m}$$

Donde:

$dh$  = distancia horizontal en metros que debe respetarse en todas las zonas de circulación.

$dv$  = distancia vertical en metros que debe respetarse en todas las zonas de circulación y como mínimo ser 3.05 m.

$df - t$  = distancia mínima correspondiente al valor fijado por el Decreto 911/96, reglamentario de la ley N° 19587 de Higiene y Seguridad.

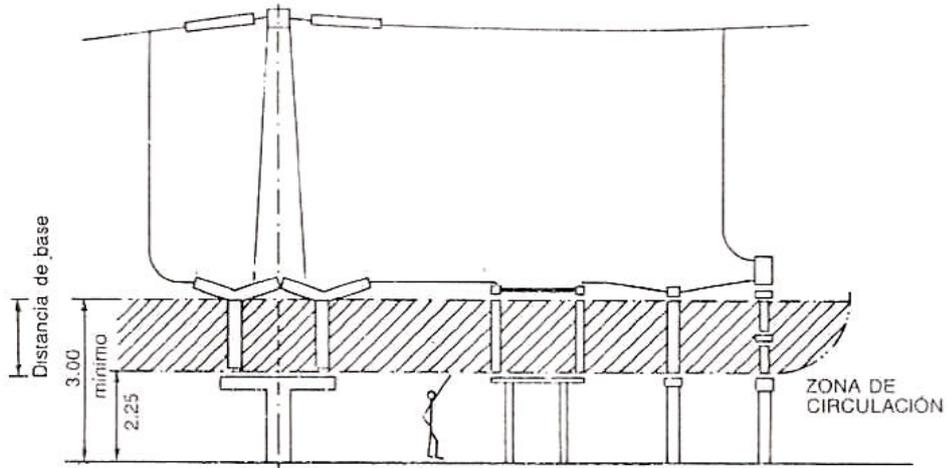
En la distancia vertical se establece como altura los 2.25 m que corresponde a un operario promedio con los brazos levantados. La distancia vertical del piso hasta el borde del aislador más cercano no deberá ser menor a este valor ya que se considera que dicho borde está sujeto a tensión y las partes vivas no deben estar a menos de 3.05 m del nivel del suelo.

Según el Decreto n° 911/96, reglamentario de la ley N° 19587 de higiene y seguridad en el trabajo, para nivel de tensión entre 1 kV y 33 kV la distancia correspondiente mínima base es de 0,80 m, por lo cual las distancias de seguridad adoptadas son:

$$dh = 0.80 \text{ m} + 0.90 \text{ m} = 1.70 \text{ m}$$

$$dv = 0.80 \text{ m} + 2.25 \text{ m} = 3.05 \text{ m}$$

En la AEA 95401 se establece que el uso de barreras en media tensión solo es necesario en caso de que no se verifique la distancia de altura mínima. Dicho esto se dispone toda la subestación respetando la altura mínima de 3.05 m.



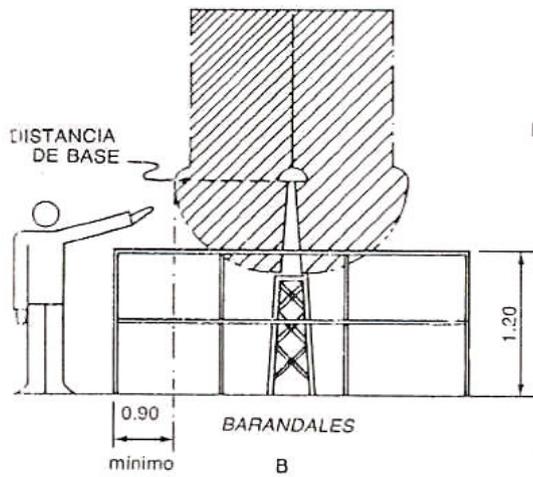
ZONAS DE CIRCULACIÓN

A

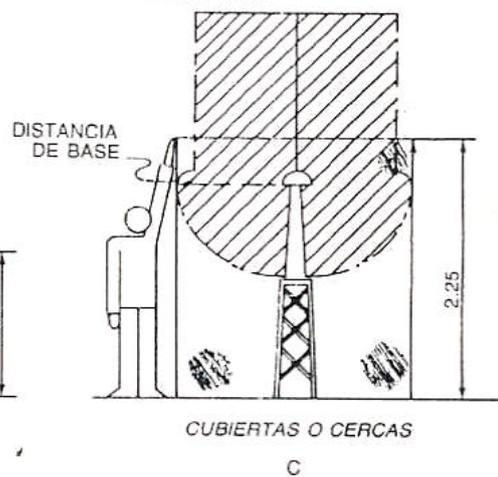
$ALTURA MÍNIMA = VALOR BÁSICO + 2.25 \text{ m}$   
 $DIST. HORIZONTAL MÍNIMA = VALOR BÁSICO + 0.90 \text{ m}$

 VALOR BÁSICO  
 ZONA DE SEGURIDAD

ACOT. EN M



B



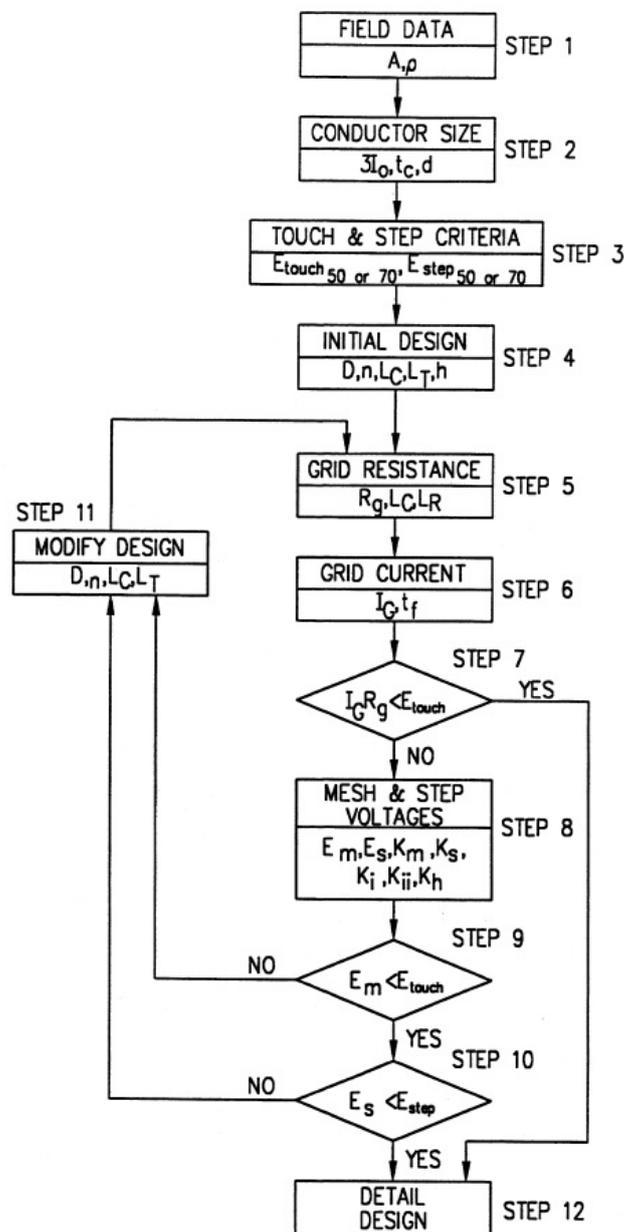
C

### 7.5 Cálculo de puesta a tierra

De acuerdo con la norma AEA 95401 "Reglamentación sobre centros de transformación y suministro en media tensión", en los centros de transformación MT/MT de instalación exterior a nivel, cuyo nivel de tensión mayor es superior a 20 kV, resulta siempre necesario que se diseñe una malla de tierra enterrada, aconsejándose para su diseño la norma ANSI/IEEE Std. 80.

La puesta a tierra del centro de estrella de un transformador MT/MT debe construirse en forma unificada con la puesta a tierra de protección correspondiente (AEA 95401.8.3.6.2).

#### Diagrama de bloques del procedimiento de diseño por norma ANSI/IEEE Std. 80



### Datos

$I_f := 2.63 \text{ kA}$	corriente rms de falla a tierra en barra de 33 kV
$X := 22.429 \ \Omega$	reactancia de $(Z_{1B5} + Z_{2B5} + Z_{0B5})$
$R := 8.286 \ \Omega$	resistencia de $(Z_{1B5} + Z_{2B5} + Z_{0B5})$
$\rho := 100 \ \Omega \cdot m$	resistividad del suelo
$\rho_s := 3500 \ \Omega \cdot m$	resistividad de la capa superficial de roca húmeda
$h_s := 0.1 \text{ m}$	espesor de la capa superficial de roca
$h := 0.8 \text{ m}$	profundidad de la malla

### Paso 1: Datos del terreno

El terreno de la subestación delimitado por el cerco perimetral es de 10 m x 10 m. La malla de puesta a tierra debe sobrepasar los límites del cerco perimetral para poder verificar la tensión de paso y de contacto admisible fuera del cerco, de modo que la malla será de 12 m x 12 m.

### Paso 2: Dimensionamiento de conductores

Por resistencia mecánica y estabilidad contra la corrosión, los conductores de tierra de acero-cobre no deben tener una sección inferior a 35 mm<sup>2</sup> y las jabalinas de acero-cobre deben tener un diámetro mínimo de 12.6 mm (AEA 95401.8.3.3).

De Tabla 1 (ANSI/IEEE Std. 80) se elige conductores de acero-cobre de 40 % de conductividad de las siguientes características:

$\alpha_r := 0.00378$	coeficiente térmico de resistividad a temperatura de referencia en 1/°C
$\alpha_0 := 0.00408$	coeficiente térmico de resistividad a 0 °C en 1/°C
$K_0 := 245$	$1/\alpha_0$ en °C
$T_m := 1084$	temperatura máxima admisible en °C
$\rho_r := 4.4$	coeficiente de resistividad en $\mu\Omega \cdot cm$
$TCAP := 3.85$	capacidad térmica por unidad de volumen en J/°C*cm <sup>3</sup>

Table 1 – Material constants

Description	Material conductivity (%)	$\alpha_r$ factor at 20 °C (1/°C)	$K_0$ at 0 °C (0 °C)	Fusing <sup>a</sup> temperature $T_m$ (°C)	$\rho_r$ 20 °C ( $\mu\Omega \cdot \text{cm}$ )	TCAP thermal capacity [J/(cm <sup>3</sup> ·°C)]
Copper, annealed soft-drawn	100.0	0.003 93	234	1083	1.72	3.42
Copper, commercial hard-drawn	97.0	0.003 81	242	1084	1.78	3.42
Copper-clad steel wire	40.0	0.003 78	245	1084	4.40	3.85
Copper-clad steel wire	30.0	0.003 78	245	1084	5.86	3.85
Copper-clad steel rod <sup>b</sup>	20.0	0.003 78	245	1084	8.62	3.85
Aluminum, EC grade	61.0	0.004 03	228	657	2.86	2.56
Aluminum, 5005 alloy	53.5	0.003 53	263	652	3.22	2.60
Aluminum, 6201 alloy	52.5	0.003 47	268	654	3.28	2.60
Aluminum-clad steel wire	20.3	0.003 60	258	657	8.48	3.58
Steel, 1020	10.8	0.001 60	605	1510	15.90	3.28
Stainless-clad steel rod <sup>c</sup>	9.8	0.001 60	605	1400	17.50	4.44
Zinc-coated steel rod	8.6	0.003 20	293	419	20.10	3.93
Stainless steel, 304	2.4	0.001 30	749	1400	72.00	4.03

La sección mínima de los conductores para evitar su fusión la determina la fórmula de J. G. Sverak.

$t_c := 1$  tiempo de circulación de la corriente en s

$T_a := 40$  temperatura ambiente en °C

$I := 2.63$  valor eficaz de falla a tierra en kA

$$A_{mm2} := I \cdot \frac{1}{\sqrt{\frac{TCAP \cdot 10^{-4}}{t_c \cdot \alpha_r \cdot \rho_r} \cdot \ln\left(\frac{K_0 + T_m}{K_0 + T_a}\right)}} = 13.93 \quad \text{fórmula de Sverak}$$

Se adopta conductores de malla de acero-cobre de sección:

$$A_c := 50 \text{ mm}^2$$

El diámetro de los conductores de malla es:  $d := \sqrt{\frac{A_c \cdot 4}{\pi}} = 7.98 \text{ mm}$

Se adopta jabalinas de acero-cobre de diámetro:

$$d_j := 12.6 \text{ mm}$$

### Paso 3: Cálculo de tensiones de paso y de contacto máximas

La duración del shock es  $t_s := 1$  segundos.

Los estudios de C. F. Dalziel indican que el 99,5% de las personas pueden soportar de forma segura, sin fibrilación ventricular, el paso de una corriente con magnitud (A) y duración (s) definida por las siguientes fórmulas (válidas para una duración del shock entre 0.03 y 3 s):

$$I_{B50} := \frac{0.116}{\sqrt{t_s}} \cdot 1 \text{ A} \quad \text{para una persona de 50 kg de peso}$$

$$I_{B70} := \frac{0.157}{\sqrt{t_s}} \cdot 1 \text{ A} \quad \text{para una persona de 70 kg de peso}$$

Consideramos que el peso promedio de una persona adulta que tiene acceso a la subestación es de 70 kg.

La fórmula de P. G. Laurent calcula la resistencia de tierra de un pie ignorando la presencia de la malla de puesta a tierra. El pie humano se representa como un disco conductor metálico de radio b (en metros) y la resistencia de contacto de los zapatos se desprecia.

$$R_f = \frac{\rho}{4 \cdot b} \quad \text{fórmula de Laurent}$$

La fórmula de Laurent supone uniforme la resistividad del suelo. Como suele introducirse una capa superficial de material de alta resistividad para aumentar la resistencia de contacto entre el suelo y los pies de las personas, la fórmula debe afectarse por un factor de reducción.

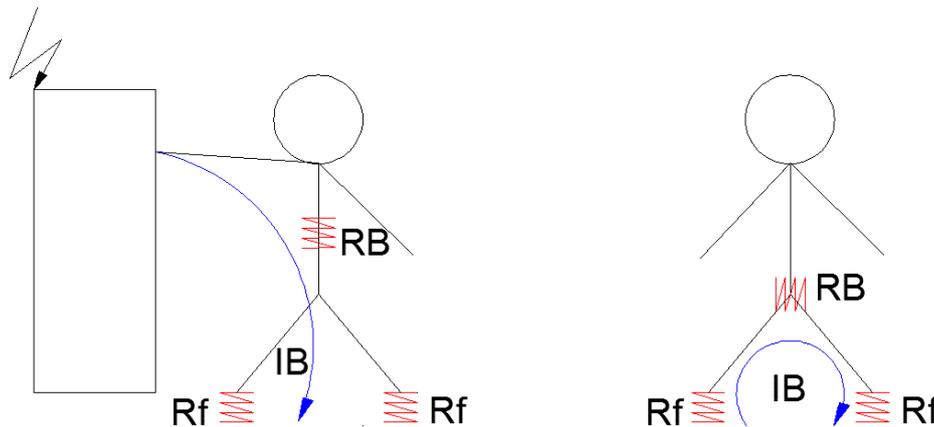
$$C_s := 1 - \frac{0.09 \cdot \left(1 - \frac{\rho}{\rho_s}\right)}{2 \cdot \left(\frac{h_s}{1 \text{ m}}\right) + 0.09} = 0.699 \quad \text{factor de reducción}$$

Considerando  $b := 0.08 \text{ m}$ , la resistencia de un pie vale:

$$R_f := \frac{\rho_s}{4 \cdot b} \cdot C_s = 7640 \ \Omega$$

La resistencia del cuerpo humano para cualquier esquema de accidente está normalizada en  $R_B := 1000 \ \Omega$ .

Los circuitos de los accidentes son:



Las tensión de contacto admisible para una persona de 70 kg vale:

$$E_{touch70} := \left( R_B + \frac{R_f \cdot R_f}{R_f + R_f} \right) \cdot I_{B70}$$

$$E_{touch70} = 757 \text{ V}$$

Las tensión de paso admisible para una persona de 70 kg vale:

$$E_{step70} := (R_B + 2 \cdot R_f) \cdot I_{B70}$$

$$E_{step70} = 2556 \text{ V}$$

#### Paso 4: Diseño de la malla

$$A_m := 12 \text{ m} \quad \text{ancho de la malla}$$

$$L_m := 12 \text{ m} \quad \text{largo de la malla}$$

$$A := A_m \cdot L_m = 144 \text{ m}^2 \quad \text{área de la malla}$$

$$h = 0.8 \text{ m} \quad \text{profundidad de la malla}$$

$$D := 2 \text{ m} \quad \text{distancia entre conductores de malla}$$

$$N_{cL} := \frac{A_m}{D} + 1 = 7 \quad \text{número de conductores de longitud } L_m$$

$$N_{cA} := \frac{L_m}{D} + 1 = 7 \quad \text{número de conductores de longitud } A_m$$

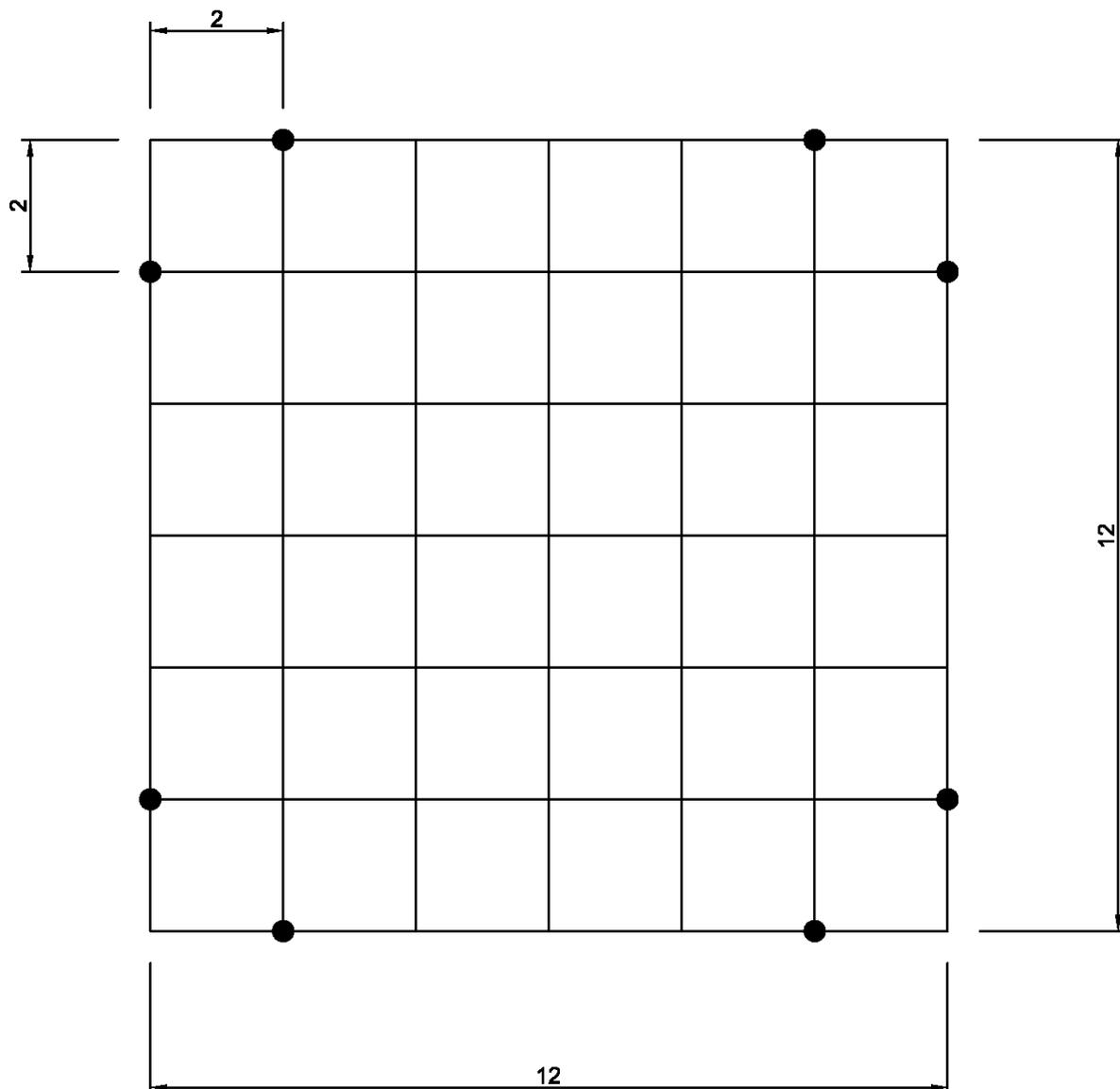
$$L_C := N_{cL} \cdot L_m + N_{cA} \cdot A_m = 168 \text{ m} \quad \text{longitud total de conductores de malla}$$

$$n_R := 8 \quad \text{número de jabalinas}$$

$$L_r := 3.5 \text{ m} \quad \text{longitud de cada jabalina}$$

$$L_R := n_R \cdot L_r = 28 \text{ m} \quad \text{longitud total de jabalinas}$$

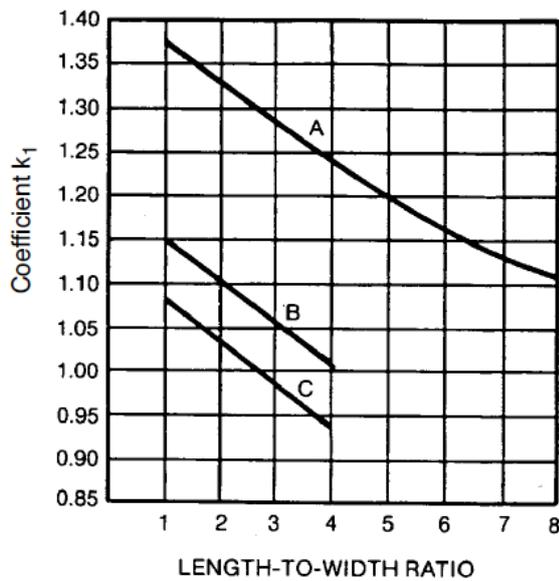
$$L_p := 2 \cdot A_m + 2 \cdot L_m = 48 \text{ m} \quad \text{longitud periférica de la malla}$$



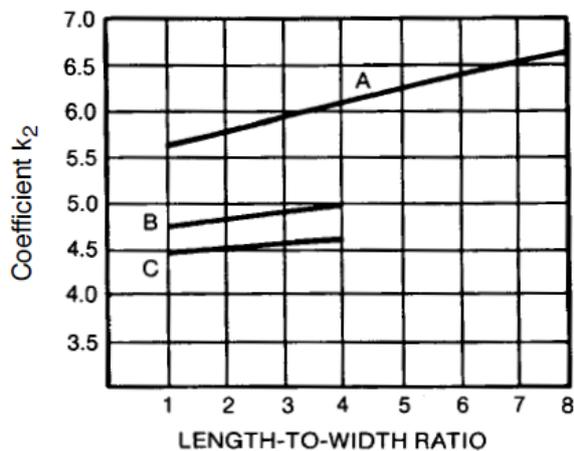
Paso 5: Cálculo de la resistencia de malla

La resistencia de puesta a tierra de servicio y protección de un centro de transformación de MT no debe ser mayor a 5 Ohm (AEA 95401.8.5.1).

La resistencia de puesta a tierra puede calcularse con las fórmulas de S. J. Schwarz.



CURVE A — FOR DEPTH  $h = 0$   
 $\gamma_A = -0.04x + 1.41$   
 CURVE B — FOR DEPTH  $h = 1/10 \sqrt{\text{AREA}}$   
 $\gamma_B = -0.05x + 1.20$   
 CURVE C — FOR DEPTH  $h = 1/6 \sqrt{\text{AREA}}$   
 $\gamma_C = -0.05x + 1.13$



CURVE A — FOR DEPTH  $h = 0$   
 $\gamma_A = 0.15x + 5.50$   
 CURVE B — FOR DEPTH  $h = 1/10 \sqrt{\text{AREA}}$   
 $\gamma_B = 0.10x + 4.68$   
 CURVE C — FOR DEPTH  $h = 1/6 \sqrt{\text{AREA}}$   
 $\gamma_C = -0.05x + 4.40$

Los coeficientes de Schwarz para curva B valen:

$$K_1 := -0.05 \cdot \frac{L_m}{A_m} + 1.2 = 1.15$$

$$K_2 := 0.1 \cdot \frac{L_m}{A_m} + 4.68 = 4.78$$

La resistencia de la malla de puesta a tierra es:

$$R_1 := \frac{\rho}{\pi \cdot L_C} \cdot \left( \ln \left( \frac{2 \cdot L_C}{\sqrt{d \cdot h}} \right) + \frac{K_1 \cdot L_C}{\sqrt{A}} - K_2 \right) = 3.726 \ \Omega$$

La resistencia de tierra de jabalinas es:

$$R_2 := \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot n_R \cdot L_R} \cdot \left( \ln \left( \frac{8 \cdot L_R}{d_j} \right) - 1 + \frac{2 \cdot K_1 \cdot L_r}{\sqrt{A}} \cdot (\sqrt{n_R} - 1)^2 \right) = 0.784 \ \Omega$$

La resistencia de tierra mutua entre la malla y las jabalinas es:

$$R_m := \frac{\rho}{\pi \cdot L_C} \cdot \left( \ln \left( \frac{2 \cdot L_C}{L_r} \right) + \frac{K_1 \cdot L_C}{\sqrt{A}} - K_2 + 1 \right) = 3.199 \ \Omega$$

La resistencia de tierra total de puesta a tierra es:

$$R_g := \frac{R_1 \cdot R_2 - R_m^2}{R_1 + R_2 - 2 \cdot R_m} \quad R_g = 3.873 \ \Omega$$

### Paso 6: Cálculo de la máxima corriente de malla

El factor de división de corriente de falla  $S_f$  es la relación entre la porción de la corriente de falla que circula entre la malla de puesta a tierra y el terreno circundante, y la corriente de falla. A falta de cálculos precisos se considera  $S_f := 1$

La corriente eficaz simétrica que se deriva hacia la red de puesta a tierra es:

$$I_g := S_f \cdot I_f = 2630 \ \text{A}$$

La duración de la corriente de falla es  $t_f := 1$  segundos.

La constante de tiempo de la componente continua de la corriente es:

$$T_a := \frac{X}{2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot R} = 0.00862$$

La relación X/R indica el grado de decaimiento de la onda real de corriente respecto a la onda de corriente simétrica.

El factor de decremento tiene en cuenta el efecto de la componente continua de la corriente de falla a tierra y se define:

$$D_f := \sqrt{1 + \frac{T_a}{t_f} \cdot \left( 1 - e^{-\frac{2 \cdot t_f}{T_a}} \right)} = 1.0043$$

La corriente de malla máxima se define:

$$I_G := D_f \cdot I_g \quad I_G = 2641 \ \text{A}$$

Paso 7:

if  $I_G \cdot R_g < E_{touch70}$  = “No verifica”  
 || “verifica”  
 else  
 || “No verifica”

Paso 8: Cálculo de tensiones de paso y de contacto

Cálculo de factores

$$n_a := \frac{2 \cdot L_C}{L_p} = 7$$

$$n_b := \sqrt{\frac{L_p}{4 \cdot \sqrt{A}}} = 1$$

$n_c := 1$       vale 1 para malla cuadrada o rectangular

$n_d := 1$       vale 1 para malla cuadrada o rectangular

El factor de geometría es:

$$n := n_a \cdot n_b \cdot n_c \cdot n_d = 7$$

El factor de corrección que tiene en cuenta los efectos de los conductores internos en las esquinas de la malla es:

$K_{ii} := 1$       vale 1 para mallas con jabalinas en el perímetro o en las esquinas

El factor de corrección que resalta los efectos de la profundidad de la malla es:

$$K_h := \sqrt{1 + \frac{h}{1 \text{ m}}} = 1.342$$

El factor geométrico es:

$$K_m := \left| \frac{1}{2 \cdot \pi} \cdot \left( \ln \left( \frac{D^2}{16 \cdot h \cdot d} + \frac{(D + 2 \cdot h)^2}{8 \cdot D \cdot h} - \frac{h}{4 \cdot d} \right) + \frac{K_{ii}}{K_h} \cdot \ln \left( \frac{8}{\pi \cdot (2 \cdot n - 1)} \right) \right) \right| = 0.239$$

El factor de irregularidad es:

$$K_i := 0.644 + 0.148 \cdot n = 1.68$$

La tensión de malla se define:

$$E_m := \frac{\rho \cdot I_G \cdot K_m \cdot K_i}{L_C + L_R} \quad E_m = 541 \text{ V}$$

El factor de espacio para tensión de paso es:

$$K_S := \frac{1}{\pi} \cdot \left( \frac{1}{2 \cdot h} + \frac{1}{D+h} + \frac{1}{D} \cdot (1 - 0.5^{n-2}) \right) \cdot 1 \text{ m} = 0.467$$

La longitud efectiva de malla en metros es:

$$L_S := 0.75 \cdot L_C + 0.85 \cdot L_R = 149.8 \text{ m}$$

La tensión de paso se define:

$$E_S := \frac{\rho \cdot K_S \cdot K_i \cdot I_G}{L_S} \quad E_S = 1383 \text{ V}$$

Paso 9:

```

if  $E_m < E_{touch70}$  | = "verifica"
  || "verifica"
else
  || "No verifica"

```

Paso 10:

```

if  $E_S < E_{step70}$  | = "verifica"
  || "verifica"
else
  || "No verifica"

```

Paso 11: No necesario

Paso 12: "Diseño correcto"

## 7.6 Interruptores

Para la selección de los interruptores se hace necesario contar con los cálculos de las corrientes de cortocircuito así como los valores de potencia y tensión nominal de la subestación, una vez establecidas las características de corte y funcionamiento se debe elegir el tipo de interruptor es decir el medio de extinción de arco que utilizan y su mecanismo.

Los interruptores deben ser capaces de abrir las siguientes corrientes:

- De cortocircuito por falla, en cualquier lugar e instante en que ocurra.
- Nominales de operación en carga.
- De magnetización de los transformadores y reactores.
- De las líneas en vacío al ser energizadas.
- Las capacitivas de los bancos de capacitores.

### Especificaciones técnicas

El equipamiento estará caracterizado por los siguientes valores definidos según la norma IEC 60694:

1. Tensión Nominal.
2. Nivel de Aislación.
3. Frecuencia Nominal.
4. Corriente Nominal.
5. Corriente Resistida de Corta Duración.
6. Corriente Pico Resistida.
7. Corriente Nominal de Apertura en Cortocircuito.
8. Duración de Cortocircuito.
9. Tensión Nominal de Bobinas de Operación y Auxiliares.
10. Frecuencia Nominal de Bobinas de Operación y Auxiliares.

En lo que respecta a características generales y ensayos, deberán responder a la norma IEC-62271-100.

El aceite aislante para los equipos que utilizan este medio de aislamiento, deberá cumplir con la norma IEC 296. Con el objetivo de preservar el medio ambiente el aceite aislante empleado no deberá contener PCB (contenido < 2 p.p.m.)

Los interruptores deberán ser capaces de cerrar, conducir e interrumpir los niveles nominales de corrientes en condiciones normales de operación del sistema. Asimismo, deberán cerrar, conducir durante un tiempo especificado e interrumpir los niveles de corrientes especificadas bajo condiciones anormales.

### Tensión nominal

Para la tensión nominal la norma especifica los siguientes valores:

Series I 3,6 kV – 7,2 kV – 12 kV – 17,5 kV – 24 kV – 36 kV – 52 kV – 72,5 kV – 100 kV – 123 kV – 145 kV – 170 kV – 245 kV.

Series II (based on the current practice in North America): 4,76 kV – 8,25 kV – 15 kV – 25,8 kV – 38 kV – 48,3 kV – 72,5 kV.

Adoptamos:

$V_n = 38 \text{ kV}$  (para el lado de 33 kV)

$V_n = 15 \text{ kV}$  (para el lado de 13,2 kV)

### Nivel de aislación

Según el nivel de tensión se establece un nivel de aislación para las sobretensiones de maniobra (SIL) y las atmosféricas (BIL)

Rated voltage $U_r$ kV (r.m.s. value)	Rated short-duration power-frequency withstand voltage $U_d$ kV (r.m.s. value)				Rated lightning impulse withstand voltage $U_p$ kV (peak value)	
	Common value		Across the isolating distance		Common value	Across isolating distance
	Dry	Wet**	Dry	Wet**		
(1)	(2)	(2 a)	(3)	(3 a)	(4)	(5)
4,76	19	–	21	–	60	70
8,25	26	24	29	27	75	80
	35	30	39	33	95	105
15	35	30	39	33	95	105
	50	45	55	50	110	125
25,8	50	45	55	50	125	140
	70	60	77	66	150	165
38	70	60	77	66	150	165
	95	80	105	88	200	220
48,3	120	100	132	110	250	275
72,5	160	140	176	154	350	385

\* For rated voltages higher than 72,5 kV up to and including 245 kV, the values of table 1a are applicable.  
 \*\* Wet values are a 10 s withstand for equipment used outdoors. See 9.2 of IEC 60060-1.

Para la tensión de 38 kV nominal se define

$SIL = 95 \text{ kV}$

$BIL = 200 \text{ kV}$

Para la tensión de 15 kV nominal se define

$SIL = 50 \text{ kV}$

$BIL = 110 \text{ kV}$

### Frecuencia nominal

$F = 50 \text{ Hz}$

### Corriente nominal

El valor eficaz de la corriente admisible nominal del interruptor está relacionado por la potencia nominal del transformador mediante:

Para el lado de 33 kV:

$$I_n = \frac{S_n}{\sqrt{3} * V_n} = \frac{5000 \text{ kVA}}{\sqrt{3} * 33 \text{ kV}} = 87,5 \text{ A}$$

El interruptor de 38 kV soporta 800 A

Para el lado de 13.2 kV:

$$I_n = \frac{S_n}{\sqrt{3} * V_n} = \frac{5000 \text{ kVA}}{\sqrt{3} * 13,2 \text{ kV}} = 218,7 \text{ A}$$

El interruptor de 15 kV soporta 630 A

### Corriente Resistida de Corta Duración

Es el valor eficaz de la corriente que el interruptor puede conducir sin deteriorarse sus materiales y queda establecido para la norma, también llamada capacidad de Corriente Térmica  $I_{th}$ .

La norma IEC 60694 indica que los valores son 1 – 1,25 – 1,6 – 2 – 2,5 – 3,15 – 4 – 5 – 6,3 – 8 multiplicados por  $10^n$ . Mientras que para la norma ANSI los valores son 8 – 10 – 12,5 – 16 – 20 – 25 – 31,5 – 40 – 50 – 63 – 80 – 100 kA eficaz.

Para nuestro caso la mayor corriente de cortocircuito simétrica eficaz es:

$$I_{th} = 2,73 \text{ kA (para el lado de 33 kV)}$$

$$I_{th} = 1,59 \text{ kA (para el lado de 13,2 kV)}$$

Estos valores fueron obtenidos de la simulación en Digsilent PowerFactory considerando los seccionadores 69 y ruta 015 cerrados, es decir el peor caso.

### Corriente de pico resistida

Es el máximo valor de corriente resistida por el interruptor estando cerrado y se define como 2,5 veces la corriente resistida de corta duración en el caso de frecuencias de 50 Hz o 2,6 veces para frecuencias de 60 Hz.

Para nuestro caso, la proporcionada por el fabricante debe ser mayor que:

$$I_p = 2,5 * I_{th} = 6,82 \text{ kA (para el lado de 33 kV)}$$

$$I_p = 2,5 * I_{th} = 3,97 \text{ kA (para el lado de 13,2 kV)}$$

### Corriente nominal de apertura en cortocircuito

La corriente nominal de apertura en cortocircuito es la máxima corriente de cortocircuito que el interruptor debe ser capaz de interrumpir bajo condiciones de uso y el comportamiento prescripto por la norma.

Deben considerarse cortocircuitos trifásicos, bifásicos y monofásicos. Los mayores valores son:

$$I_{cc3} = 2,71 \text{ kA (lado de 33 kV)}$$

$$I_{ch3} = 5,066 \text{ kA (lado de 33 kV)}$$

$$I_{cc3} = 1,556 \text{ kA (lado de 13,2 kV)}$$

$$I_{ch3} = 3,919 \text{ kA (lado de 13,2 kV)}$$

Los valores tolerados por los interruptores son:

$$I_{cc3} = 16 \text{ kA (interruptor de 38 kV)}$$

$$I_{ch3} = 40 \text{ kA (interruptor de 38 kV)}$$

$$I_{cc3} = 12,5 \text{ kA (interruptor de 15 kV)}$$

$$I_{ch3} = 31,5 \text{ kA (interruptor de 15 kV)}$$

### Duración del cortocircuito

Es el tiempo que es capaz de soportar la corriente de cortocircuito de corta duración con los contactos cerrados, este valor suele ser 1 s o 3 s y es especificado por el fabricante.

### Tensión Nominal de Bobinas de Operación y Auxiliares

Corresponde a la tensión de accionamiento de las bobinas de comando, los valores normalizados se encuentran en las siguientes tablas.

Table 14 – Direct current voltage

$U_a$ V
24
48*
60
110* or 125
220 or 250

Table 15 – Alternating current voltage

Three-phase, three-wire or four-wire systems V	Single-phase, three-wire systems V	Single-phase, two-wire systems V
–	120/240	120
120/208	–	120
(220/380)	–	(220)
230/400*	–	230*
(240/415)	–	(240)
277/480	–	277
347/600	–	347

NOTE 1 The lower values in the first column of this table are voltages to neutral and the higher values are voltages between phases. The lower value in the second column is the voltage to neutral and the higher value is the voltage between lines.

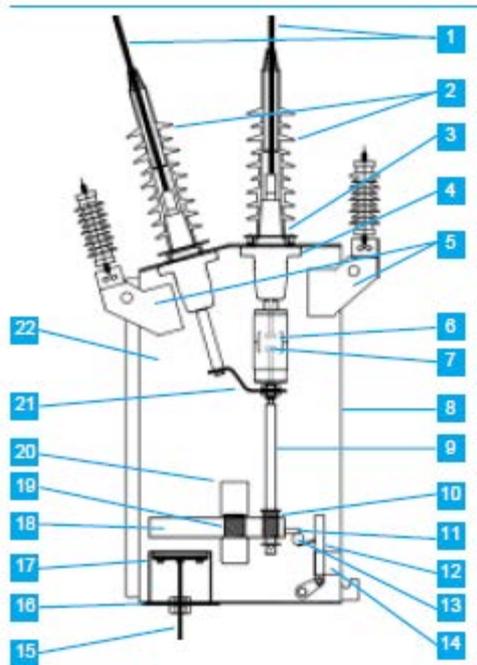
NOTE 2 The value 230/400 V indicated in this table should be, in the future, the only IEC standard voltage and its adoption is recommended in new systems. The voltage variations of existing systems at 220/380 V and 240/415 V should be brought within the range 230/400 V ± 10 %. The reduction of this range will be considered at a later stage of standardization.

## Interruptor reconectador seleccionado

Merlin Gerin N-Series ACR reconectador trifásico automático aislado en SF6

Especificaciones	12/15kV 12,5kA	38kV 16kA
Tensión Máxima del Sistema.....	12/15,5kV	38kV
Corriente Nominal.....	630A	800A
Poder de Cierre sobre Falla (Vef).....	12,5kA	16kA
Poder de Cierre sobre Falla (Pico).....	31,5kA	40kA
Tiempo de Operación.....	0,1 / 0,05s	0,1 / 0,05s
(Cierre/Apertura)		
Operaciones Mecánicas.....	10.000	10.000
Operaciones a Plena Carga.....	10.000	10.000
Corriente de Corta Duración.....	12,5kA	16kA
(1 y 3 seg. Vef)		
<b>Capacidad de Interrupción</b>		
Principalmente Activa.....	630A	800A
(factor de potencia 0,7)		
Interrupción de Falla.....	12,5kA	16kA
Carga en la Línea.....	25A	40A
Magnetización del Transformador.....	22A	22A
Corriente Capacitiva.....	250A	
<b>Nivel de Aislación al Impulso</b>		
Fase a Tierra.....	110kV	170kV
A Través del Interruptor.....	110kV	170kV
En Pérdida de Gas SF6.....	60kV	70kV
<b>Nivel de Aislación a Frecuencia Industrial</b>		
Fase a Tierra.....	50kV	70kV
A Través del Interruptor.....	50kV	70kV
<b>Ambiental</b>		
Temperatura Ambiente <sup>(1)</sup> .....	-30 a 50°C	-30 a 50°C
Radiación (Max).....	1,1kW/m <sup>2</sup>	1,1kW/m <sup>2</sup>
Humedad.....	0 a 100%	0 a 100%
Altitud (Max) <sup>(2)</sup> .....	3.000m	3.000m





Corte Lateral del Interruptor

**Leyenda**

- |  |  |
|--|--|
| 1. Tramos de cable aislado                                 | 11. Traba                              |
| 2. Capuchón polimérico de los bushings                     | 12. Armadura de la barra de apertura   |
| 3. Bushings DIN 47 636                                     | 13. Barra de apertura                  |
| 4. Transformador de corriente                              | 14. Bobina de apertura                 |
| 5. Descargadores de sobretensiones (opcionales) y soportes | 15. Cable al gabinete de control       |
| 6. Interruptor de vacío                                    | 16. Cubierta de la entrada del cable   |
| 7. Contactos   | 17. Módulo de Entrada del Cable (SCEM) |
| 8. Tanque de acero Inox.                                   | 18. Placa del mecanismo                |
| 9. Barra de los contactos                                  | 19. Resorte de apertura                |
| 10. Resorte de los contactos                               | 20. Solenoide de cierre                |
|  | 21. Conexión flexible                  |
|  | 22. Tanque lleno de gas                |



## 7.7 Transformadores de medida

### Requisitos del Ente regulador

El Ente Provincial Regulador de la Energía (EPRE) establece la calidad del producto en función de las perturbaciones y los niveles de tensión, a fin de controlar dicha calidad se debe contar con los equipamientos de medida en estaciones transformadoras y algunos puntos de suministro en baja tensión.

Según lo establecido por el EPRE:

“LA DISTRIBUIDORA está obligada a implementar un registro ininterrumpido y simultáneo de tensión y potencia a ser procesado informáticamente, en puntos de la red que se detallan seguidamente y de conformidad con lo que establezca el ENTE respecto de la ubicación de dichos puntos en los casos de muestreos parciales:

Subetapa 1.2 :

- En la totalidad de las barras de 132 kV de las estaciones transformadoras en forma permanente (para EDEER SA).
- En la totalidad de las barras de salida de las estaciones transformadoras de 132/MT, en forma permanente (para EDEER SA).
- En la totalidad de las barras de salida de las estaciones transformadoras de subtransmisión (33 kV / 13.2 kV), en forma permanente.
- En la totalidad de los puntos de venta de energía a los distribuidores cooperativos.
- En las barras de salida de por lo menos el 5% de los centros de transformación (13.2 kV / BT), durante un período no inferior a siete (7) días corridos.
- En hasta sesenta (60) puntos de la red (para EDEER SA) seleccionados por el ENTE por período no inferior a siete (7) días corridos.”

Por lo tanto se hace necesaria la medición de la salida en 13,2 kV

Además de ser necesaria por el control de producto del EPRE, la medición sirve también para el accionamiento de los relés de protección.

### Clase de medición

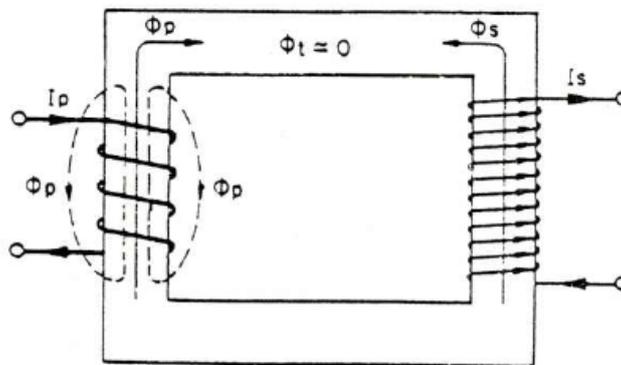
La clase de medición hace referencia al error del instrumento, para medidas de control de calidad la clase puede ser de 0.2, 0.5 o 1, haciendo referencia a 0.2%, 0.5% y 1% respectivamente. Para el accionamiento de relés de protección se utilizan 5P y 10P que tienen errores de 1% y 3% respectivamente.

Los reconectores Nulec de uso muy común en la zona cuentan con medición de protección por lo cual se hace necesario agregar transformadores de tensión e intensidad adicionales de mejor clase.

## Operación

### Transformadores de Intensidad

Los transformadores de intensidad siempre deberán funcionar con el secundario en cortocircuito esto se debe a que si en el secundario no circula corriente no se produce una fuerza magnetomotriz (ampere-vuelta) que limite el flujo generado en el primario.



Consiguientemente se produce una saturación excesiva del núcleo y dicho flujo ocasiona los siguientes efectos:

- a) Induce en el arrollamiento secundario tensiones elevadas que pueden resultar peligrosas para las personas y aparatos (desde 50 a 1000 V según el tipo de transformador).
- b) Provoca un fuerte calentamiento en el núcleo, pudiendo llegar hasta la destrucción del transformador.
- c) Queda una magnetización remanente en el hierro la cual, en el caso de que no se llegue a destruir el transformador, provocará grandes errores de medida.

### Transformadores de tensión

Por otro lado los transformadores de tensión nunca serán empleados con el secundario en cortocircuito debido a las corrientes elevadas que se producirían en tal caso.

## **Normativa y especificaciones**

### Transformadores de Intensidad

Los transformadores de corriente deberán ser especificados sobre la base de la corriente primaria y la clase de precisión. Podrán ser de relación múltiple para adecuarse a modificaciones futuras de la estación.

Deberán cumplir las prescripciones de la norma IEC 60185. La clase de los transformadores de medida estará fijada por el uso: medición convencional (clase 0.5), medición según la especificación CAMMESA (clase 0,2) y protecciones con clase 5P.

Los transformadores de corriente deberán satisfacer los requisitos de compatibilidad electromagnética, verificándose por medio de mediciones de RIV y de tensiones transitorias transferidas, según las últimas prescripciones de la norma IEC 60044-1 (Amendment, en trámite de publicación).

Podrán ser los convencionales de núcleo toroidal en baño de aceite con aislador de porcelana o los que poseen sensores de medición de tipo pasivo o activo y transmisión de la señal mediante una fibra óptica.

Deben ser dimensionados teniendo en cuenta la totalidad de la carga de instrumentos y relés que se les conectan en el secundario.

El factor de sobrecorriente deberá estar relacionado con el uso que tiene asignado cada núcleo. En el de medición debe ser lo más reducido posible para proteger a los elementos conectados (5 a 10). El valor nominal de la carga del circuito de medición deberá ser el inmediato superior al valor de cálculo. De esa manera se asegura la protección de los instrumentos.

El factor de sobrecorriente en los núcleos de protección debe ser alto para mantener bajo el error en el rango de corrientes de cortocircuito (6 u 8 veces la corriente nominal).

Por razones de seguridad de operación, deberá especificarse que los transformadores de corriente aseguren la condición de resistir las sobrepresiones originadas por un eventual arco interno sin que se fracture la cerámica del depósito.

### Transformadores de tensión

Los transformadores de tensión pueden ser inductivos o capacitivos en baño de aceite con aislador de porcelana.

En los rangos de extra alta tensión son utilizados exclusivamente los transformadores de tensión tipo capacitivo.

Podrán utilizarse también los de tipo no convencional, con sensores de medición de tipo pasivo o activo y transmisión de la señal mediante una fibra óptica.

Los transformadores del tipo inductivo deberán responder a la norma IEC 60044-2.

Para los transformadores del tipo capacitivo, de momento, deberá cumplirse con lo prescrito en las normas IEC 60186 e IEC 358 " Coupling Capacitors and Capacitor Dividers". En el futuro luego de su edición, deberá cumplirse con la norma específica IEC 60044-5.

Los transformadores de tensión deberán satisfacer los requisitos de compatibilidad electromagnética, verificándose por medio de mediciones de RIV y de tensiones transitorias transferidas, según las últimas prescripciones de la norma IEC 60044-2 (Amendment, en trámite de publicación).

## Elección del instrumento

### Transformador de intensidad

1. **Corriente nominal primaria y secundaria:** se selecciona el valor normalizado inmediato superior al correspondiente a la instalación, la corriente nominal primaria es de 70 A, como secundaria se elige 5 A.

$$I_{np} > 70A$$

$$I_{ns} = 5A$$

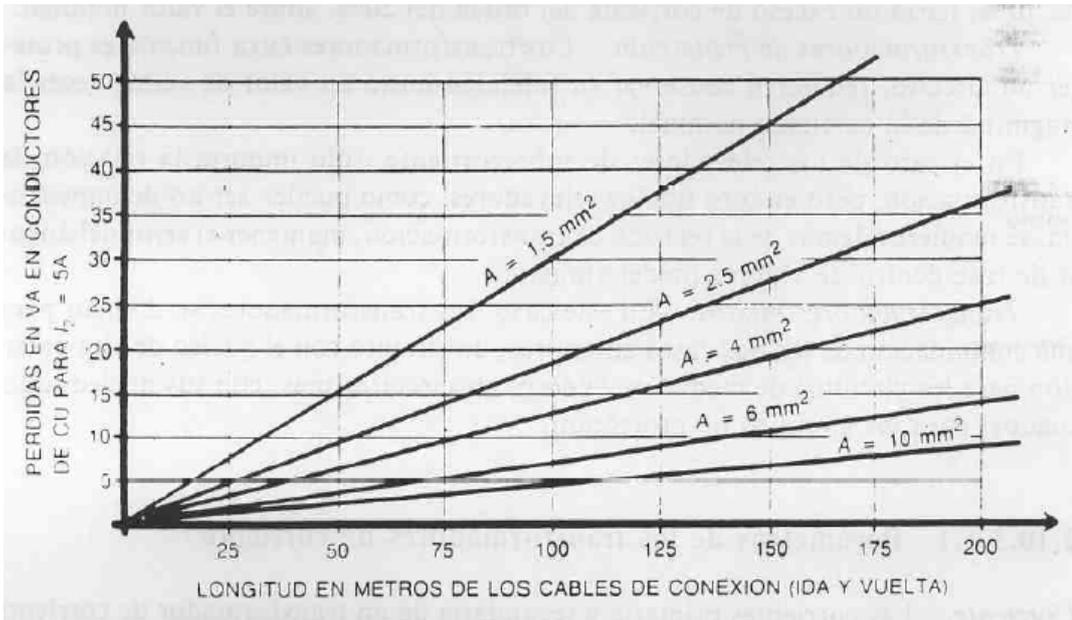
2. **Carga secundaria:** el valor de impedancia en ohm conectado al secundario del transformador, está constituida por la suma de todos los valores de impedancia de los medidores, relevadores, cables y conexiones, esta corresponde a la llamada potencia de precisión. Es decir, una potencia de precisión de 100 VA con una corriente secundaria de 5 A representa una impedancia de carga de:

$$\frac{100 VA}{(5A)^2} = 4 \Omega$$

La carga se designa con la letra B seguida del valor total de la impedancia por ejemplo B-1.8. El factor de potencia normalizado según normas ANSI es de 0.9 en medición y 0.5 en protección.

3. **Potencia nominal:** es otra forma de expresar la carga secundaria, se trata de la potencia nominal del secundario que puede ser expresada en VA o como la impedancia de carga multiplicada por la corriente nominal. Debido a las pérdidas en los conductores la norma y los catálogos establecen las pérdidas en función de los metros de tendido de cable,

estas se suman a las de los instrumentos conectados y no deben exceder dicha potencia.



Aparatos conectables a un transformador de intensidad	Consumo aproximado en VA
Amperímetros: indicadores	0.25 - 2
registradores	1.5 - 9
Contadores	0.5 - 3
Vatímetros: indicadores	1 - 3
registradores	1.5 - 8
Fasímetros: indicadores	2 - 6
registradores	6 - 12
Maxímetros	3
Convertidores de potencia	3 - 6
Reles: de sobreintensidad, de tiempo inverso	5 - 8
de sobreintensidad, temporizados	1 - 5
de sobreintensidad, instantáneos	1 - 10
direccionales	1.5 - 10
de potencia, temporizados	1.5 - 3
diferenciales	3 - 12
de distancia	6 - 20
Reguladores de intensidad	10 - 150

4. **Clase de precisión:** para alimentación de medidores de potencia y facturación de equipos de distribución e industriales se utiliza la clase 0,5  
*Clase = 0,5*

5. **Corriente de limite térmico  $I_{th}$** : es el valor de corriente de cortocircuito que el equipo es capaz de soportar durante un segundo sin sufrir deterioro a efectos térmicos.

$$I_{th} > 1.35kA$$

6. **Corriente dinámica nominal  $I_{din}$** : es el valor de cresta de la intensidad primaria que el transformador debe soportar con el secundario en cortocircuito, sin ser dañado eléctrica o mecánicamente por las fuerzas electromagnéticas resultantes.

$$I_{din} > 3,34kA$$

7. **Intensidad térmica permanente nominal**: es el valor que puede pasar permanentemente por el arrollamiento primario, con el secundario conectado a la carga de precisión, sin que el calentamiento exceda los valores especificados.
8. **Numero de secundarios**: para el caso en que se desee utilizar medidas para protección además de medición conviene utilizar un transformador con varios arrollamientos secundarios, para el caso de este proyecto no es necesario.

### Transformador de tensión

1. **Nivel de aislación**: queda reflejado en las tablas de la norma UNE 21062 (referida a la IEC), para el grupo A (hasta 52kV) se tiene:

Niveles de aislamiento para aparatos del grupo A			
Tensión más elevada para el aparato en kV eficaces ( $U_m$ )	Tensión de corta duración a frecuencia industrial en kV eficaces	Tensión de impulso tipo rayo en kV de cresta. Lista 1	Tensión de impulso tipo rayo en kV de cresta. Lista 2
3.6	10	20	40
7.2	20	40	60
12	28	60	75
17.5	38	75	95
24	50	95	125
36	70	145	170

La lista 1 se utilizará en instalaciones con el neutro a tierra, bien directamente o con una pequeña impedancia, o cuando el neutro esté puesto a través de una bobina de extinción o en redes equipadas con una protección suficiente contra sobretensiones. La lista 2 se utilizará en los demás casos o cuando sea necesario un alto grado de seguridad.

$$U_m = 17,5kV$$

2. **Relación de transformación nominal**: estas son normalizadas y se selecciona de acuerdo a la tensión nominal del primario y la adoptada por los instrumentos a conectar que suele ser de 110 V, en nuestro caso

$$relación = 13,2/0,11$$

3. **Potencia nominal:** es la potencia admisible por el secundario del transformador, para una idea general se puede usar la siguiente tabla que especifica el consumo aproximado de cada instrumento

Aparatos conectables a un transformador de tensión	Consumo aproximado en VA
Voltímetros: indicadores registradores de nulo	2-6 10-25 5-20
Vatímetros: indicadores registradores	1-4 3-15
Fasímetros: indicadores registradores	4-5 15-20
Contadores	3-5
Frecuencímetros: indicadores registradores	1-5 10-15
Relés: de máxima tensión temporizados de máxima tensión o de intensidad selectivos direccionales de mínima tensión de contacto a tierra de distancia	10-15 25-35 2-10 25-40 5-15 10-30 10-30

4. **Clase de precisión:** por analogía al transformador de intensidad se selecciona

$$clase = 0,5$$

5. **Factor de tensión:** es el valor por el cual hay que multiplicar la tensión primaria asignada para determinar la tensión máxima para la que el transformador debe responder a las especificaciones de precisión y calentamiento. Según la norma UNE 21088 tenemos:

Factor de tensión	Duración	Forma de conexión del arrollamiento primario y condiciones de puesta a tierra de la red
1.2	Continua	Entre fases de una red cualquiera. Entre el punto neutro de los transformadores en estrella y tierra, en una red cualquiera.
1.2	Continua	Entre fases y tierra en una red con neutro

1.5	30 s	efectivamente puesto a tierra.
1.2 1.9	Continua 30 s	Entre fase y tierra en una red con neutro no efectivamente puesto a tierra, con eliminación automática del defecto a tierra.
1.2 1.9	Continua 8 h	Entre fase y tierra en una red con neutro aislado sin eliminación automática de defecto a tierra, o en una red con neutro a tierra a través de una bobina de extinción sin eliminación automática del defecto a tierra.

Nota: son admisibles duraciones nominales inferiores previo acuerdo entre constructor y usuario.

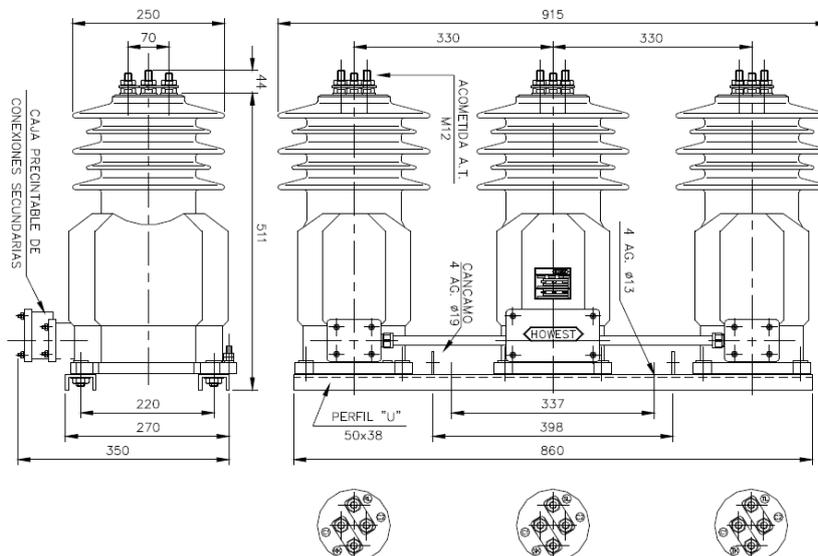
6. **Número de secundarios:** este punto es análogo al del transformador de intensidad

### Equipo seleccionado

Por razones económicas y por cumplir con las características requeridas el equipo seleccionado es un transformador de medición combinado marca HOWEST modelo CC6 para uso exterior de hasta 17,5kV.

#### CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

- Transformador trifásico combinado corriente-tensión en resina sintética
- Simple relación primaria de 5 a 400 Amp.
- Doble relación primaria de 5-10 Amp. hasta 300-600 Amp.
- Corriente secundaria 5 o 1 Amp.
- 1 núcleo y 1 secundario de medición
- Prestación hasta 30 VA
- Clase 0.5 o 0.5s
- Ith: 80xIn o hasta 24 kA
- Tensión primaria: 13.2/√3 kV
- Tensión secundaria: 0.11/√3 kV
- Prestación hasta 60 VA
- Clase 0.5
- Frecuencia: 50 Hz o 60 Hz. (a pedido)
- Peso: 135 kg
- Clase 0.2s o 0.2 u otras tensiones secundarias bajo consulta
- Normas: IRAM-IEC o ANSI (bajo consulta)



## 7.8 Protección frente a sobretensiones

### Introducción

La función del descargador de sobretensión es derivar a tierra las tensiones que alcancen un nivel peligroso para la aislación del equipamiento protegido.

Los descargadores a instalar serán del tipo de óxido de zinc sin explosores.

Las características fundamentales de un descargador de óxido de zinc (IEC 60099-4) son:

- ✓ Corriente nominal  $I_n$ : valor de cresta del impulso de corriente de descarga de 8/20  $\mu$ s.
- ✓ Tensión asignada  $U_r$ : valor eficaz máximo de la tensión a frecuencia industrial admisible entre sus bornes para la cual está previsto un funcionamiento correcto en condiciones de sobretensiones temporales.
- ✓ Tensión de funcionamiento continuo  $U_c$ : valor especificado admisible de la tensión eficaz a frecuencia industrial que puede aplicarse de forma continua entre los bornes de un descargador.
- ✓ Tensión residual de un pararrayos  $U_{res}$ : valor de cresta de la tensión que aparece entre los bornes de un descargador durante el paso de la corriente de descarga.

Los descargadores de sobretensión o pararrayos se pueden elegir a partir de las recomendaciones de IEC 60099-5. A continuación se mencionan algunas cuestiones de dicha norma sobre la elección de pararrayos para redes de media tensión.

#### Corriente nominal de descarga

En las redes de tensión superior a 1 kV y hasta 245 kV (gama I según IEC 60071-1), los pararrayos cercanos a los transformadores de distribución se consideran suficientemente seguros con una corriente nominal de descarga de 5 kA, aun cuando los transformadores estén conectados a líneas con postes de madera con crucetas no conectadas a tierra. Lo pararrayos cuya corriente nominal de descarga es de 10 kA, puede preferirse en instalaciones importantes (necesidad de una mejor protección), particularmente en zonas que reciban una densidad alta de impactos de rayo o cuyo terreno presente una elevada resistencia eléctrica.

### Tensión asignada

El requisito básico es que la curva característica de sobretensiones temporales del pararrayos sea mayor que la amplitud de la sobretensión temporal de la duración de la red.

El efecto de las sobretensiones es incrementar la corriente que circula por el pararrayos y en consecuencia aumenta la energía consumida por el mismo, produciéndose una elevación en su temperatura que puede, según los valores, afectar a la estabilidad térmica del descargador. Los tiempos que los descargadores pueden soportar diferentes valores de sobretensiones se indican en las curvas correspondientes a cada tipo de descargador.

En las líneas eléctricas pueden producirse sobretensiones temporales por diversos motivos entre los que cabe destacar: los defectos a tierra y las pérdidas repentinas de carga.

Un defecto a tierra en una fase de un circuito, produce una elevación de la tensión a tierra de las otras dos fases que, cuando el neutro está aislado o puesto a tierra por medio de una impedancia, pueden alcanzar valores iguales a la máxima entre fases. Con neutros rígidos a tierra, las sobretensiones no alcanzan valores superiores al 140% de la tensión máxima. La duración de estas sobretensiones es igual al tiempo que tarda en despejarse la falla. En las redes con eliminación automática de la falla a tierra, este tiempo no es superior a 1 s. En las redes con neutro aislado o puesto a tierra por medio de una bobina de compensación, la duración del defecto a tierra no suele ser superior a 10 s.

En las redes de hasta 72 kV, la pérdida repentina de la carga puede producir sobretensiones con un valor máximo de 1,2 veces la tensión nominal y una duración de unos pocos minutos. En las grandes redes, la repentina pérdida de carga puede producir elevaciones de tensión que pueden alcanzar 1,5 veces la tensión a tierra o incluso algo más, cuando simultáneamente ocurren efectos Ferranti o de resonancia.

### Tensión de funcionamiento continuo

La exigencia básica es que la cresta de la tensión de funcionamiento continuo  $U_c$  del pararrayos sea más elevada que la cresta de la tensión de servicio. En las redes habituales, el aumento del valor de cresta de la tensión debida a los armónicos, puede tenerse en cuenta mediante un factor de seguridad de 1.05 aplicado a la tensión a frecuencia industrial.

Se debe cumplir:

- ✓ En las redes con eliminación automática de los defectos a tierra, la tensión de funcionamiento continuo  $U_c$  debe ser

$$U_c \geq 1.05 * \frac{U_m}{\sqrt{3}}$$

- ✓ En las redes con neutro aislado o puesto a tierra por medio de una bobina de compensación, sin eliminación automática de los defectos a tierra, el valor de la tensión de funcionamiento continuo  $U_c$  del pararrayos debe ser igual o mayor a la máxima tensión fase-tierra.

$$U_c \geq \frac{U_m}{\sqrt{3}}$$

### Protección contra las sobretensiones de frente lento

En la gama I (tensión superior a 1 kV y hasta 245 kV), el nivel de aislamiento normalizado del equipo es habitualmente tan alto que la protección contra las sobretensiones de frente lento generalmente no es necesaria.

### Protección contra las sobretensiones de tipo rayo

El nivel de protección  $U_{p1}$  de un pararrayos de óxido metálico contra el impulso tipo rayo corresponde a el valor máximo de la tensión residual  $U_{res}$ . La tensión residual de un pararrayos  $U_{res}$  es el valor de cresta de la tensión que aparece entre los bornes de un descargador durante el paso de la corriente de descarga.

Sin embargo, la sobretensión máxima que puede llegar al equipamiento a proteger y que este debe poder soportar,  $U_{cw}$  (tensión soportada de coordinación), puede ser muy superior debido al efecto de ondas viajeras y reflexiones por cambio de impedancia característica en el punto de conexión de la línea aérea con el equipo o material protegido (cable aislado, transformador, etc.).

De modo que la tensión soportada de coordinación  $U_{cw}$ , depende de la distancia entre el pararrayos y el equipo a proteger. Los pararrayos producen la máxima protección en el punto donde se encuentran localizados, y su nivel de protección disminuye en ambos sentidos a partir del punto máximo, disminuyendo la protección del equipo, a medida que este se va alejando del pararrayos.

Para la protección de los equipos contra las sobretensiones de tipo rayo, existen dos soluciones:

- ✓ Determinar la tensión soportada de coordinación a impulso tipo rayo  $U_{cw}$  necesaria y una distancia de separación dadas. Se obtiene entonces la tensión soportada asignada a impulso tipo rayo  $U_{rw}$  multiplicando el valor obtenido por el factor de 1.15.
- ✓ Determinar la zona de protección del pararrayos que es igual a la distancia de separación máxima, para la cual se cumplen las exigencias de la coordinación de los aislamientos, para un nivel de protección  $U_{p1}$  del pararrayos y una tensión soportada de coordinación  $U_{cw}$  dadas; esta última se obtiene dividiendo la tensión soportada asignada a impulso tipo rayo  $U_{rw}$  del equipo por 1.15.

Si las líneas están apantalladas, las sobretensiones que penetran en la subestación son menos severas que en el caso de líneas sin apantallar. Las instalaciones no apantalladas están sometidas a las mayores corrientes tipo rayo y mayores pendientes de frente de tensión. Se recomienda reducir al mínimo posible la separación entre los pararrayos y las instalaciones cuando no están dotadas de apantallamiento completo.

Tensión soportada de coordinación de impulso tipo rayo

En redes de distribución, la tensión soportada de coordinación de impulso tipo rayo se determina a partir de la fórmula empírica siguiente:

$$U_{cw} = U_{p1} + \frac{A}{N} * \frac{L_t}{L_{sp}}$$

Donde:

$U_{cw}$  es la tensión soportada de coordinación de aislamiento.

$U_{p1}$  es el nivel de protección a impulso tipo rayo del pararrayos.

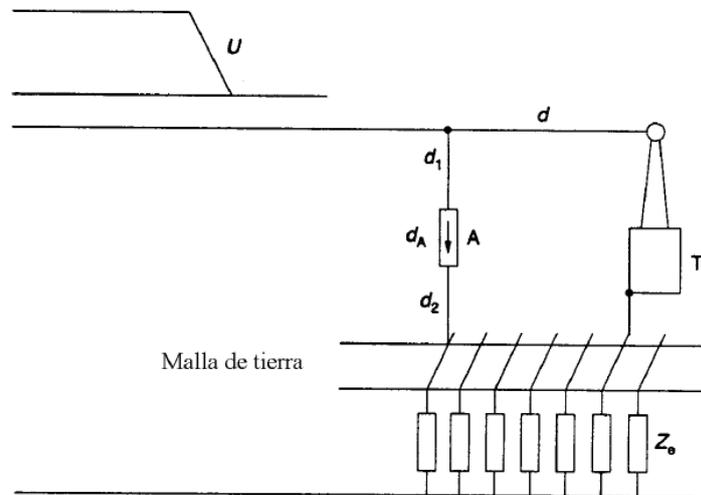
$A$  es la tensión tomada de la tabla siguiente

	<b>A kV</b>
Líneas de distribución (contorneos entre fases)	
– con crucetas puestas a tierra (contorneo a tierra para tensiones bajas)	900
– líneas con postes de madera (contorneo a tierra para tensiones altas)	2 700
Líneas de transporte (contorneo monofásico a tierra)	
– de conductor único	4 500
– de haz de dos conductores	7 000
– de haz de cuatro conductores	11 000
– de haz de seis u ocho conductores	17 000
<p>NOTA – Para las líneas de distribución, las tensiones <math>A</math> son más bajas que para una línea de transporte del conductor único, ya que en las líneas de distribución se producen contorneos entre fases o contorneos múltiples entre fase y tierra que conducen a una distribución de la corriente e incluso a una limitación de la amplitud de la onda incidente en el caso de crucetas conectadas a tierra.</p>	

$N$  es el número de líneas conectadas a la estación.

$L_{sp}$  es la longitud del vano.

$L_t$  es la longitud total ( $d + d_1 + d_2 + d_A$ ).



Tensión soportada asignada a impulso tipo rayo

Se define  $U_{rw} = 1.15 * U_{cw}$

Zona de protección

La zona de protección del pararrayos puede estimarse a partir de la fórmula:

$$L_p = \frac{N}{A} * \left[ \frac{U_{rw}}{1.15} - U_{p1} \right] * (L_{sp} - L_f)$$

Donde:

$L_p$  es la zona de protección en m.

$N$  es el número de líneas conectadas a la estación.

$A$  es la tensión tomada de tabla anterior.

$U_{rw}$  es la tensión soportada asignada a impulso tipo rayo.

$U_{p1}$  es el nivel de protección a impulso tipo rayo del pararrayos.

$L_{sp}$  es la longitud del vano.

$L_f = \frac{R_a}{r}$  es la longitud del tramo de línea aérea al lado de la subestación cuya tasa de sucesos de tipo rayo es igual a la tasa de fallo aceptable.

$R_a$  es la tasa de fallo aceptable (número de defectos por unidad de tiempo) para el equipo protegido. La norma IEC 60071-2 sitúa este valor entre 0.001/año y 0.004/año.

$r$  es la tasa de cortes de una línea aérea por año (número de cortes por unidad de tiempo y de longitud) para un diseño que corresponde al primer kilómetro anterior a la subestación.

### Coordinación de aislamiento

Para que la coordinación del aislamiento sea eficiente, todas las descargas deben producirse en los elementos correspondientes al nivel más bajo de aislamiento, es decir, en los pararrayos, y ninguna descarga debe producirse en los elementos cuyo nivel de aislamiento sea superior (equipamiento eléctrico).

Se debe verificar que:

$$\frac{U_w}{U_{cw}} \geq 1.15$$

Siendo  $U_w$  la tensión soportada normalizada a impulso tipo rayo (tensión nominal resistida de impulso atmosférico) del equipamiento eléctrico, el cual se obtiene de la siguiente tabla:

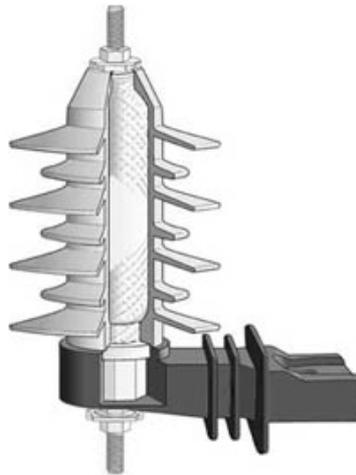
Niveles normalizados de aislación para  $1 \text{ kV} < U_m < 36 \text{ kV}$  (IRAM 2211)

Tensión nominal entre fases $U_n$ (Valor eficaz)	Tensión máxima para materiales y equipos $U_m$ (Valor eficaz)	Tensión nominal resistida de impulso atmosférico (cresta)		Tensión nominal resistida a frecuencia industrial de corta duración (Valor eficaz)
		Lista 1	Lista 2	
kV	kV	kV	kV	kV
3.3	3.6	20	40	10
6.6	7.2	40	60	20
13.2	14.5	75	95	38
33	36	145	170	70

### **Elección de los descargadores de sobretensión**

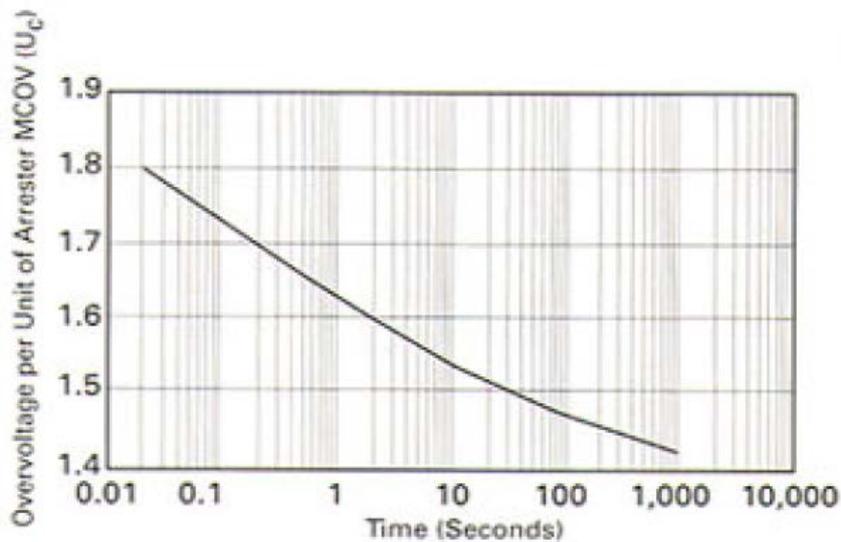
Los descargadores de sobretensión Zforce de Joslyn, están constituidos por una serie de varistores de óxido de Zinc, encerrados herméticamente dentro de una robusta envoltura polimérica anti vandálica, de bajo peso y aleteada con una elevada línea de fuga proveyendo una excelente performance en atmósferas con alto nivel de contaminación. En condiciones normales, adoptan un alto valor de resistencia interna que da lugar a una circulación de corriente de unos pocos mA. Ante sobretensiones de origen externo o interno, su característica no

lineal hace que su resistencia descienda a valores muy bajos, limitando el valor de la sobretensión a un valor conocido como tensión residual.



Tensión Nominal ( $U_r$ ) (kVrms)	MCOV ( $U_c$ ) (kVrms)	Max. Equiv. FOW (kV Cresta)	Impulso de maniobra (kV Cresta)	Máxima Tensión de descarga (kV Cresta) con impulso de corriente de 8/20 $\mu$ s.						
				1.5 kA	2.5 kA	3.0 kA	5.0 kA	10 kA	20 kA	40 kA
3	2.55	10.4	7.8	8.5	8.8	8.9	9.3	9.9	10.9	12.4
6	5.1	20.7	15.5	16.9	17.5	17.7	18.6	19.8	21.8	24.7
9	7.65	31.0	23.3	25.4	26.2	26.6	27.9	29.7	32.7	37.0
10	8.4	34.5	25.9	28.2	29.1	29.5	31.0	33.0	36.3	41.1
12	10.2	41.3	31.0	33.8	34.9	35.4	37.2	39.6	43.5	49.3
15	12.7	51.7	38.8	42.2	43.6	44.2	46.5	49.5	54.4	61.6
18	15.3	62.0	46.5	50.7	52.3	53.1	55.8	59.4	65.3	73.9
21	17.0	72.3	54.3	59.1	61.0	61.9	65.1	69.3	76.2	86.2
24	19.5	82.6	62.1	67.6	69.7	70.7	74.4	79.2	87.0	98.5
27	22.0	92.9	69.8	76.0	78.4	79.6	83.7	89.1	97.9	110.8
30	24.4	103.3	77.6	84.4	87.1	88.4	93.0	99.0	108.8	123.1

Descargadores de 10 kA de Joslyn



Gráfica de Sobretensiones vs Tiempo

Para proteger equipos de voltaje nominal  $U_n = 33 \text{ kV}$  se eligen descargadores de las siguientes características:

- Corriente nominal  $I_n = 10 \text{ kA}$
- Tensión asignada  $U_r = 27 \text{ kV}$
- Tensión de funcionamiento continuo  $U_c = 22 \text{ kV}$
- Tensión residual  $U_{res} = 89.1 \text{ kV}$
- Sobretensión durante 1 segundo es  $1.625 * U_c = 35.75 \text{ kV}$
- Sobretensión durante 10 segundos es  $1.538 * U_c = 33.83 \text{ kV}$

A continuación las verificaciones:

➤ Corriente nominal de descarga

Se eligen pararrayos de 10 kA porque se quiere mayor nivel de protección al no tener apantallamiento las líneas y ser una zona de alta densidad cerámica.

➤ Tensión de funcionamiento continuo

$$U_c = 22 \text{ kV} \geq 1.05 * \frac{36 \text{ kV}}{\sqrt{3}} = 21.82 \text{ kV} \rightarrow \text{verifica}$$

➤ Tensión asignada

$$\checkmark 1.625 * U_c = 35.75 \text{ kV} \geq 1.4 * 1.05 * \frac{36 \text{ kV}}{\sqrt{3}} = 30.55 \text{ kV} \rightarrow \text{verifica}$$

$$\checkmark 1.538 * U_c = 33.83 \text{ kV} \geq 1.2 * 1.05 * \frac{36 \text{ kV}}{\sqrt{3}} = 26.18 \text{ kV} \rightarrow \text{verifica}$$

➤ Tensión soportada de coordinación de impulso tipo rayo

Datos

$$U_{p1} = 89.1 \text{ kV}$$

$$N = 2$$

$$A = 900 \text{ kV}$$

$$L_{sp} = 100 \text{ m}$$

$$L_t = 4 \text{ m}$$

La tensión soportada de coordinación de impulso tipo rayo es:

$$U_{cw} = U_{p1} + \frac{A}{N} * \frac{L_t}{L_{sp}} = 89.1 \text{ kV} + \frac{900 \text{ kV}}{2} * \frac{4 \text{ m}}{100 \text{ m}} = 107.1 \text{ kV}$$

➤ Tensión soportada asignada a impulso tipo rayo

Se define  $U_{rw} = 1.15 * U_{cw} = 1.15 * 107.1 \text{ kV} = 123.1 \text{ kV}$

➤ Zona de protección

Datos

$$N = 2$$

$$A = 900 \text{ kV}$$

$$U_{rw} = 123.1 \text{ kV}$$

$$U_{p1} = 89.1 \text{ kV}$$

$$L_{sp} = 100 \text{ m}$$

$$R_a = 0.001 \frac{1}{\text{año}}$$

$$r = 6 \frac{1}{100 \text{ km} * \text{año}}$$

La zona de protección es:

$$L_p = \frac{2}{900 \text{ kV}} * \left[ \frac{123.1 \text{ kV}}{1.15} - 89.1 \text{ kV} \right] * \left( 100 \text{ m} - \frac{0.001 \frac{1}{\text{año}}}{6 \frac{1}{100 \text{ km} * \text{año}} * \frac{1 \text{ km}}{1000 \text{ m}}} \right)$$

$$L_p = 3.32 \text{ m}$$

Los descargadores se instalarán sobre la tapa del interruptor de 33 kV en ambos lados y sobre la tapa del transformador en el lado de 33 kV, por lo tanto dentro de la zona protegida.

➤ Coordinación de aislamiento

Se debe verificar que:

$$\frac{U_w}{U_{cw}} = \frac{145 \text{ kV}}{107.1 \text{ kV}} = 1.35 \geq 1.15 \rightarrow \text{verifica}$$

$$\frac{U_w}{U_{cw}} = \frac{170 \text{ kV}}{107.1 \text{ kV}} = 1.58 \geq 1.15 \rightarrow \text{verifica}$$

Para proteger equipos de voltaje nominal  $U_n = 13.2 \text{ kV}$  se eligen descargadores de las siguientes características:

- Corriente nominal  $I_n = 10 \text{ kA}$
- Tensión asignada  $U_r = 12 \text{ kV}$
- Tensión de funcionamiento continuo  $U_c = 10.2 \text{ kV}$
- Tensión residual  $U_{res} = 39.6 \text{ kV}$
- Sobretensión durante 1 segundo es  $1.625 * U_c = 16.57 \text{ kV}$
- Sobretensión durante 10 segundos es  $1.538 * U_c = 15.68 \text{ kV}$

A continuación las verificaciones:

➤ Corriente nominal de descarga

Se eligen pararrayos de 10 kA porque se quiere mayor nivel de protección al no tener apantallamiento las líneas y ser una zona de alta densidad cerámica.

➤ Tensión de funcionamiento continuo

$$✓ U_c = 10.2 \text{ kV} \geq 1.05 * \frac{14.5 \text{ kV}}{\sqrt{3}} = 8.79 \text{ kV} \rightarrow \textit{verifica}$$

➤ Tensión asignada

$$✓ 1.625 * U_c = 16.57 \text{ kV} \geq 1.4 * 1.05 * \frac{14.5 \text{ kV}}{\sqrt{3}} = 12.3 \text{ kV} \rightarrow \textit{verifica}$$

$$✓ 1.538 * U_c = 15.68 \text{ kV} \geq 1.2 * 1.05 * \frac{14.5 \text{ kV}}{\sqrt{3}} = 10.54 \text{ kV} \rightarrow \textit{verifica}$$

➤ Tensión soportada de coordinación de impulso tipo rayo

Datos

$$U_{p1} = 39.6 \text{ kV}$$

$$N = 2$$

$$A = 900 \text{ kV}$$

$$L_{sp} = 100 \text{ m}$$

$$L_t = 2 \text{ m}$$

La tensión soportada de coordinación de impulso tipo rayo es:

$$U_{cw} = U_{p1} + \frac{A}{N} * \frac{L_t}{L_{sp}} = 39.6 \text{ kV} + \frac{900 \text{ kV}}{2} * \frac{2 \text{ m}}{100 \text{ m}} = 48.6 \text{ kV}$$

➤ Tensión soportada asignada a impulso tipo rayo

Se define  $U_{rw} = 1.15 * U_{cw} = 1.15 * 48.6 \text{ kV} = 55.9 \text{ kV}$

➤ Zona de protección

$$N = 2$$

$$A = 900 \text{ kV}$$

$$U_{rw} = 55.9 \text{ kV}$$

$$U_{p1} = 39.6 \text{ kV}$$

$$L_{sp} = 100 \text{ m}$$

$$R_a = 0.001 \frac{1}{\text{año}}$$

$$r = 6 \frac{1}{100 \text{ km} * \text{año}}$$

La zona de protección es:

$$L_p = \frac{2}{900 \text{ kV}} * \left[ \frac{55.9 \text{ kV}}{1.15} - 39.6 \text{ kV} \right] * \left( 100 \text{ m} - \frac{0.001 \frac{1}{\text{año}}}{6 \frac{1}{100 \text{ km} * \text{año}} * \frac{1 \text{ km}}{1000 \text{ m}}} \right)$$

$$L_p = 1.66 \text{ m}$$

Los descargadores se instalarán sobre las tapas de los interruptores de 13.2 kV en ambos lados y sobre la tapa del transformador en el lado de 13.2 kV, por lo tanto dentro de la zona protegida.

➤ Coordinación de aislamiento

Se debe verificar que:

$$\frac{U_w}{U_{cw}} = \frac{75 \text{ kV}}{48.6 \text{ kV}} = 1.54 \geq 1.15 \rightarrow \text{verifica}$$

$$\frac{U_w}{U_{cw}} = \frac{95 \text{ kV}}{48.6 \text{ kV}} = 1.95 \geq 1.15 \rightarrow \text{verifica}$$

## 8 Bibliografía, normas, catálogos y software

### *Memoria descriptiva*

- ✓ Estudio de la Demanda de la Energía Eléctrica en el Sistema de Distribución de la Coop. Eléctrica y O. S. de Cdia. Ltda. Muller, Waldbillig y Arostegui.
- ✓ Software Digsilent Power Factory 15.1.2.
- ✓ Software Google Earth.

### *Cálculo mecánico de conductores*

- ✓ Diseño de líneas aéreas. José María Martínez Fayó.
- ✓ AEA 95301 - Reglamentación de Líneas Aéreas Exteriores de Media Tensión y Alta Tensión.
- ✓ Software PTC Mathcad Prime 3.0.
- ✓ Software MATLAB 2010.
- ✓ Software Google Earth.
- ✓ Catálogo PRYSMIAN de cuerdas para Líneas Aéreas.

### *Cálculo de aisladores*

- ✓ Diseño de líneas aéreas. José María Martínez Fayó.
- ✓ Transmisión de energía. Santo.
- ✓ Catálogo BALESTRO de aisladores de retención poliméricos.
- ✓ Catálogo AVATOR de aisladores de suspensión line post.

### *Cálculo de distancias eléctricas*

- ✓ AEA 95301 - Reglamentación de Líneas Aéreas Exteriores de Media Tensión y Alta Tensión.

### *Cálculo de estructuras*

- ✓ AEA 95301 - Reglamentación de Líneas Aéreas Exteriores de Media Tensión y Alta Tensión.
- ✓ Diseño de líneas aéreas. José María Martínez Fayó.
- ✓ Transmisión de energía. Santo.
- ✓ Software PTC Mathcad Prime 3.0.
- ✓ Catálogo ELEC-TRA MERCEDES de postes de hormigón armado.
- ✓ Catálogo ELEC-TRA MERCEDES de postes de madera.
- ✓ Catálogo ELEC-TRA MERCEDES de material normalizado para líneas de baja y media tensión.

### *Cálculo de fundaciones*

- ✓ Diseño de líneas aéreas. José María Martínez Fayó.
- ✓ AEA 95301 - Reglamentación de Líneas Aéreas Exteriores de Media Tensión y Alta Tensión.
- ✓ Software PTC Mathcad Prime 3.0.

### *Subestación*

#### a) Introducción

- ✓ Estudio de la Demanda de la Energía Eléctrica en el Sistema de Distribución de la Coop. Eléctrica y O. S. de Cdia. Ltda. Muller, Waldbillig y Arostegui.
- ✓ Planos técnicos del rebaje rural zona sur N° 1. Dibujos: Rodrigo Giufre.

#### b) Cortocircuito

- ✓ Corrientes de cortocircuito en redes trifásicas. Richard Roeper.
- ✓ IEC 60909 - Short circuit currents in three phase a.c. systems.
- ✓ Apuntes de la cátedra de Sistemas de potencia. Daniel Pablo Durán.
- ✓ Software Digsilent Power Factory 15.1.2.
- ✓ Software Mathcad Prime 3.0.

#### c) Distancias de seguridad

- ✓ Ley N° 19587 de Higiene y Seguridad. Decreto 911/96.
- ✓ AEA 95301 - Reglamentación de Líneas Aéreas Exteriores de Media Tensión y Alta Tensión.
- ✓ Estaciones transformadoras. José María Martínez Fayó.

#### d) Puesta a tierra

- ✓ AEA 95401 - Reglamentación sobre Centros de Transformación y Suministro en Media Tensión.
- ✓ IEEE Std 80 - IEEE Guide for Safety in AC Substation Grounding.
- ✓ Software PTC Mathcad Prime 3.0.

#### e) Interruptores

- ✓ IEC 60694 - Common specifications for high-voltage switchgear and controlgear standards.
- ✓ Catálogo MERLIN GERIN N-Series ACR de reconectador trifásico automático.

f) Transformadores de medida

- ✓ [www.epre.gov.ar](http://www.epre.gov.ar)
- ✓ IEC 60044-1 - Instrument transformers - Part 1: Current transformers.
- ✓ IEC 60044-2 - Instrument transformers - Part 2: Inductive voltage transformers.
- ✓ Diseño de subestaciones eléctricas. José Raull Martín.
- ✓ Instalaciones eléctricas de alta tensión. Navarro Márquez.
- ✓ Guía de Estaciones Transformadoras. Transener SA.
- ✓ Catálogo HOWEST de transformadores de medida.

g) Descargadores de sobretensiones

- ✓ AEA 95401 - Reglamentación sobre Centros de Transformación y Suministro en Media Tensión.
- ✓ IEC 60099-4 - Pararrayos. Pararrayos de óxido metálico sin explosores para sistemas de corriente alterna.
- ✓ IEC 60099-5 - Pararrayos. Recomendaciones para la selección y utilización.
- ✓ IEC 60071-1 - Coordinación de aislamiento. Definiciones, principios y reglas.
- ✓ IEC 60071-2 - Coordinación de aislamiento. Guía de aplicación.
- ✓ Catálogo LEYDEN de descargadores de sobretensión.

*Planos*

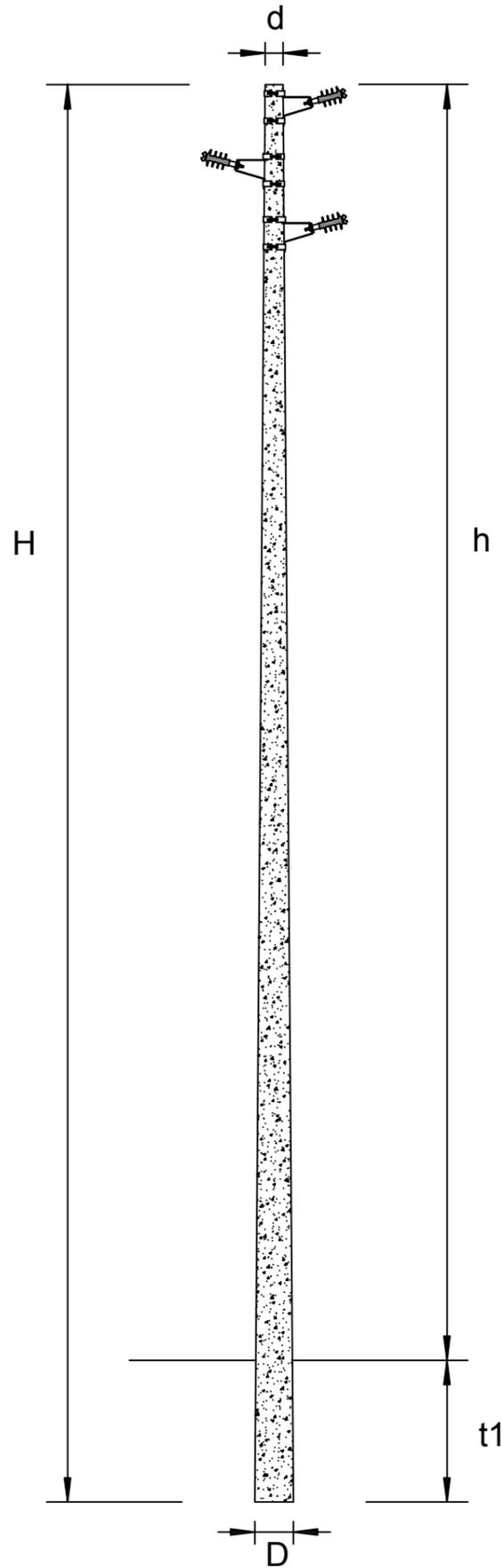
- ✓ Software AutoCAD 2016.
- ✓ Software Solid Works 2014.
- ✓ Software Google Earth.

ESTRUCTURAS DE SUSPENSIÓN DE HORMIGÓN Escala: 1: 60

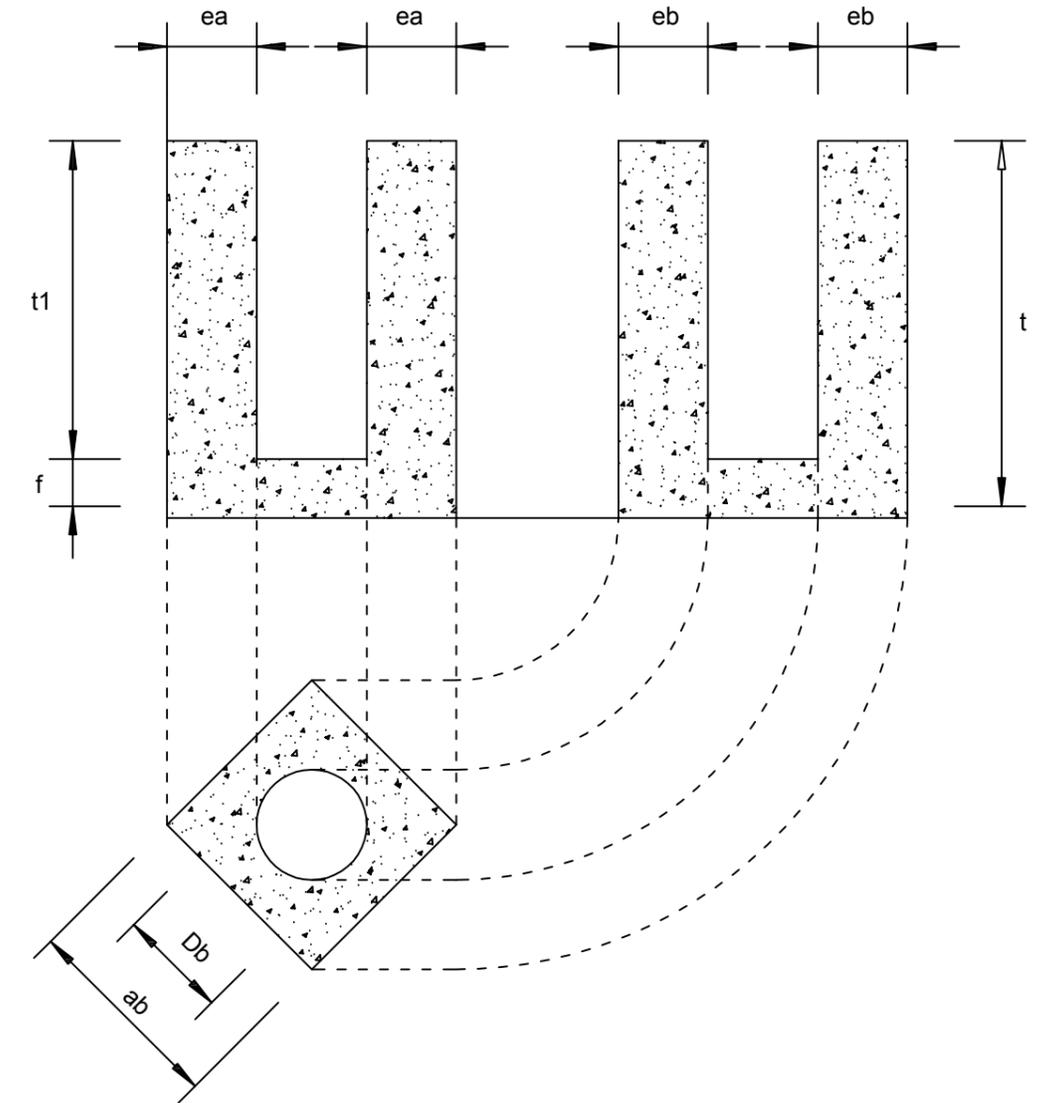
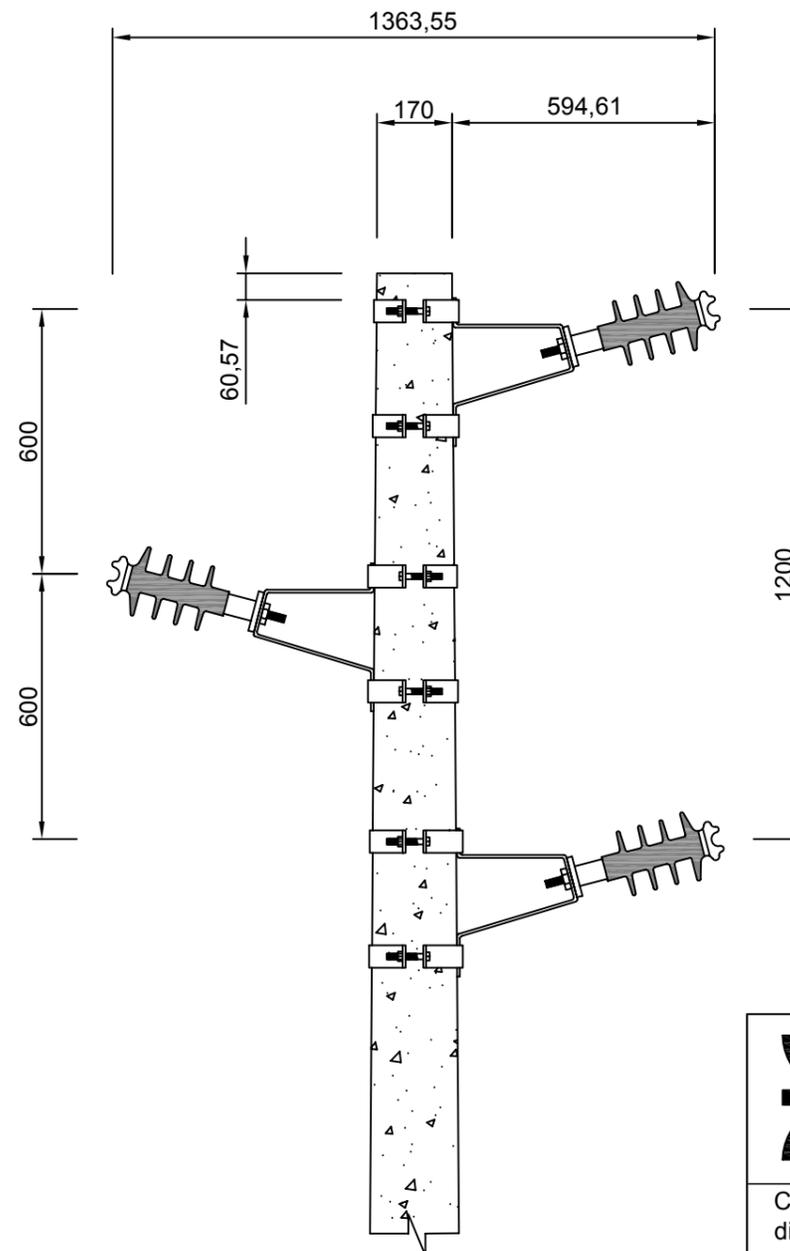
Estructura	H [m]	h [m]	t1 [m]	d [cm]	D [cm]	Rc [daN]
S	12.00	10.80	1.20	17.00	34.50	750
S+0.5	12.50	11.25	1.25	17.00	35.25	750
S+1	13.00	11.00	1.30	17.00	36.00	750
S+1.5	13.50	12.15	1.35	17.00	36.75	750
S+2	14.00	12.60	1.40	17.00	37.50	750
S+2.5	14.50	13.05	1.45	17.00	38.25	750
S+3	15.00	13.50	1.50	17.00 <td 39.00	750	
S+3.5	15.50	13.95	1.55	23.00	47.00	1200

FUNDACIONES DE HORMIGÓN Escala: 1: 30

Estructura	H [m]	Db [cm]	t1 [m]	f [m]	ea [m]	eb [m]	ab [m]	bb [m]	t [m]
S	12.00	44.50	1.20	0.25	0.25	0.25	0.945	0.945	1.45
S+0.5	12.50	45.25	1.25	0.25	0.25	0.25	0.952	0.952	1.50
S+1	13.00	46.00	1.30	0.25	0.25	0.25	0.96	0.96	1.55
S+1.5	13.50	46.75	1.35	0.25	0.25	0.25	0.967	0.967	1.60
S+2	14.00	47.50	1.40	0.25	0.25	0.25	0.975	0.975	1.65
S+2.5	14.50	48.25	1.45	0.25	0.25	0.25	0.982	0.982	1.70
S+3	15.00	49.00	1.50	0.25	0.25	0.25	0.99	0.99	1.75
S+3.5	15.50	57.00	1.55	0.25	0.25	0.25	1.01	1.01	1.80



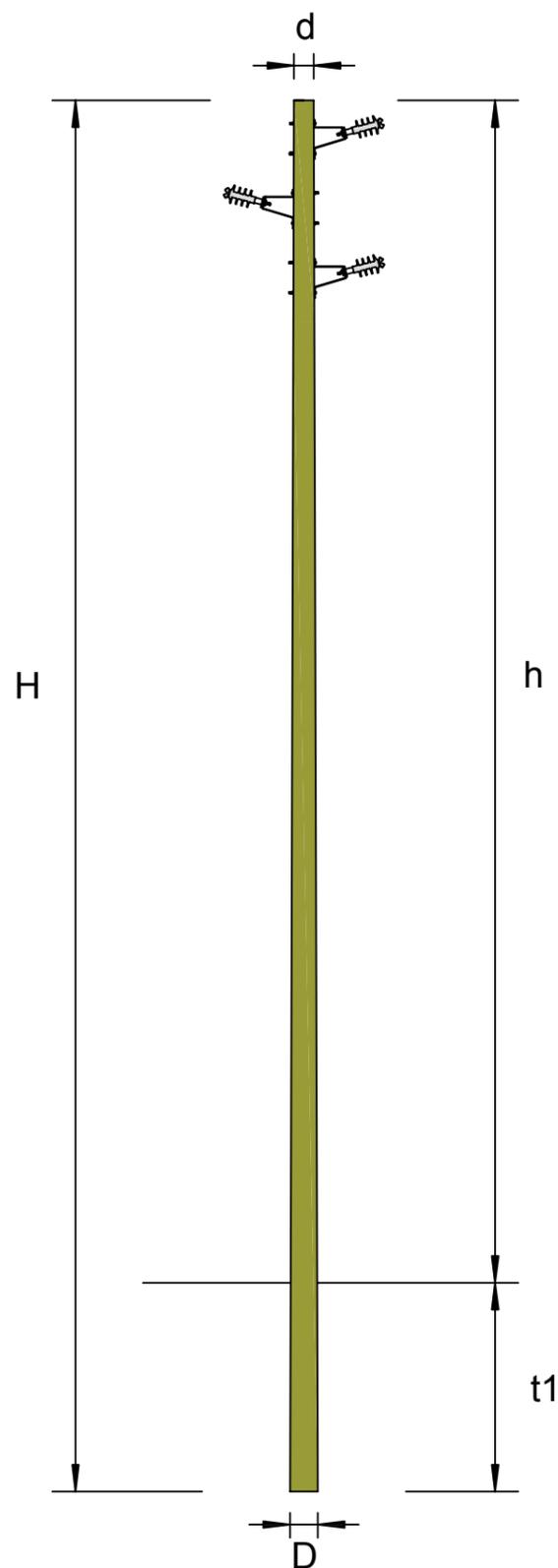
CABEZAL EN TRESBOLILLO Escala: 1:16



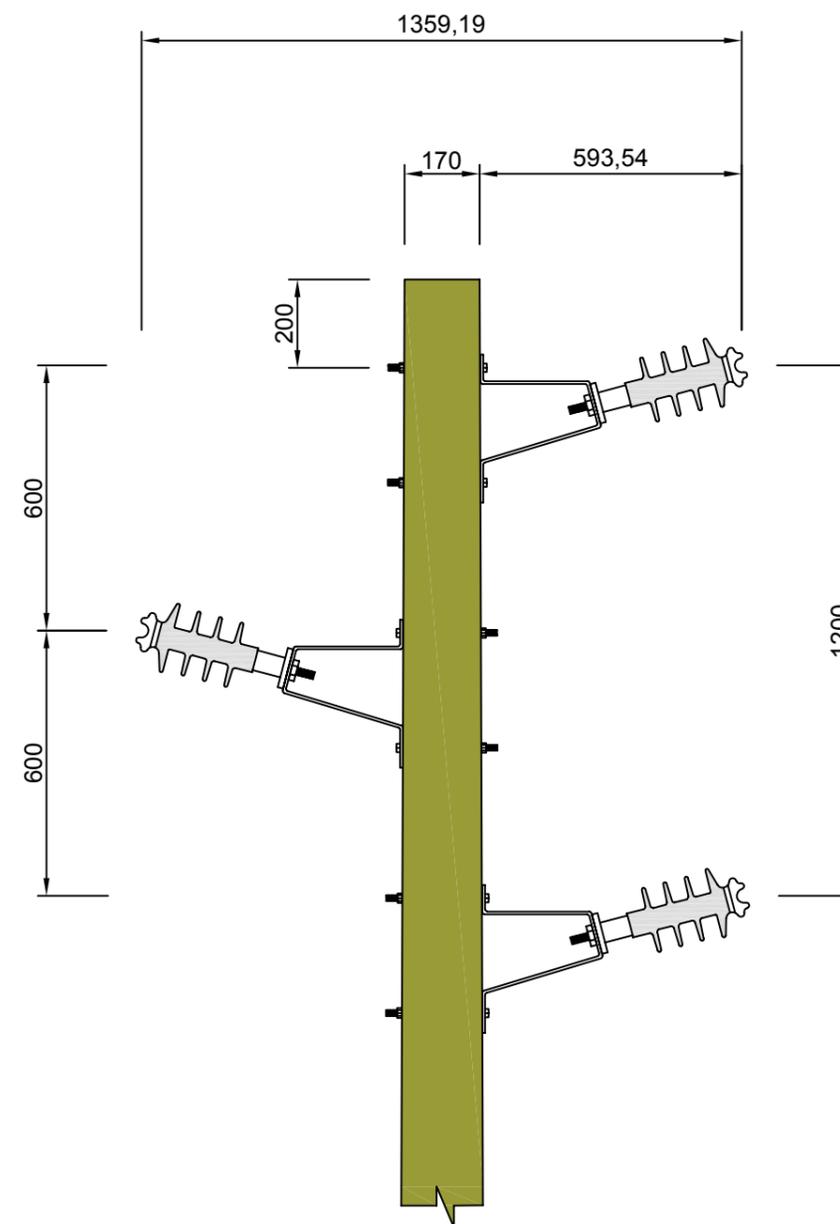
	PROYECTO:	Línea trifásica de 33 kV en tresbolillo	
	PLANO:	<b>POSTES DE SUSPENSIÓN DE HORMIGÓN</b>	
CÁTEDRA: Transmisión y distribución de la energía eléctrica	ESCALA Gral:	DIBUJÓ : Aguirre Matteo, C. Bignotti, Bruno Pezzelato, Claudio Vazquez, Cristhian	
FECHA: Noviembre / 16	ESCALA Detalle:		
	ARCHIVO:		

**ESTRUCTURAS DE SUSPENSIÓN DE MADERA** Escala: 1: 60

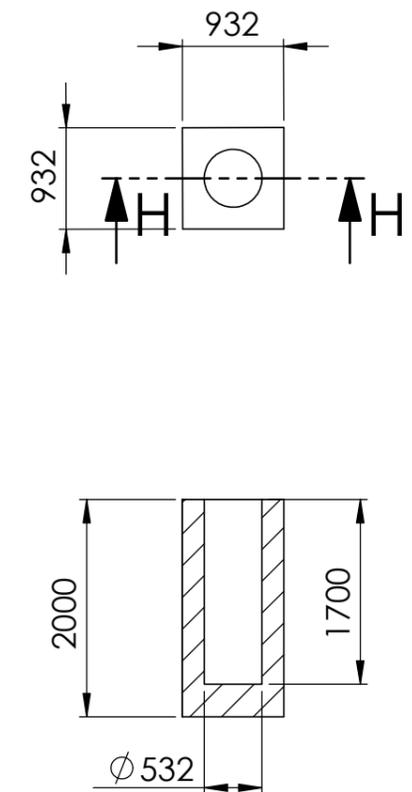
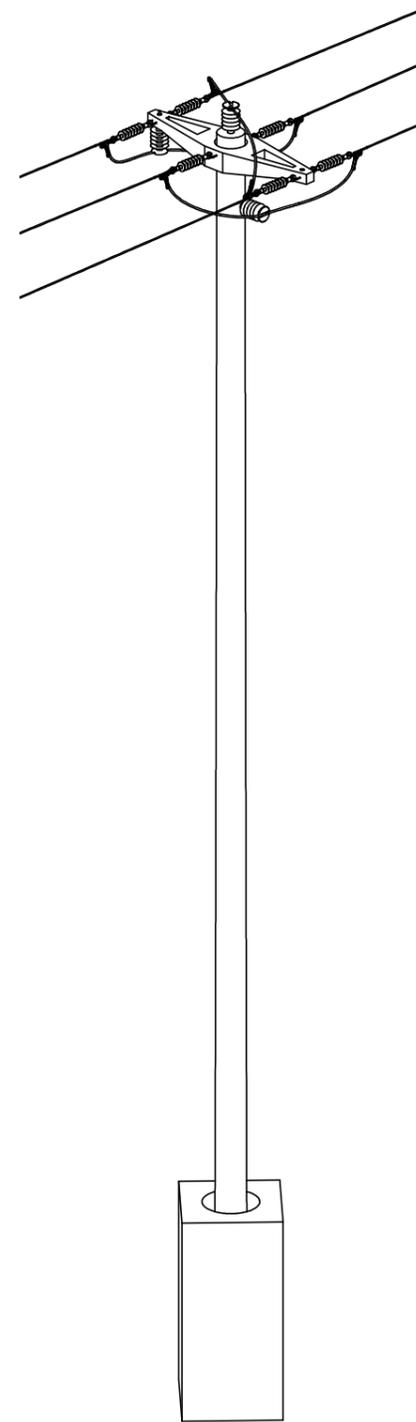
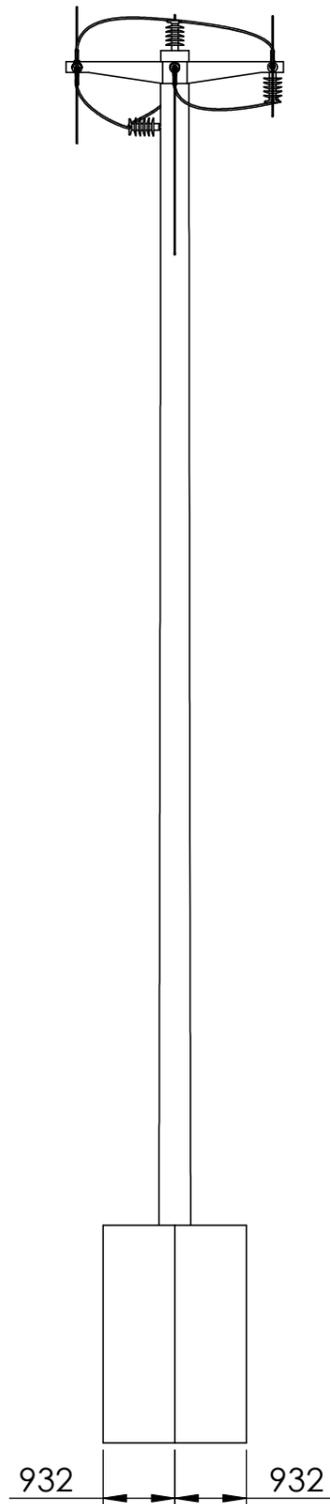
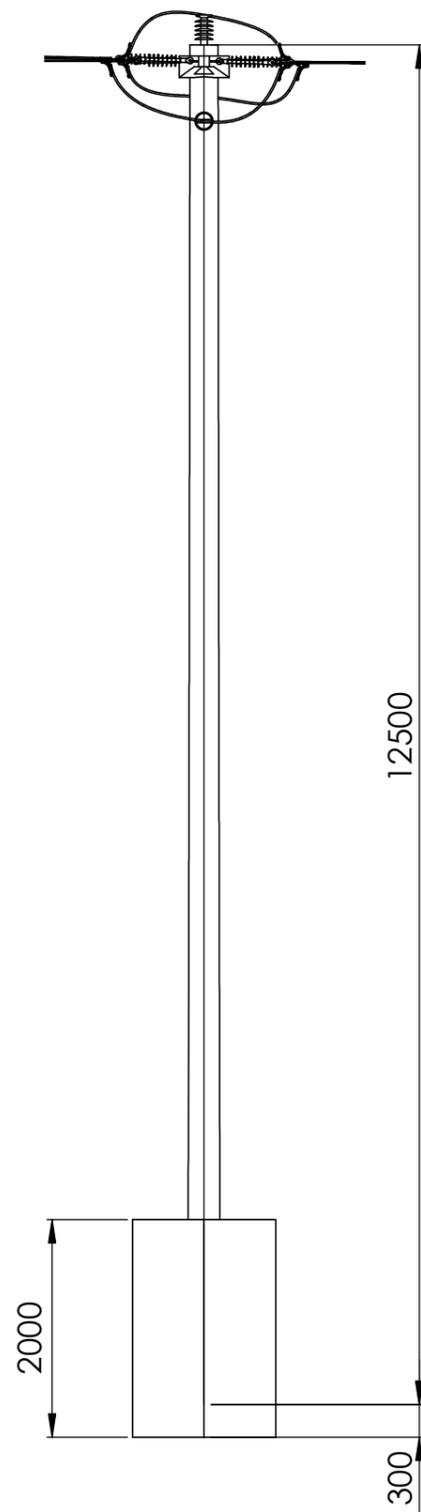
Estructura	H [m]	h [m]	t1 [m]	d [cm]	D [cm]	Rc [daN]
S	12.00	10.20	1.80	17.00	25.00	825
S+1	13.00	11.10	1.90	18.00	26.00	925
S+2	14.00	12.00	2.00	18.00	26.00	925
S+3	15.00	12.50	2.10	20.00	28.00	1125



**CABEZAL EN TRESBOLILLO** Escala: 1: 16

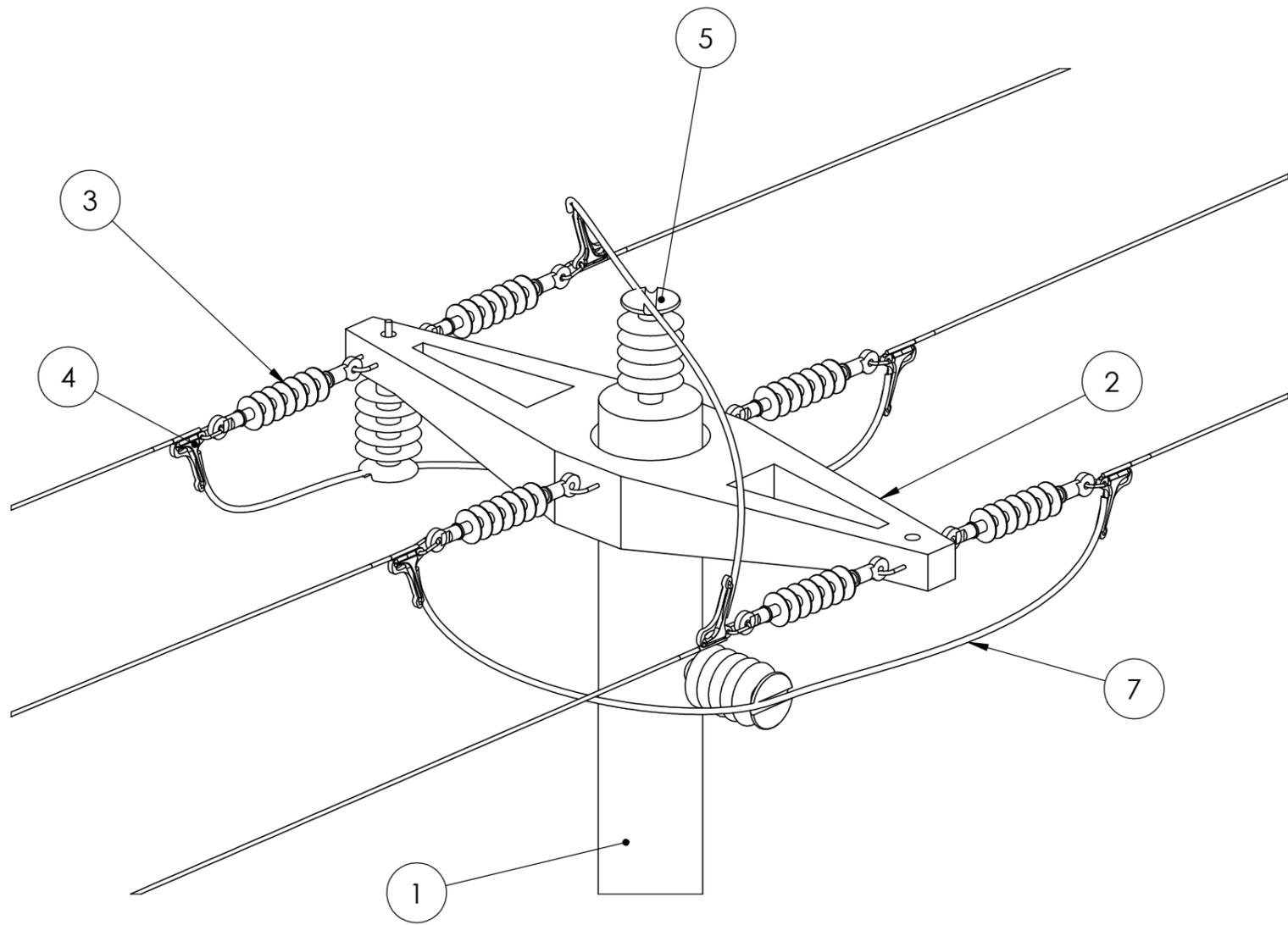


	PROYECTO:	Línea trifásica de 33 kV en tresbolillo	
	PLANO:	<b>POSTES DE SUSPENSIÓN DE MADERA</b>	
CÁTEDRA: Transmisión y distribución de la energía eléctrica	ESCALA Gral:	DIBUJÓ : Aguirre Matteo, C. Bignotti, Bruno Pezzelato, Claudio Vazquez, Cristhian	
	ESCALA Detalle:		
FECHA: Noviembre / 16	ARCHIVO:		



SECCIÓN H-H

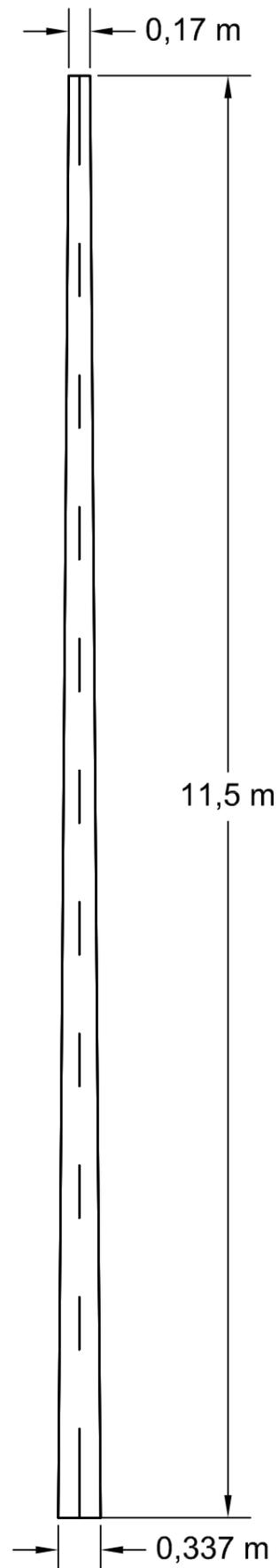
	PROYECTO	Estructura Retención	
	PLANO	Retención simple con trasposición	
CÁTEDRA: Transmisión y distribución de la energ. elect. FECHA: Noviembre/16	Escala Gral: 1:65	DIBUJÓ: Aguirre Matteo, C. Bignotti, Bruno Pezzelato, Claudio Vazquez, Cristhian	
	Escala en detalle:		
	Archivo: Poste retencion		



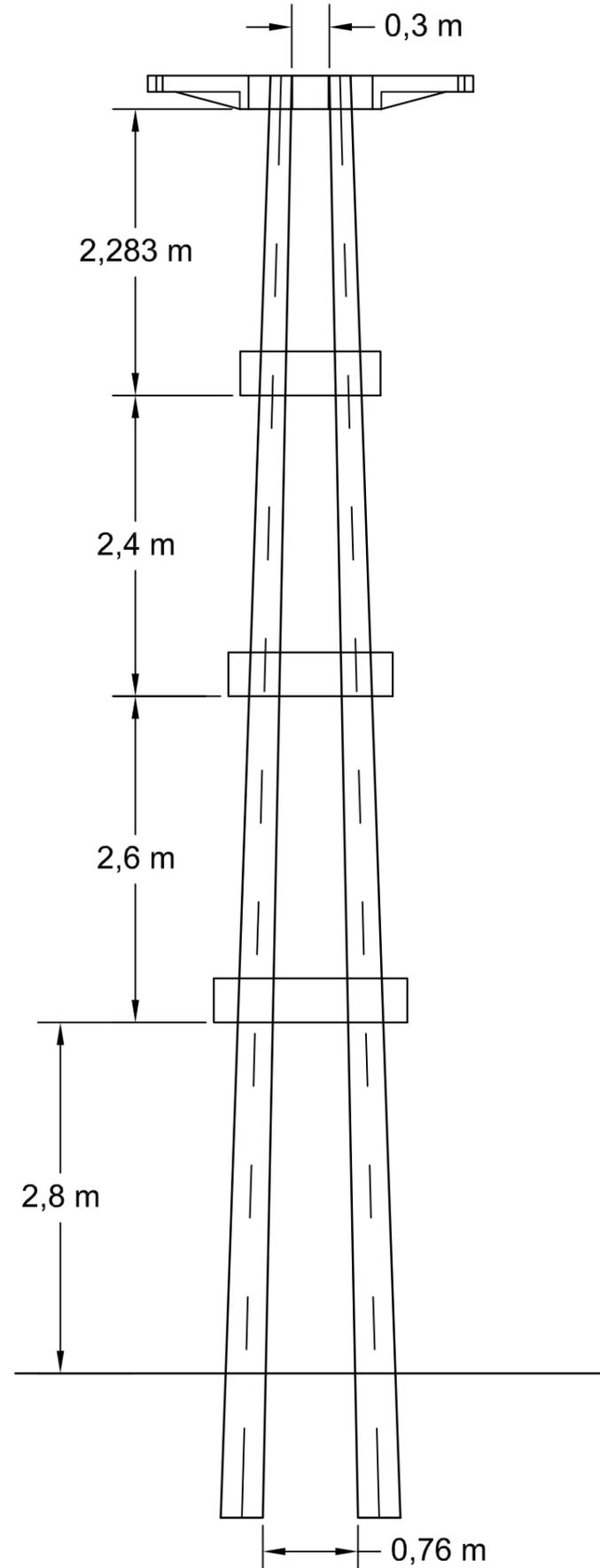
N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA
1	Poste retencion
2	Mensula
3	Aislador polimerico
4	grapa
5	Aislador Pin
7	Trasposicion

	PROYECTO	Estructura Retención	
	PLANO	Retención simple con trasposicion	
CÁTEDRA: Transmision y distribucion de la energ. elect. FECHA: Noviembre/16	Escala Gral: 1:15	DIBUJÓ: Aguirre Matteo, C. Bignotti, Bruno Pezzelato, Claudio Vazquez, Cristhian	
	Escala en detalle:		
	Archivo: Poste retencion		

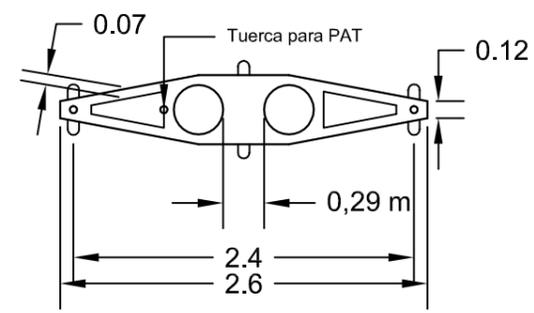
### Columna



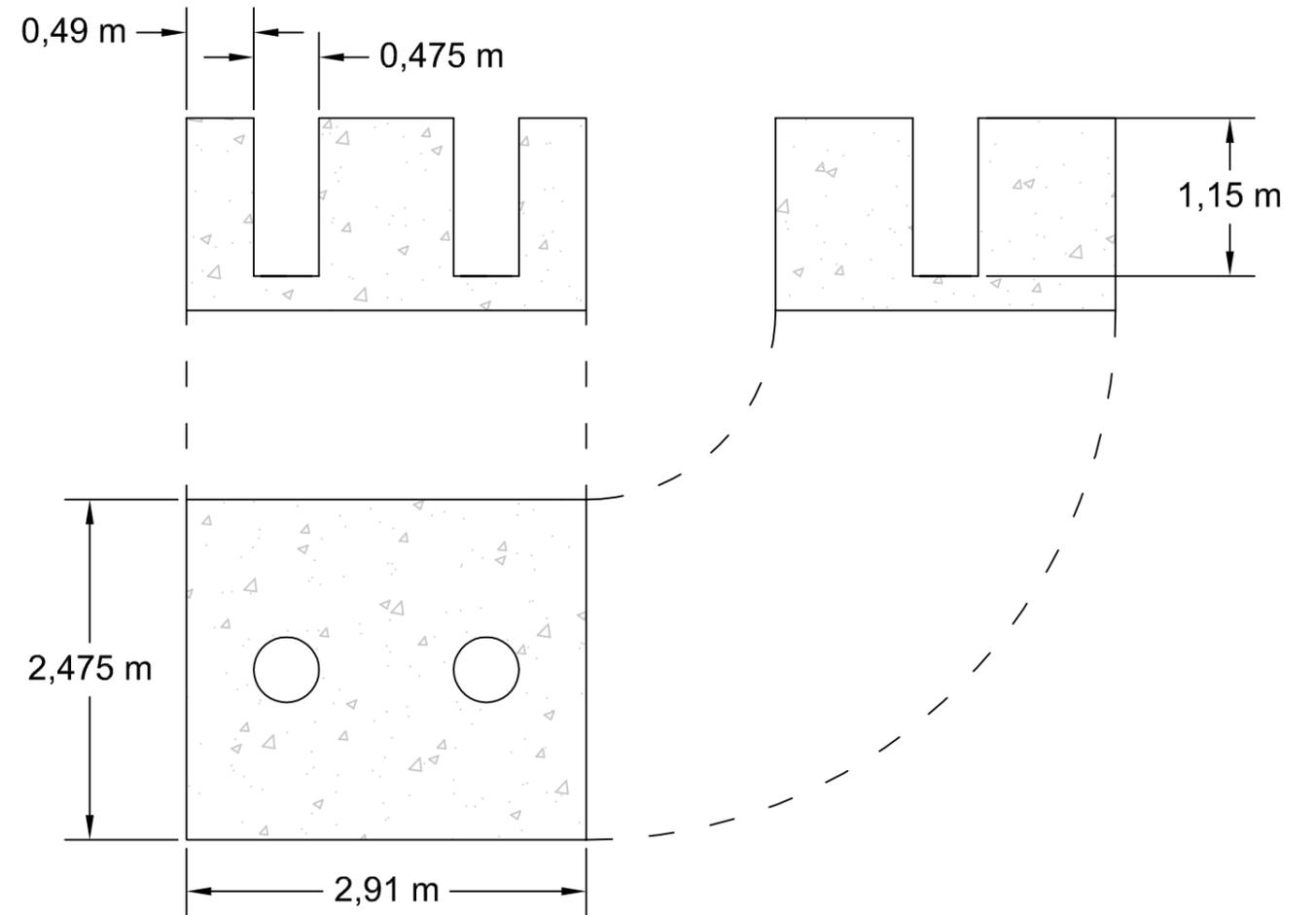
### Poste



### Ménsula

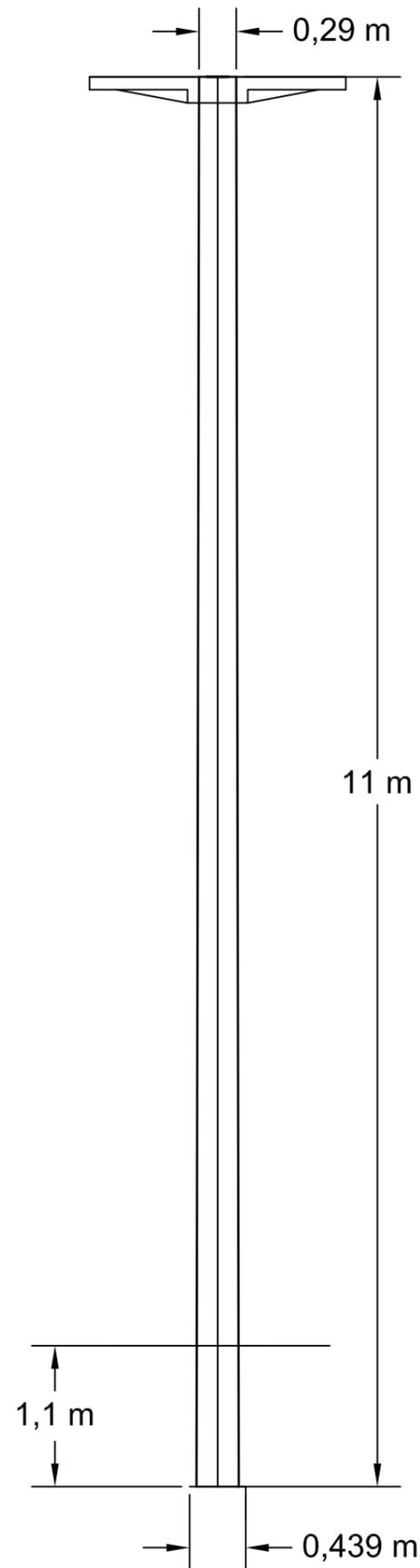


### Base

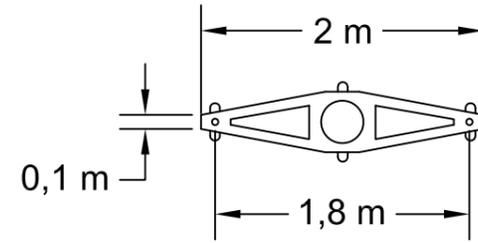


	PROYECTO:	Línea trifásica de 33 kV en tresbolillo	
	PLANO:	<b>POSTE DE RETENSIÓN ANGULAR</b>	
CÁTEDRA: Transmisión y distribución de la energía eléctrica	ESCALA Gral: 1:50	DIBUJÓ : Aguirre Matteo, C. Bignotti, Bruno Pezzelato, Claudio Vazquez, Cristhian	
	ESCALA Detalle:		
FECHA: Noviembre / 16	ARCHIVO:		

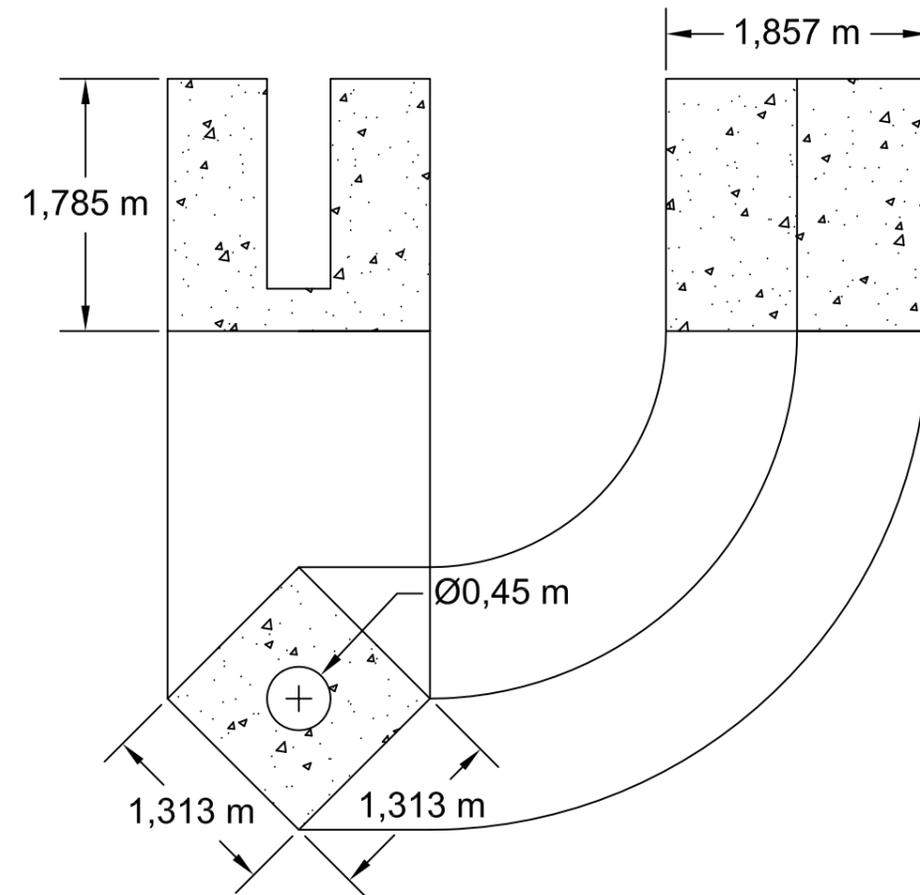
### Columna



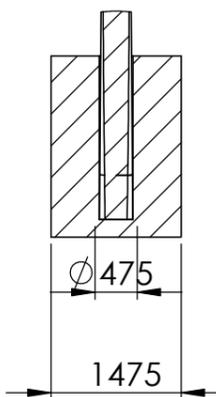
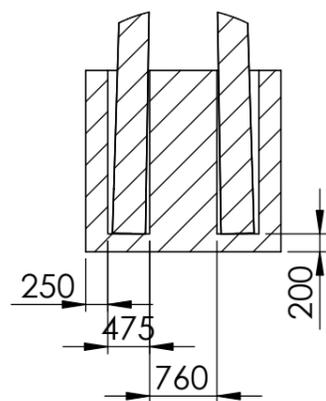
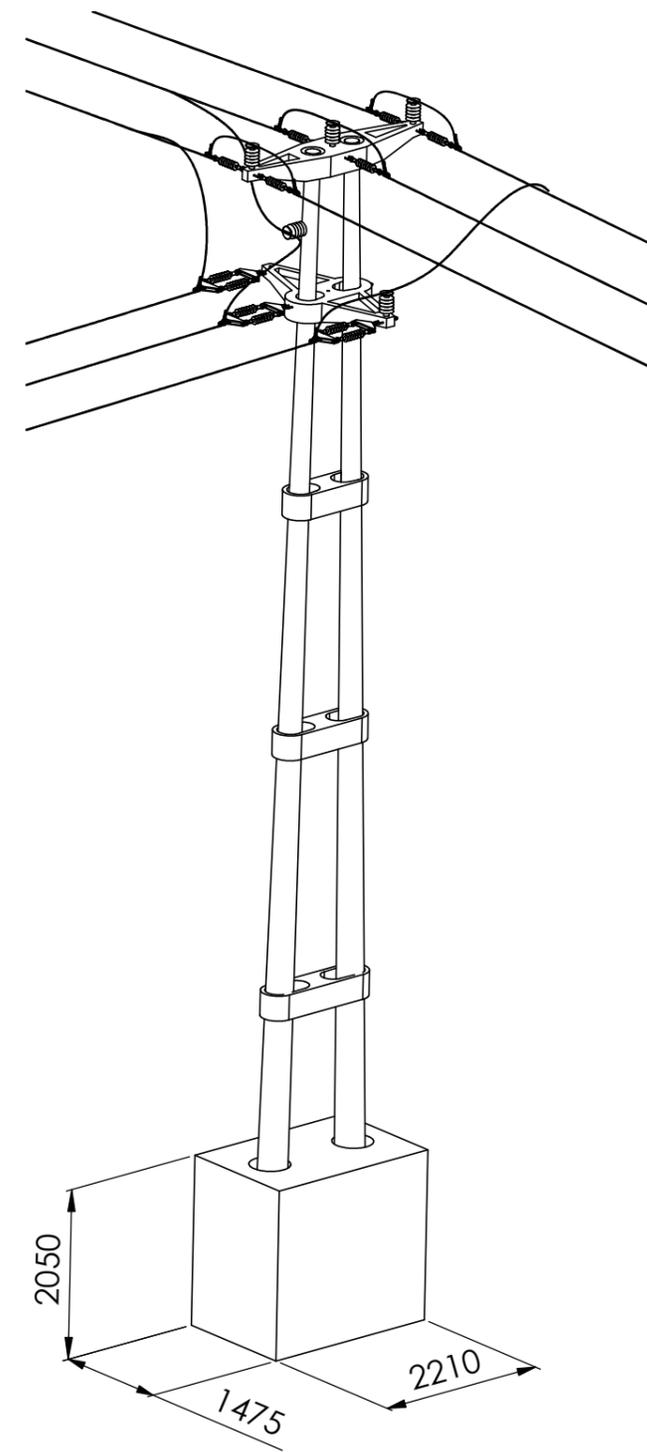
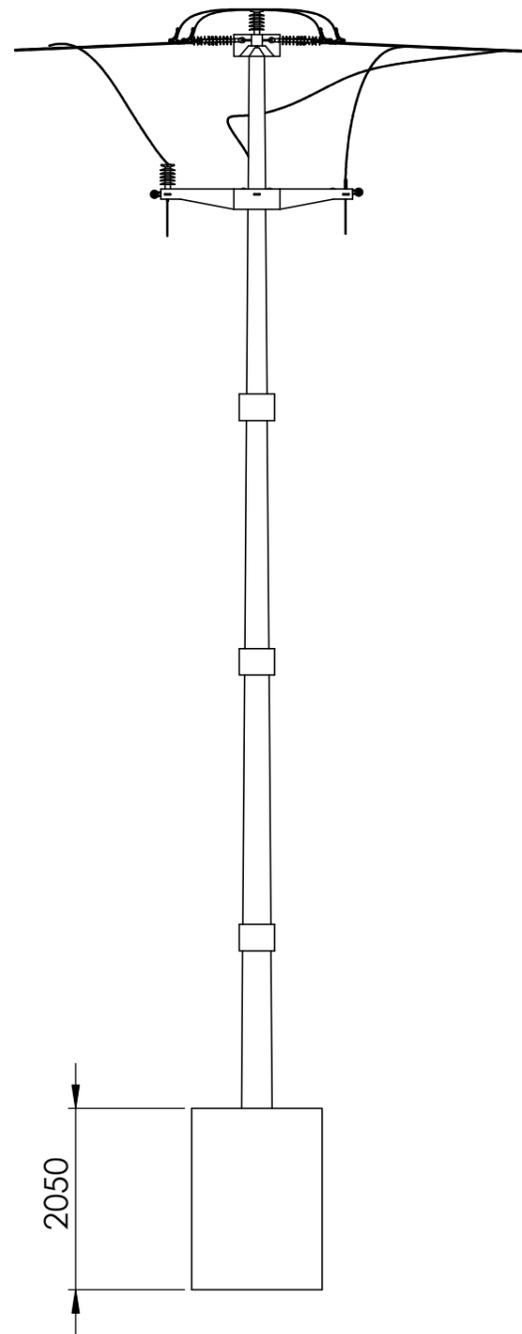
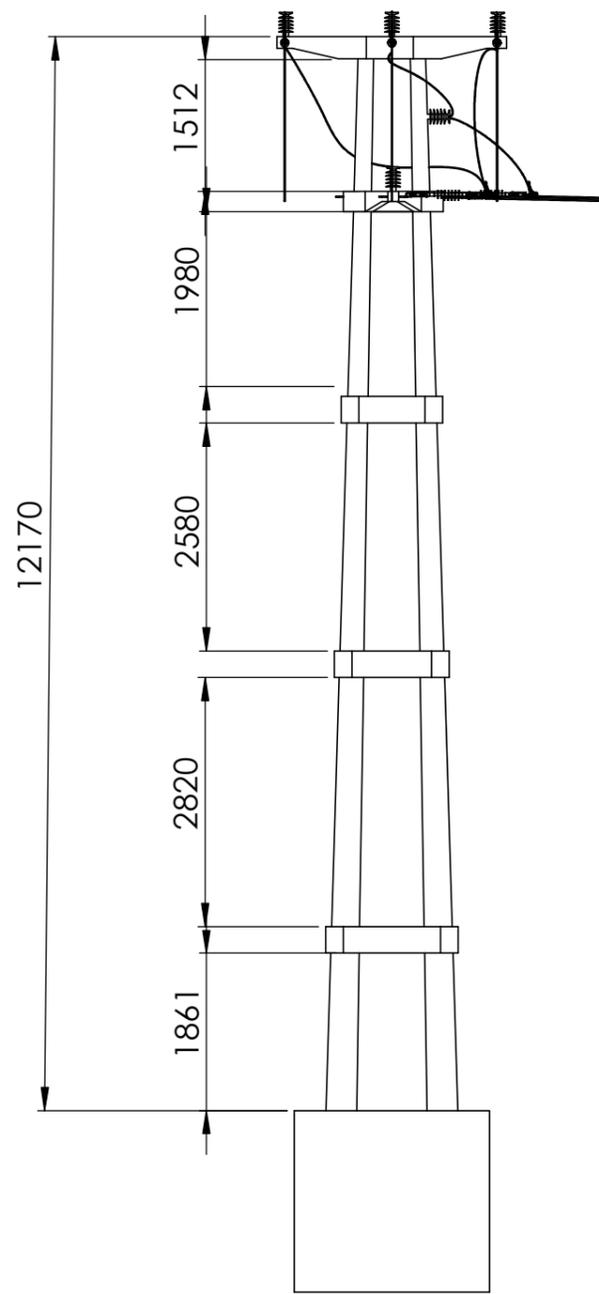
### Ménsula



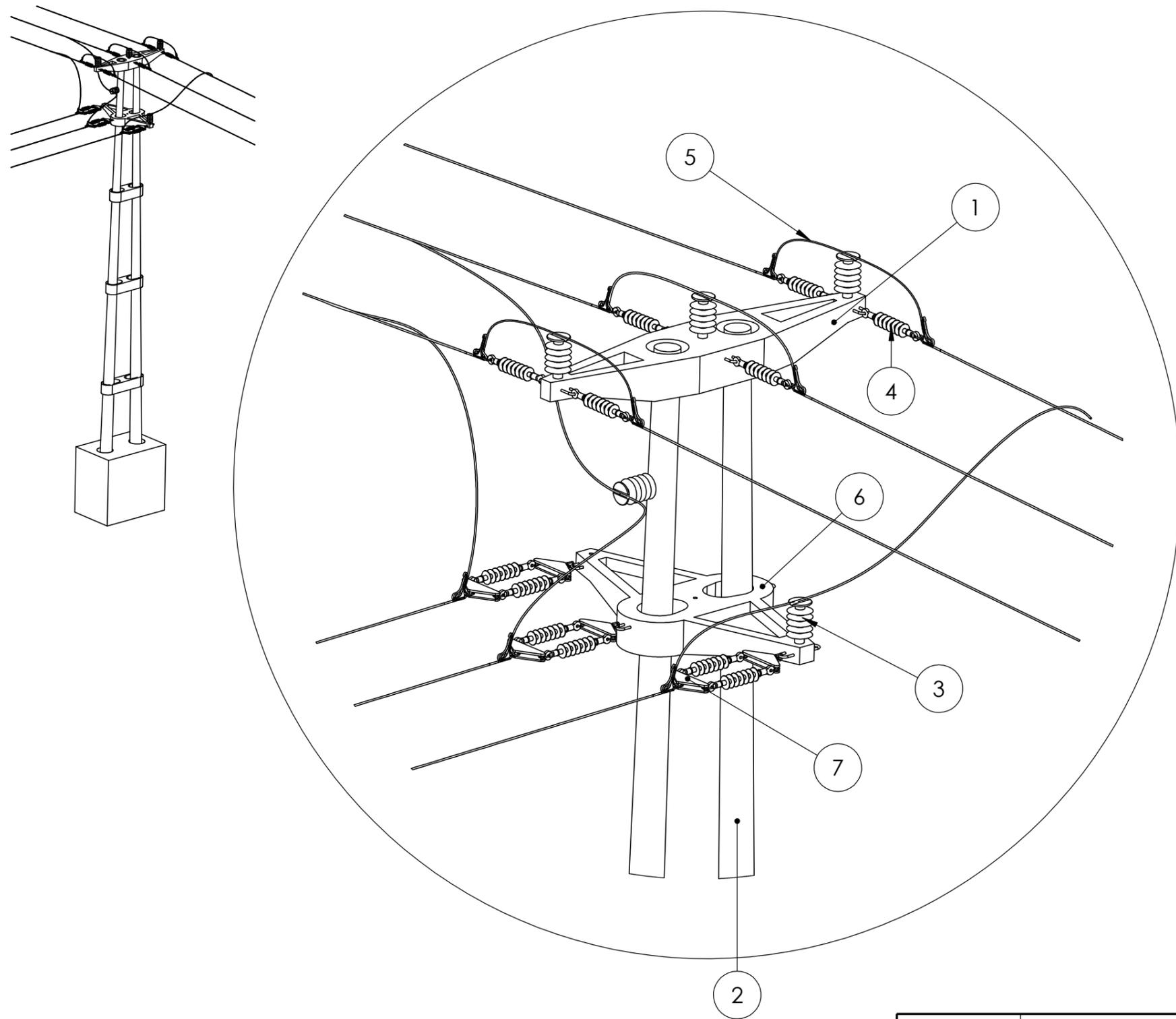
### Base



	PROYECTO:	Línea trifásica de 33 kV en tresbolillo	
	PLANO:	<b>POSTE DE RETENSIÓN TERMINAL</b>	
CÁTEDRA: Transmisión y distribución de la energía eléctrica	ESCALA Gral: 1:50	DIBUJÓ : Aguirre Matteo, C. Bignotti, Bruno Pezzelato, Claudio Vazquez, Cristhian	
	ESCALA Detalle:		
FECHA: Noviembre / 16	ARCHIVO:		

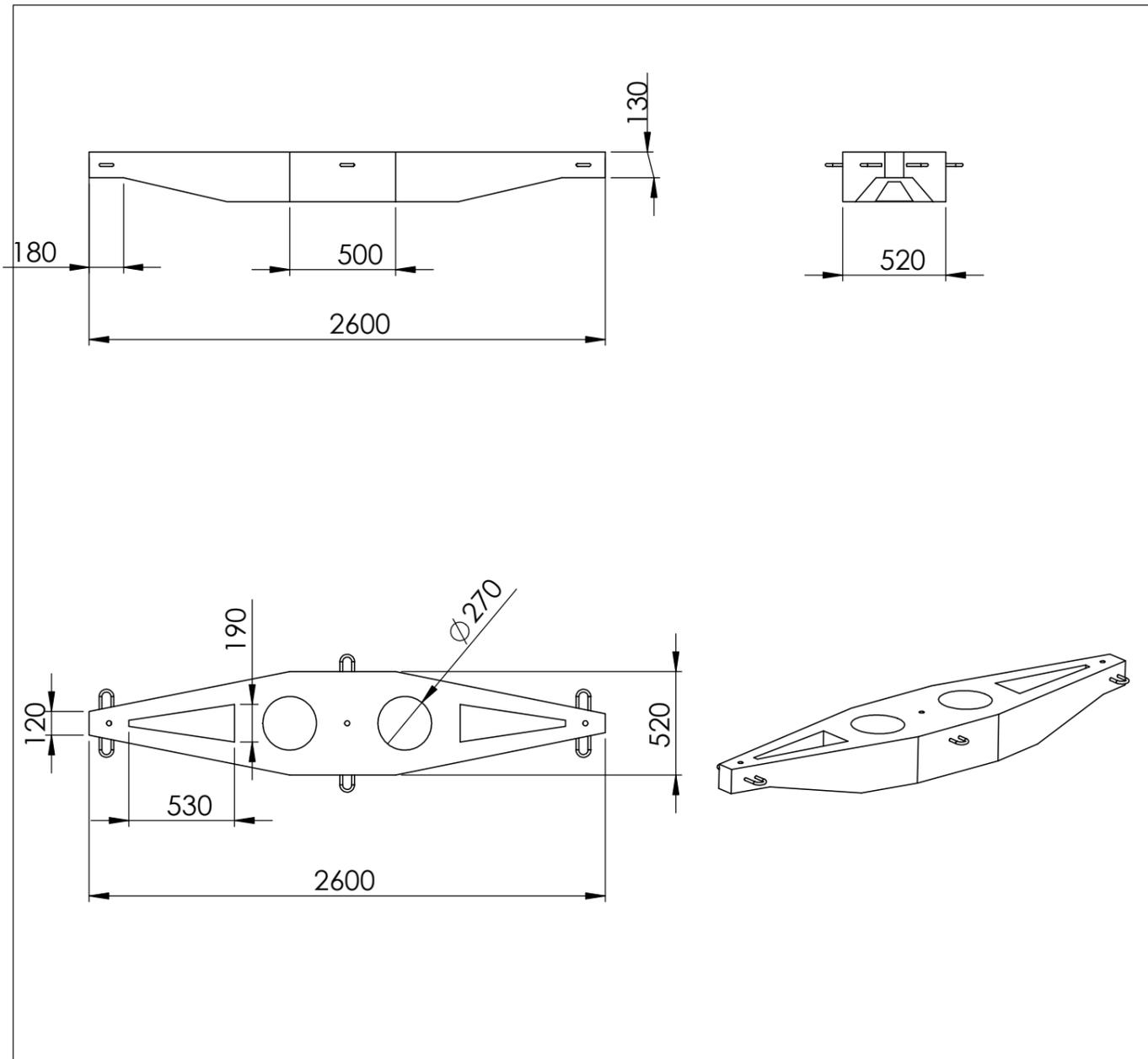


	PROYECTO	Linea 33 kV ruta 015	
	PLANO	Cruce de ruta - Poste y fundación	
CÁTEDRA: Transmision y distribucion de la energ. elect.  FECHA: Noviembre/16	Escala Gral: 1:80	DIBUJÓ: Aguirre Matteo, C. Bignotti, Bruno Pezzelato, Claudio Vazquez, Cristhian	
	Escala en detalle:		
	Archivo: Retension Angular		

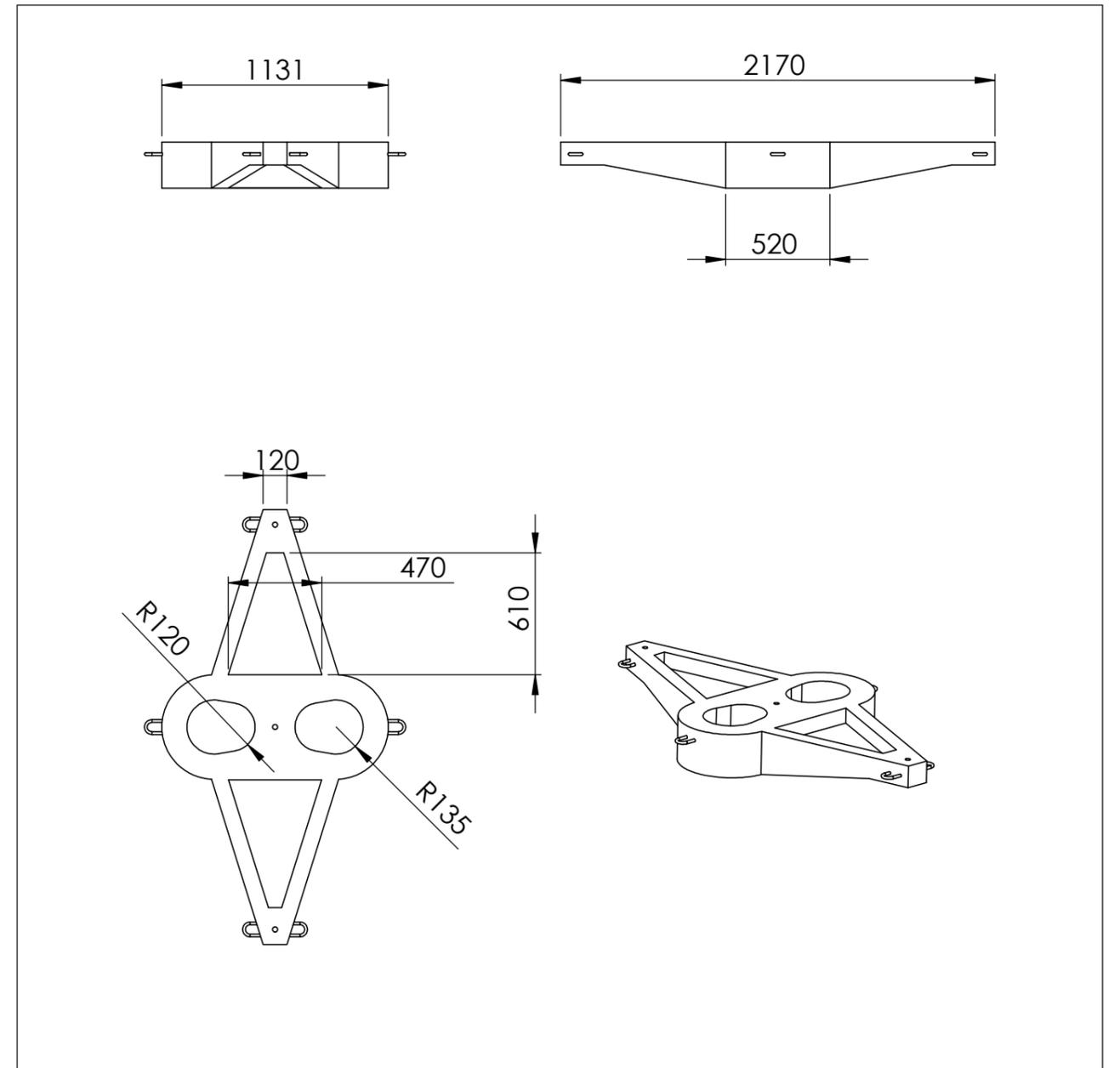


N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA
1	Mensula superior
2	Columna norte
3	Aislador Pin 2
4	Aislador polimerico con grapa^Retension Angular
5	Empalme pasante superior^Retension Angular
6	Mensula inferior
7	Cadena doble aislador

	PROYECTO	Linea 33 kV ruta 015	
	PLANO	Cruce de ruta - detalle	
CÁTEDRA: Transmision y distribucion de la energ. elect. FECHA: Noviembre/16	Escala Gral: 1:80	DIBUJÓ: Aguirre Matteo, C. Bignotti, Bruno Pezzelato, Claudio Vazquez, Cristhian	
	Escala en detalle:		
	Archivo: Retension Angular		



Ménsula superior

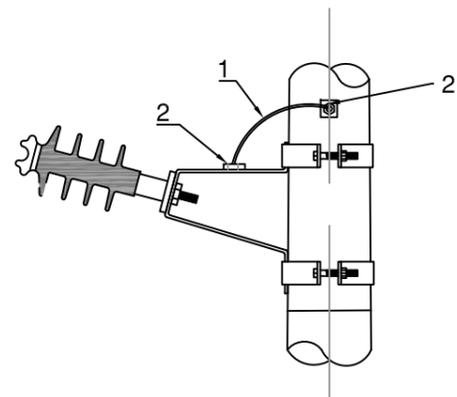


Ménsula inferior

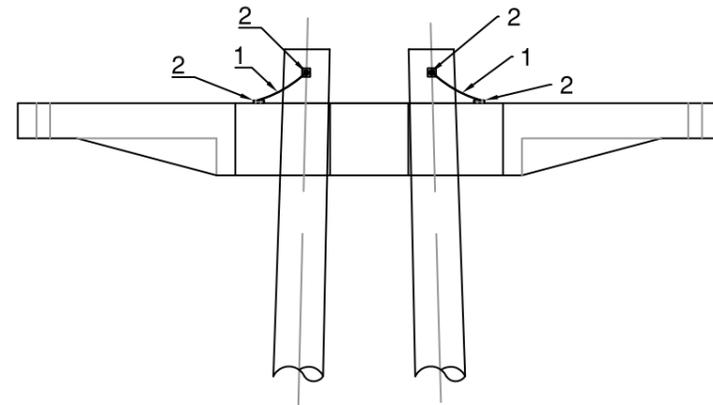
	PROYECTO	Linea 33 kV ruta 015	
	PLANO	Cruce de ruta - Poste y fundación	
CÁTEDRA: Transmision y distribucion de la energ. elect.  FECHA: Noviembre/16	Escala Gral: 1:30	DIBUJÓ: Aguirre Matteo, C. Bignotti, Bruno Pezzelato, Claudio Vazquez, Cristhian	
	Escala en detalle:		
	Archivo: Retension Angular		

# Detalle de puesta a tierra de estructuras

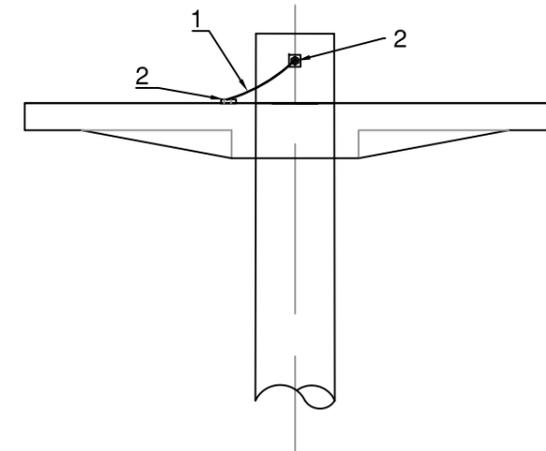
Aisladores line post



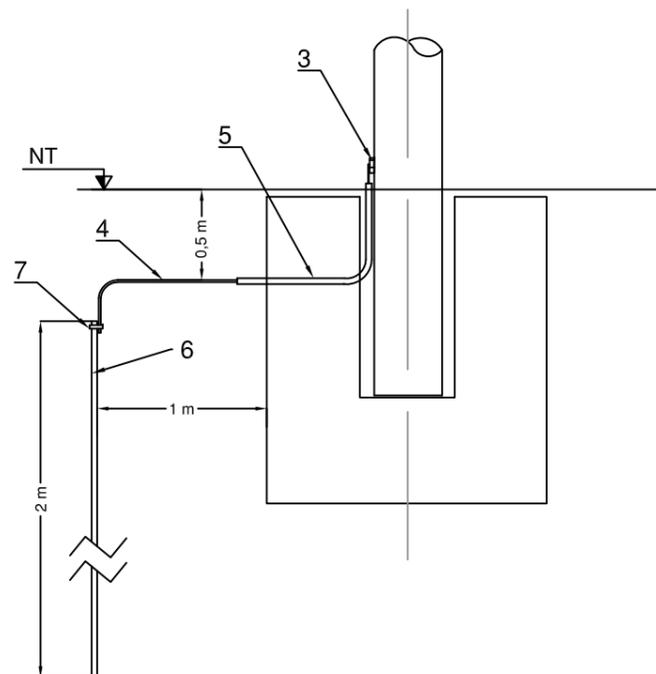
Ménsulas dobles



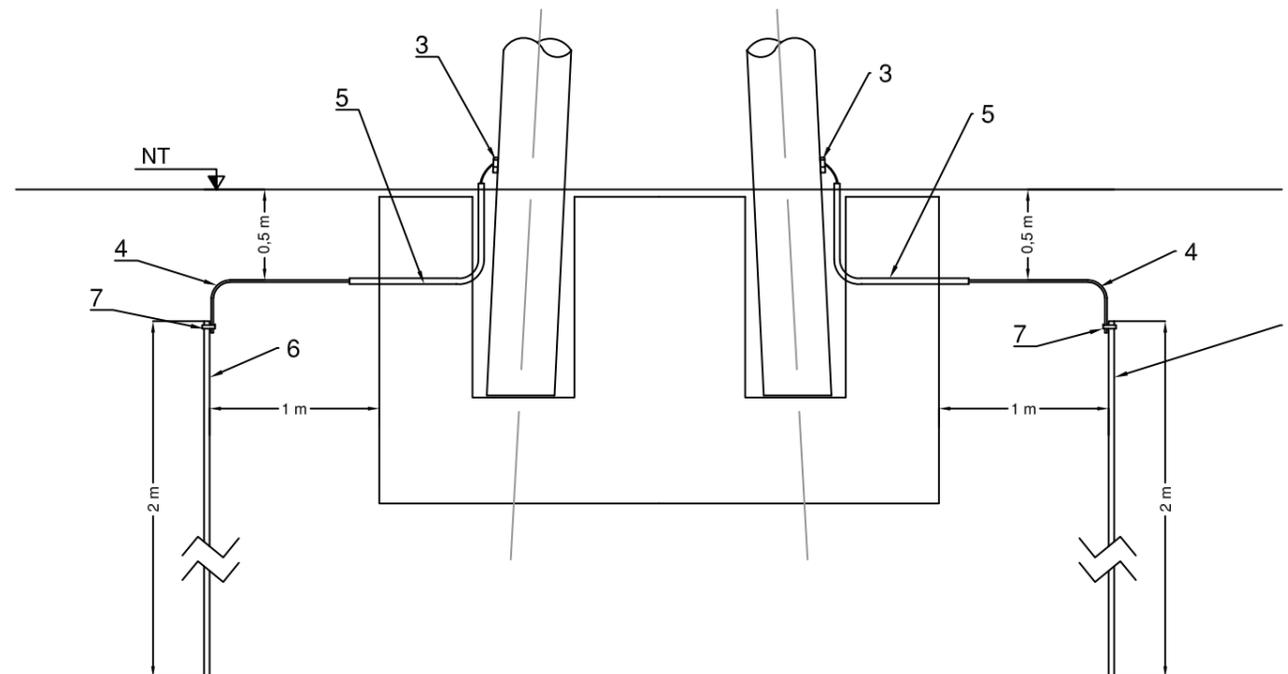
Ménsulas simples



Columna monobloque



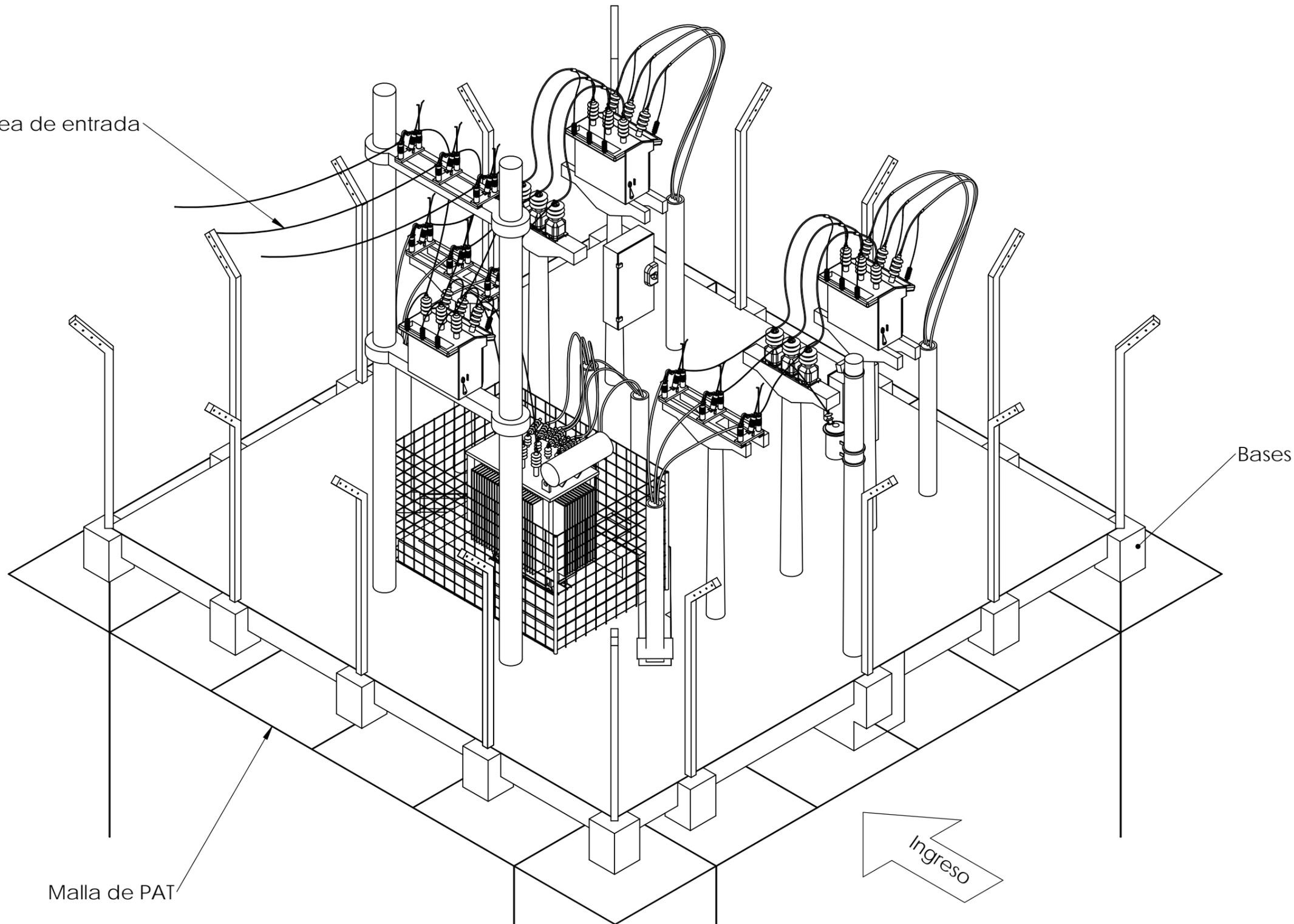
Columna doble



Item	Descripción
1	Cable desnudo 1x35 mm <sup>2</sup> A°G° (mn 101)
2	Grampa para P.A.T. NC3 con bloquete de bronce de 1/2"
3	Morseto para P.A.T. cobre 50 - 70 mm <sup>2</sup> con bloquete de bronce de 1/2"
4	Cable desnudo 1x50 mm <sup>2</sup> Ac-Cu
5	Caño PVC flexible de 3/4"
6	Javalina tipo Cooperweld de 5/8" y 2 m
7	Tomacable T2.2

	PROYECTO:	Detalle de puesta a tierra de estructuras	
	PLANO:	<b>ESTRUCTURAS DE 33 kV</b>	
CÁTEDRA: Transmisión y distribución de la energía eléctrica	ESCALA Gral:	DIBUJÓ : Aguirre Matteo, C. Bignotti, Bruno Pezzelato, Claudio Vazquez, Cristhian	
	ESCALA Detalle:		
FECHA: Noviembre / 16	ARCHIVO:		

Linea de entrada



Malla de PAT

Jabalina

Bases

Ingreso



PROYECTO

S.E.T. de REBAJE RUTA 015

PLANO

Vista Isometrica Gral.

CÁTEDRA: Transmisión y distribución de la energía eléctrica

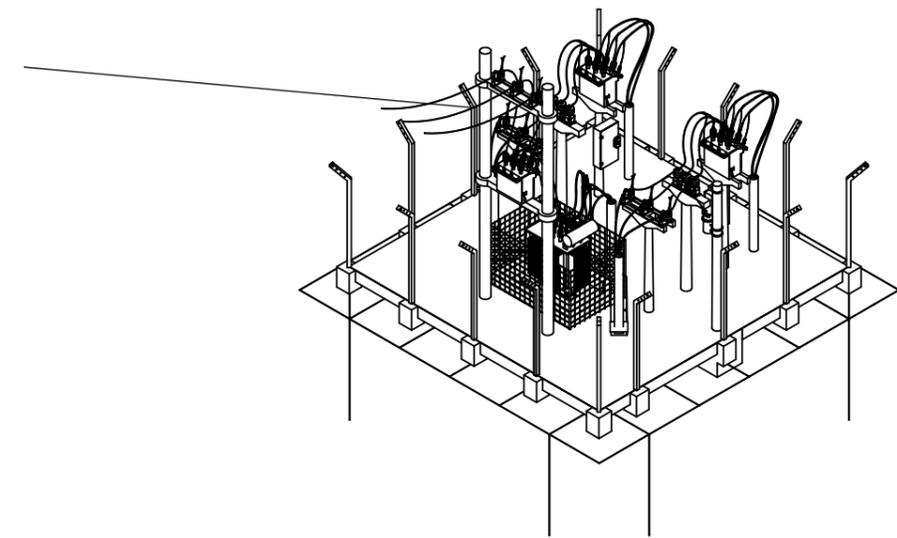
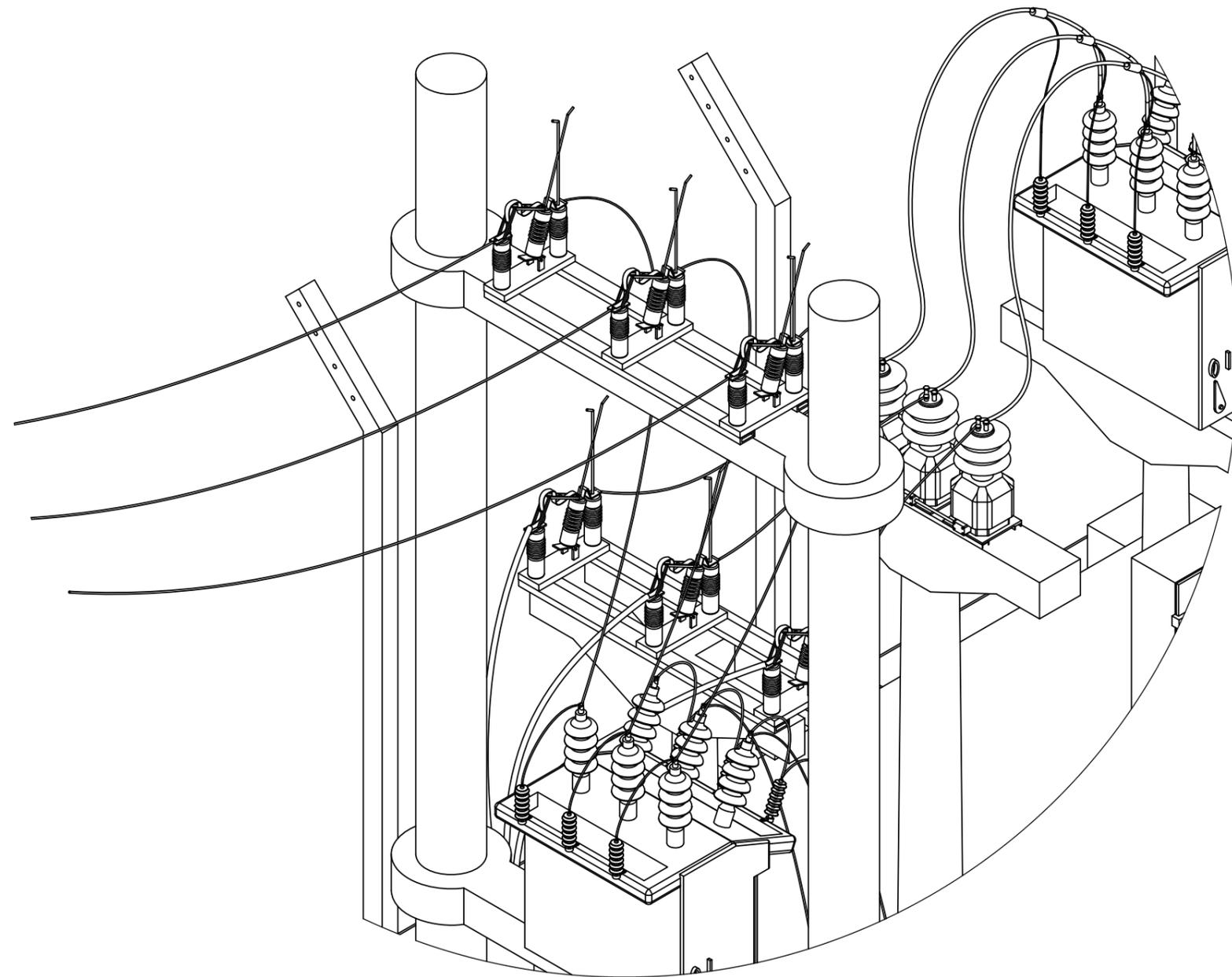
Escala Gral: 1:60

DIBUJÓ: Aguirre Matteo, C.  
Bignotti, Bruno  
Pezzelato, Claudio  
Vazquez, Cristhian

Escala en detalle:

FECHA: Noviembre/16

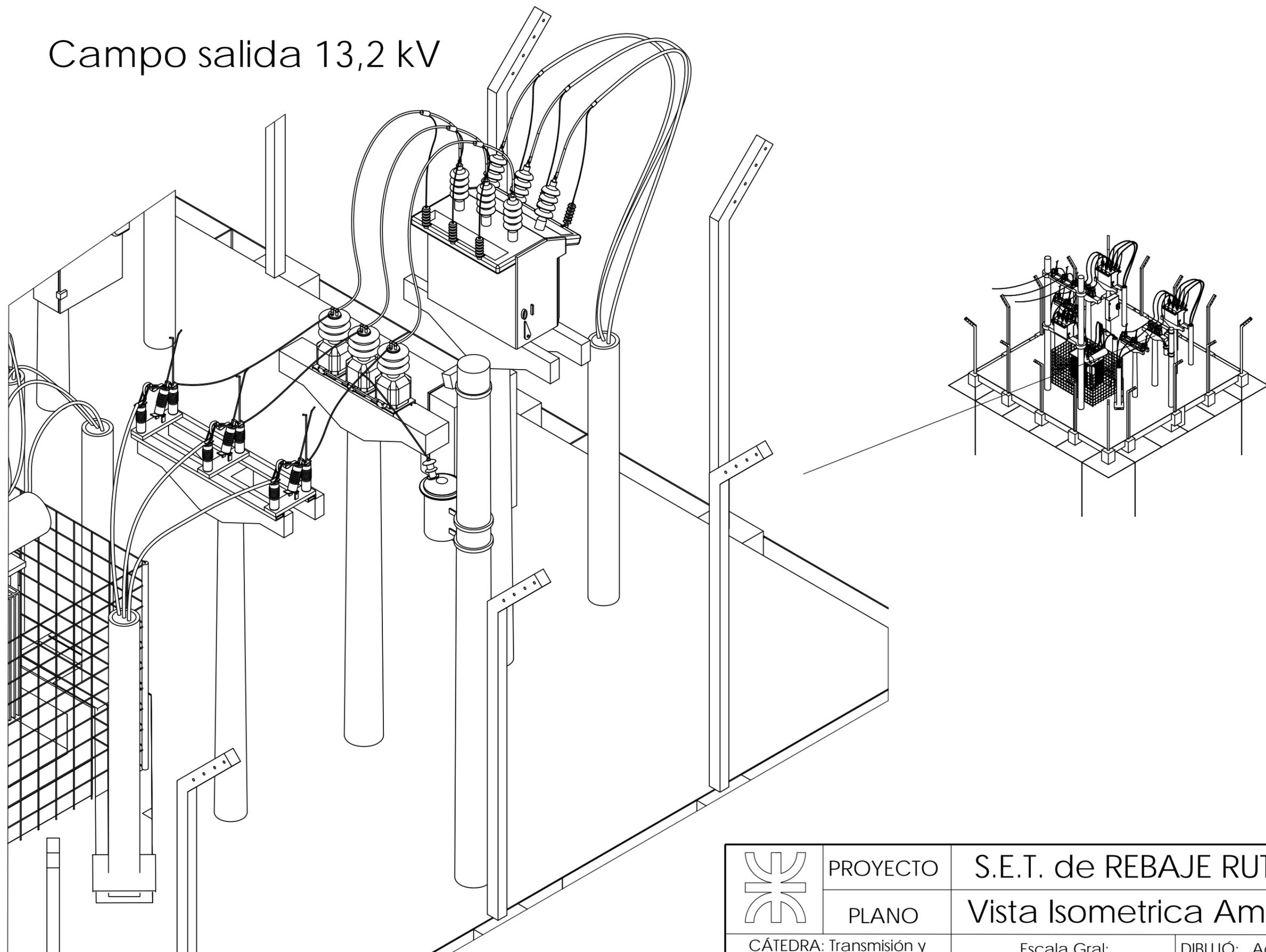
Archivo: Planos Subestacion



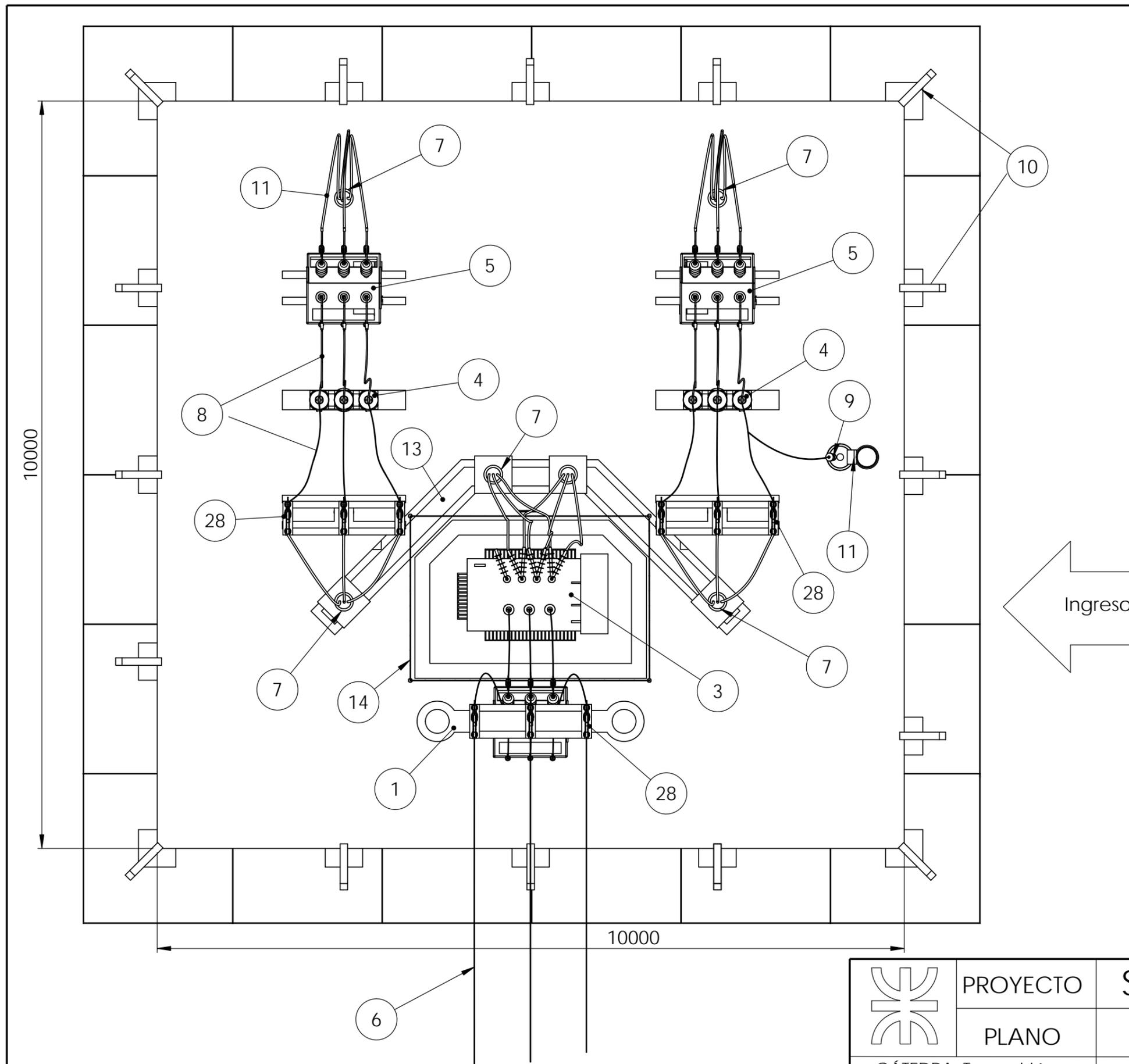
Portico de entrada

	PROYECTO	S.E.T. de REBAJE RUTA 015	
	PLANO	Vista Isometrica Ampliada	
CÁTEDRA: Transmisión y distribución de la energía eléctrica FECHA: Noviembre/16	Escala Gral:	DIBUJÓ: Aguirre Matteo, C. Bignotti, Bruno Pezzelato, Claudio Vazquez, Cristhian	
	Escala en detalle:		
	Archivo: Planos Subestacion		

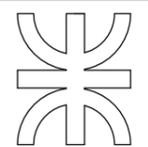
Campo salida 13,2 kV

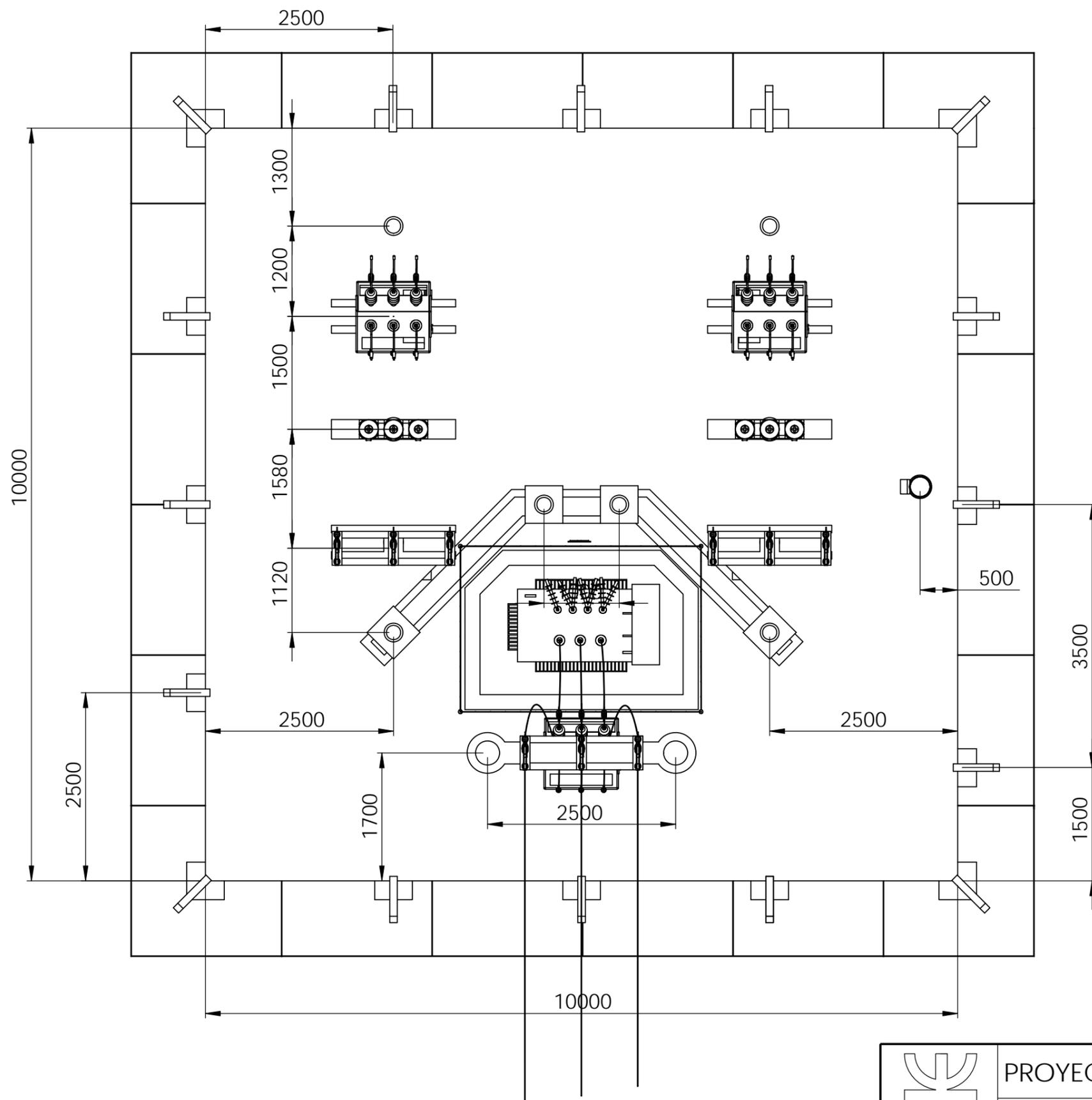


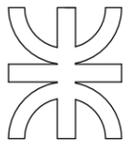
	PROYECTO	S.E.T. de REBAJE RUTA 015	
	PLANO	Vista Isometrica Ampliada	
CÁTEDRA: Transmisión y distribución de la energía eléctrica FECHA: Noviembre/16	Escala Gral:	DIBUJÓ: Aguirre Matteo, C. Bignotti, Bruno Pezzelato, Claudio Vazquez, Cristhian	
	Escala en detalle:		
	Archivo: Planos Subestacion		

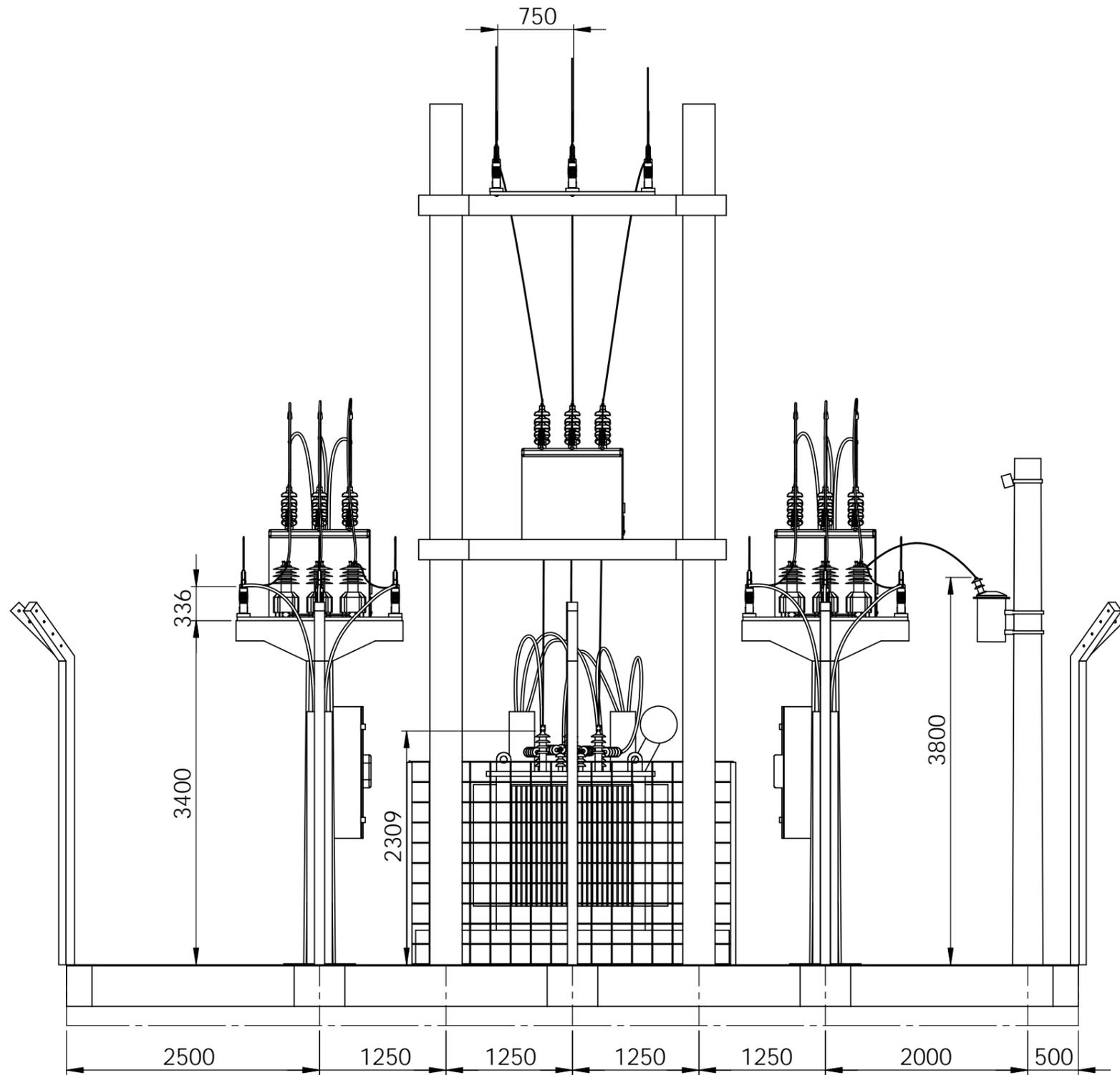


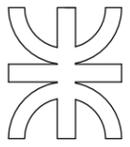
N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA
1	Pórtico de entrada
3	Transformador de potencia 33/13.2kV
4	Transformador de medición
5	Reconectador
6	Línea de entrada 33 kV
7	Caño PVC bajada subterráneo
8	Conductor aluminio desnudo 95mm <sup>2</sup>
9	Tranformador de servicios axiliars 13.2/0.4kV
10	Cable subterráneo 50mm <sup>2</sup>
11	Luminaria
12	Columna de cerco perimetral
13	Canalizaciones subterráneas, trinchera
14	Barrera perimetral del transformador
28	Seccionador a cuernos
29	Pieza2^Subestacion v2

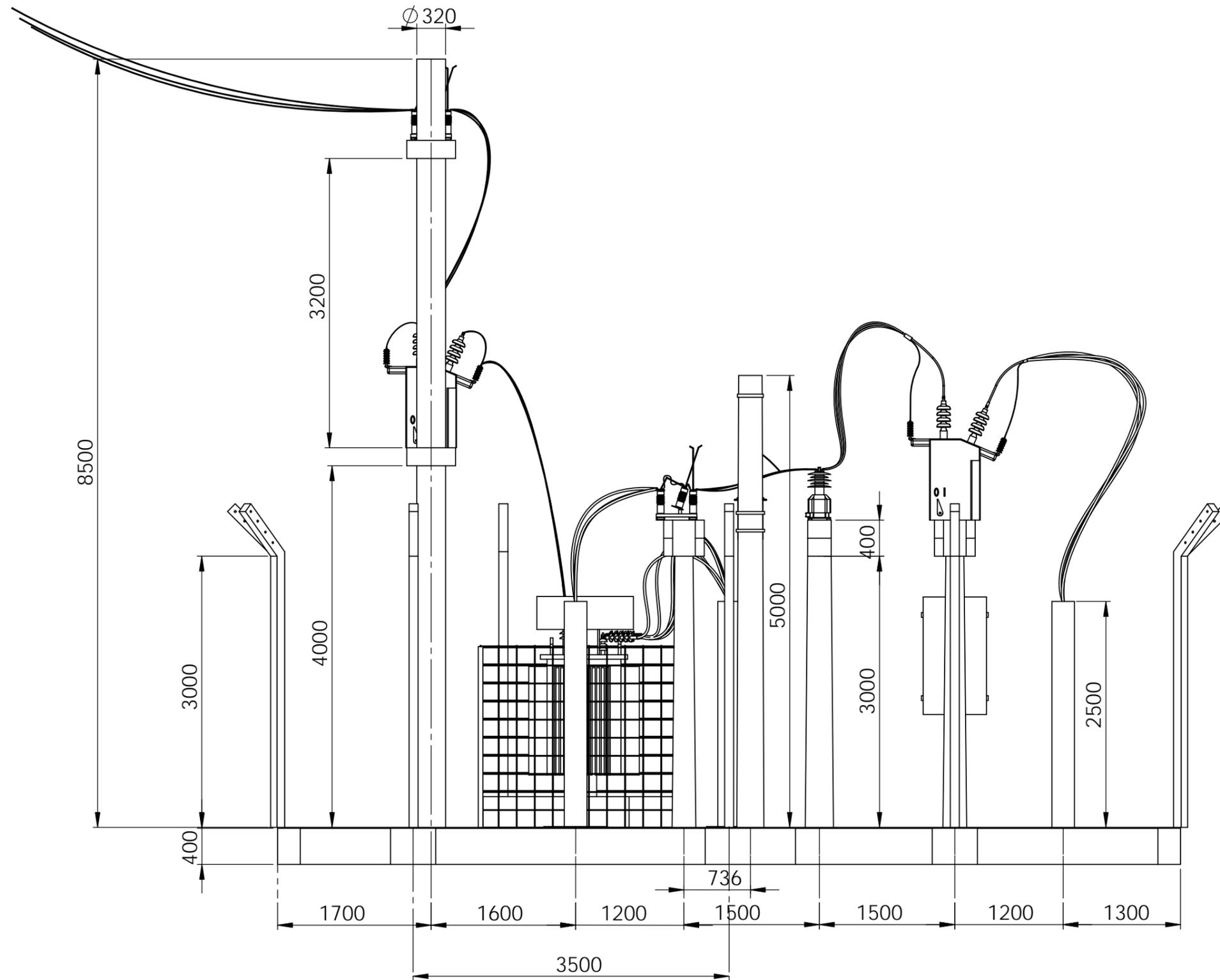
	PROYECTO	S.E.T. de REBAJE RUTA 015	
	PLANO	Planta Detalle	
CÁTEDRA: Transmisión y distribución de la energía eléctrica FECHA: Noviembre/16	Escala Gral: 1:55		DIBUJÓ: Aguirre Matteo, C. Bignotti, Bruno Pezzelato, Claudio Vazquez, Cristhian
	Escala en detalle:		
	Archivo: Planos Subestacion		



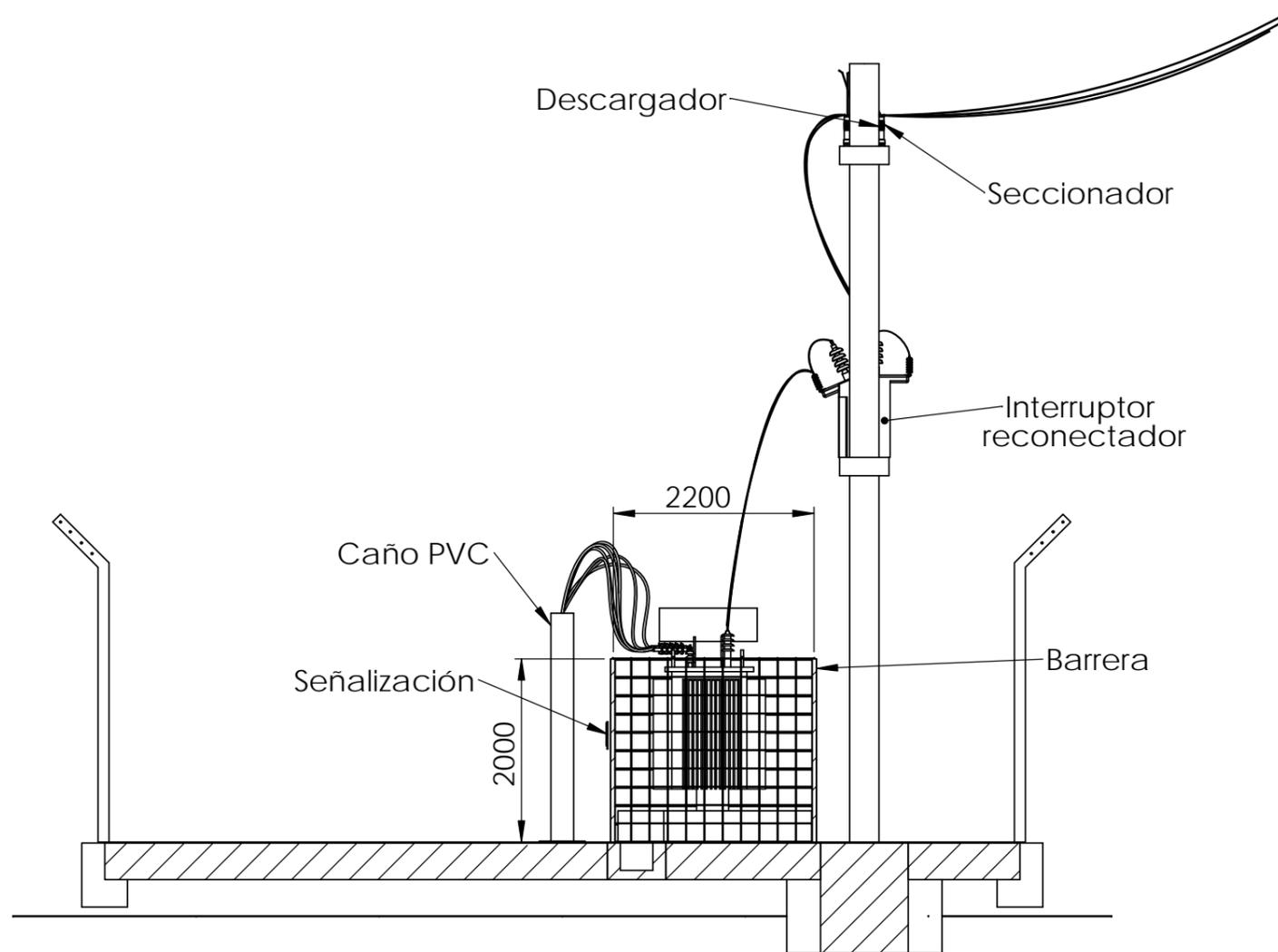
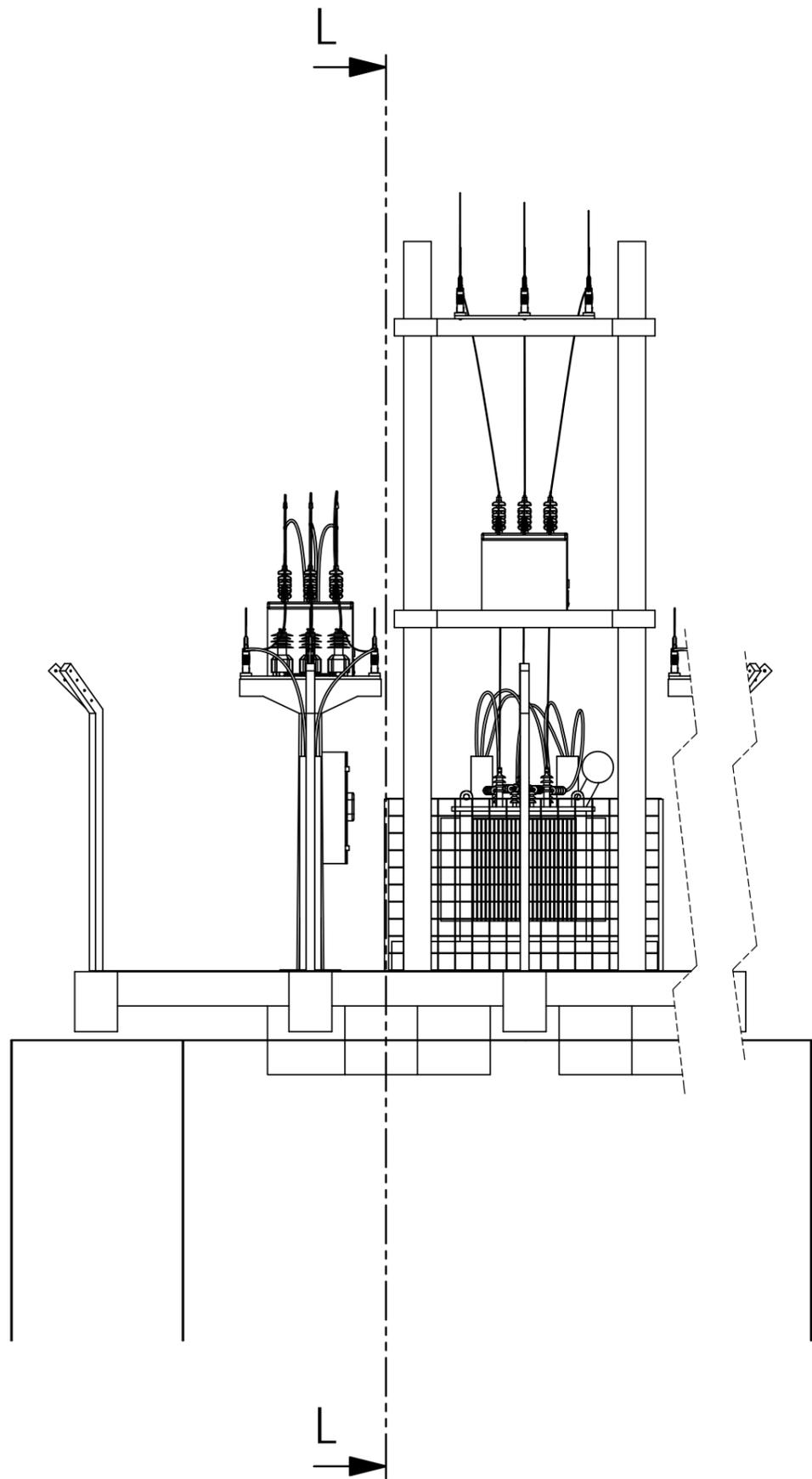
	PROYECTO	S.E.T. de REBAJE RUTA 015	
	PLANO	Planta Cotas	
CÁTEDRA: Transmisión y distribución de la energía eléctrica FECHA: Noviembre/16	Escala Gral: 1:60	DIBUJÓ: Aguirre Matteo, C. Bignotti, Bruno Pezzelato, Claudio Vazquez, Cristhian	
	Escala en detalle:		
	Archivo: Planos Subestacion		



	PROYECTO	S.E.T. de REBAJE RUTA 015	
	PLANO	Vista Lateral	
CÁTEDRA: Transmisión y distribución de la energía eléctrica FECHA: Noviembre/16	Escala Gral: 1:50	DIBUJÓ: Aguirre Matteo, C. Bignotti, Bruno Pezzelato, Claudio Vazquez, Cristhian	
	Escala en detalle:		
	Archivo: Planos Subestacion		



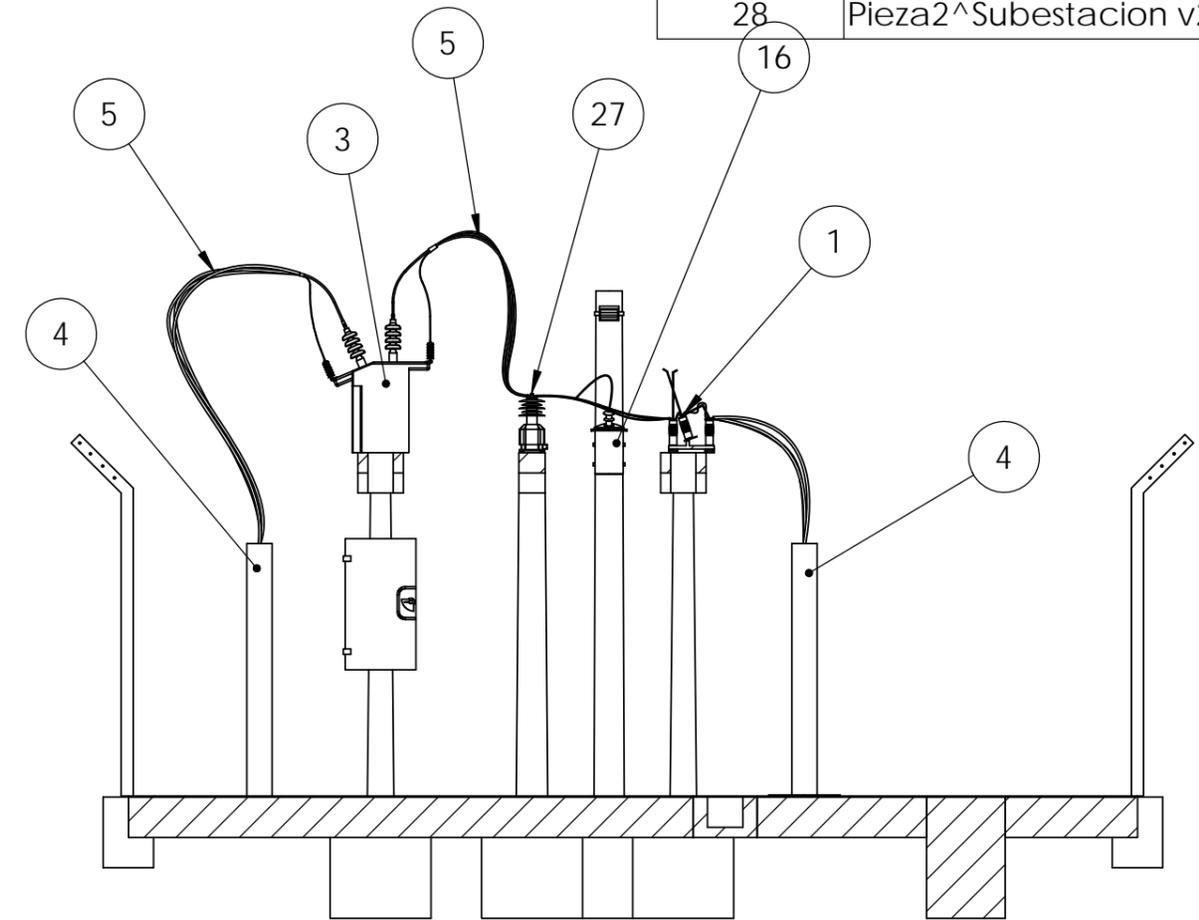
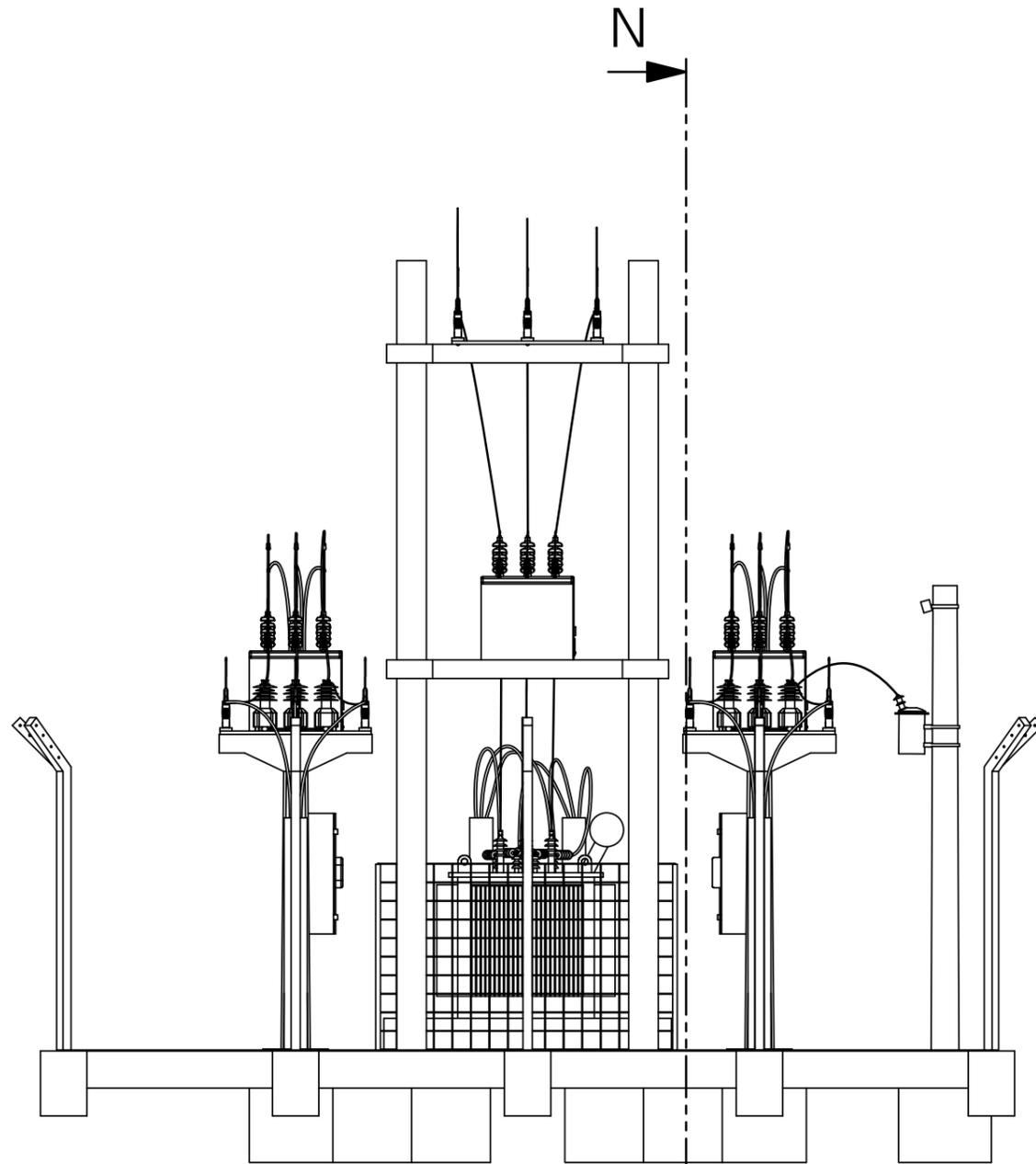
	PROYECTO	S.E.T. de REBAJE RUTA 015	
	PLANO	Vista Frente	
CÁTEDRA: Transmisión y distribución de la energía eléctrica FECHA: Noviembre/16	Escala Gral: 1:50		DIBUJÓ: Aguirre Matteo, C. Bignotti, Bruno Pezzelato, Claudio Vazquez, Cristhian
	Escala en detalle:		
	Archivo: Planos Subestacion		



SECCIÓN L-L

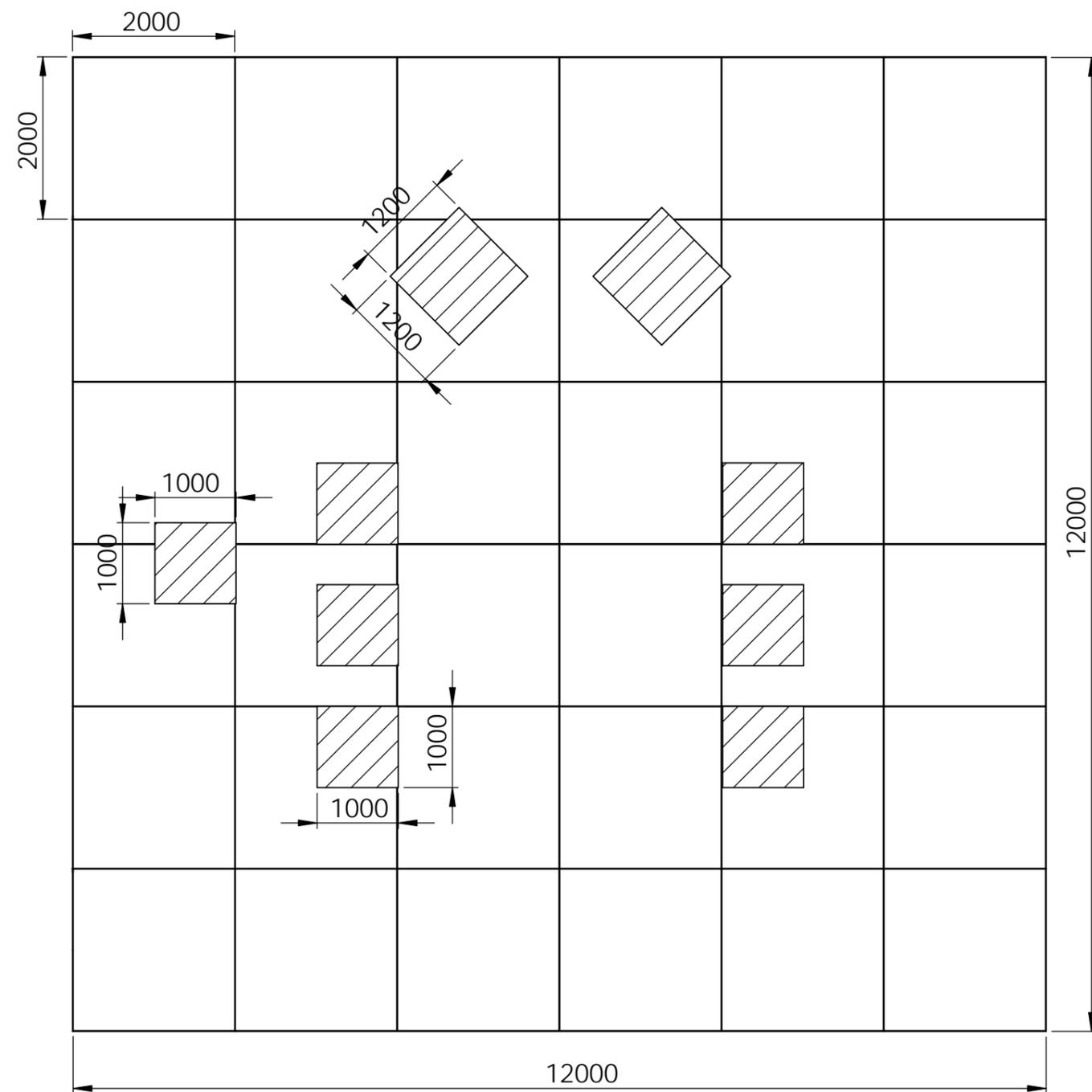
	PROYECTO	S.E.T. de REBAJE RUTA 015	
	PLANO	Corte Entrada 33 kV	
CÁTEDRA: Transmision y distribución de la energía eléctrica FECHA: Noviembre/16	Escala Gral: 1:70	DIBUJÓ: Aguirre Matteo, C. Bignotti, Bruno Pezzelato, Claudio Vazquez, Cristhian	
	Escala en detalle:		
	Archivo: Planos Subestacion		

N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA
1	Seccionador a cuernos
3	Reconectador
4	Caño PVC bajada subterráneo
5	Conductor aluminio desnudo 95mm <sup>2</sup>
6	Cable subterráneo
7	Transformador servicios auxiliares
27	Transformador de medición
28	Pieza2^Subestacion v2

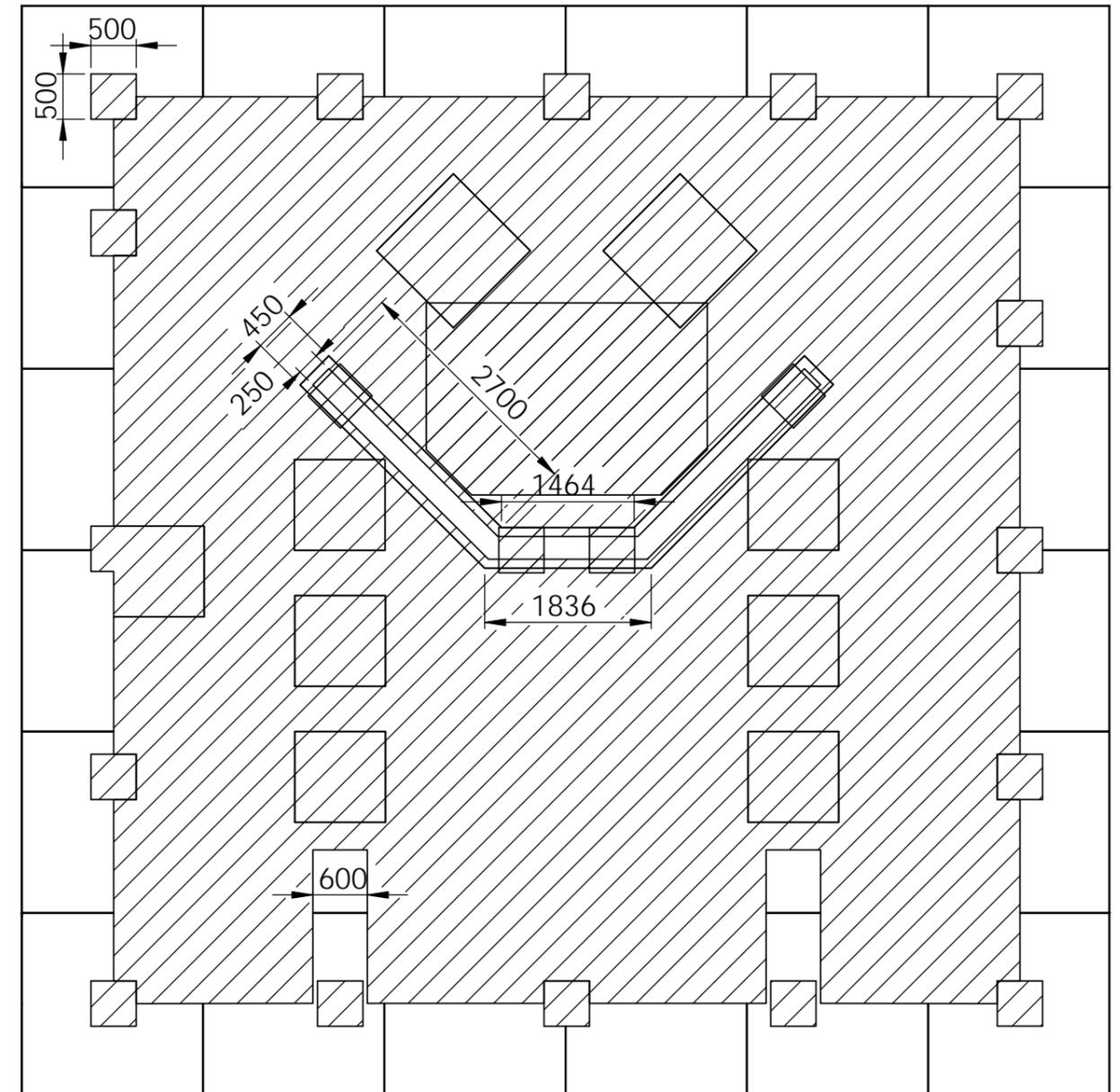


SECCIÓN N-N

	PROYECTO	S.E.T. de REBAJE RUTA 015	
	PLANO	Corte Campo 13.2 kV	
CÁTEDRA: Transmision y distribución de la energía eléctrica FECHA: Noviembre/16	Escala Gral: 1:70		DIBUJÓ: Aguirre Matteo, C. Bignotti, Bruno Pezzelato, Claudio Vazquez, Cristhian
	Escala en detalle:		
	Archivo: Planos Subestacion		

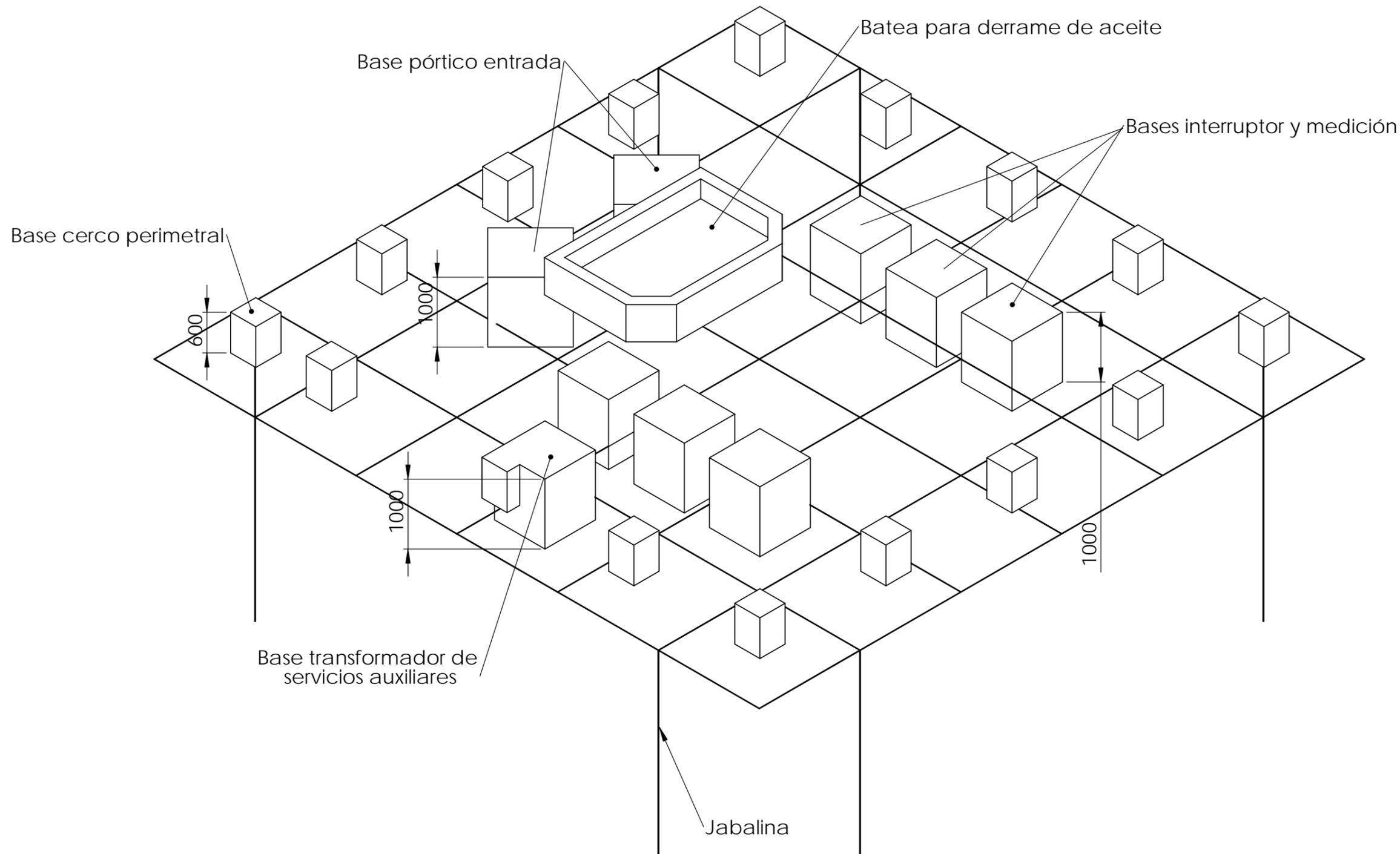


Malla de puesta a tierra y bases

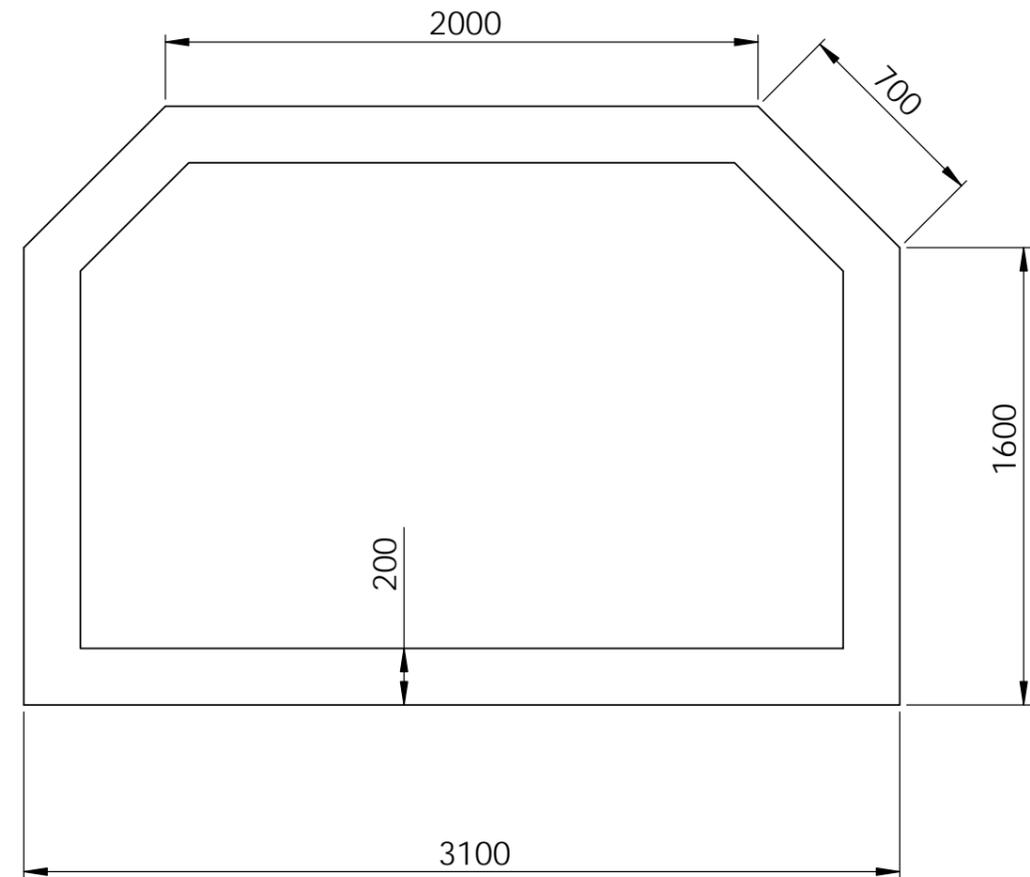
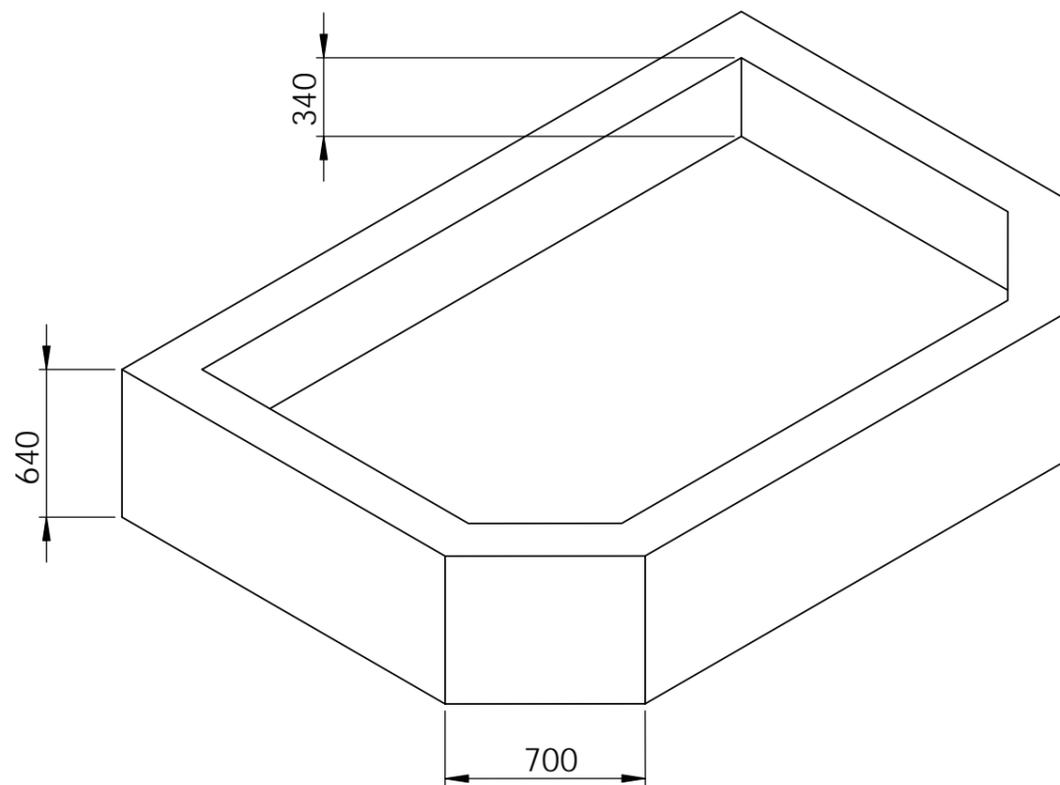


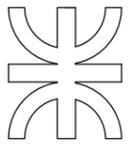
Canalizaciones

	PROYECTO	S.E.T. de REBAJE RUTA 015	
	PLANO	Bases y PAT	
CÁTEDRA: Transmisión y distribución de la energía eléctrica FECHA: Noviembre/16	Escala Gral: 1:70		DIBUJÓ: Aguirre Matteo, C. Bignotti, Bruno Pezzelato, Claudio Vazquez, Cristhian
	Escala en detalle:		
	Archivo: Planos Subestacion		



	PROYECTO	S.E.T. de REBAJE RUTA 015	
	PLANO	Jabalinas, Bases y Malla	
CÁTEDRA: Transmisión y distribución de la energía eléctrica FECHA: Noviembre/16	Escala Gral: 1:60		DIBUJÓ: Aguirre Matteo, C. Bignotti, Bruno Pezzelato, Claudio Vazquez, Cristhian
	Escala en detalle:		
	Archivo: Planos Subestacion		



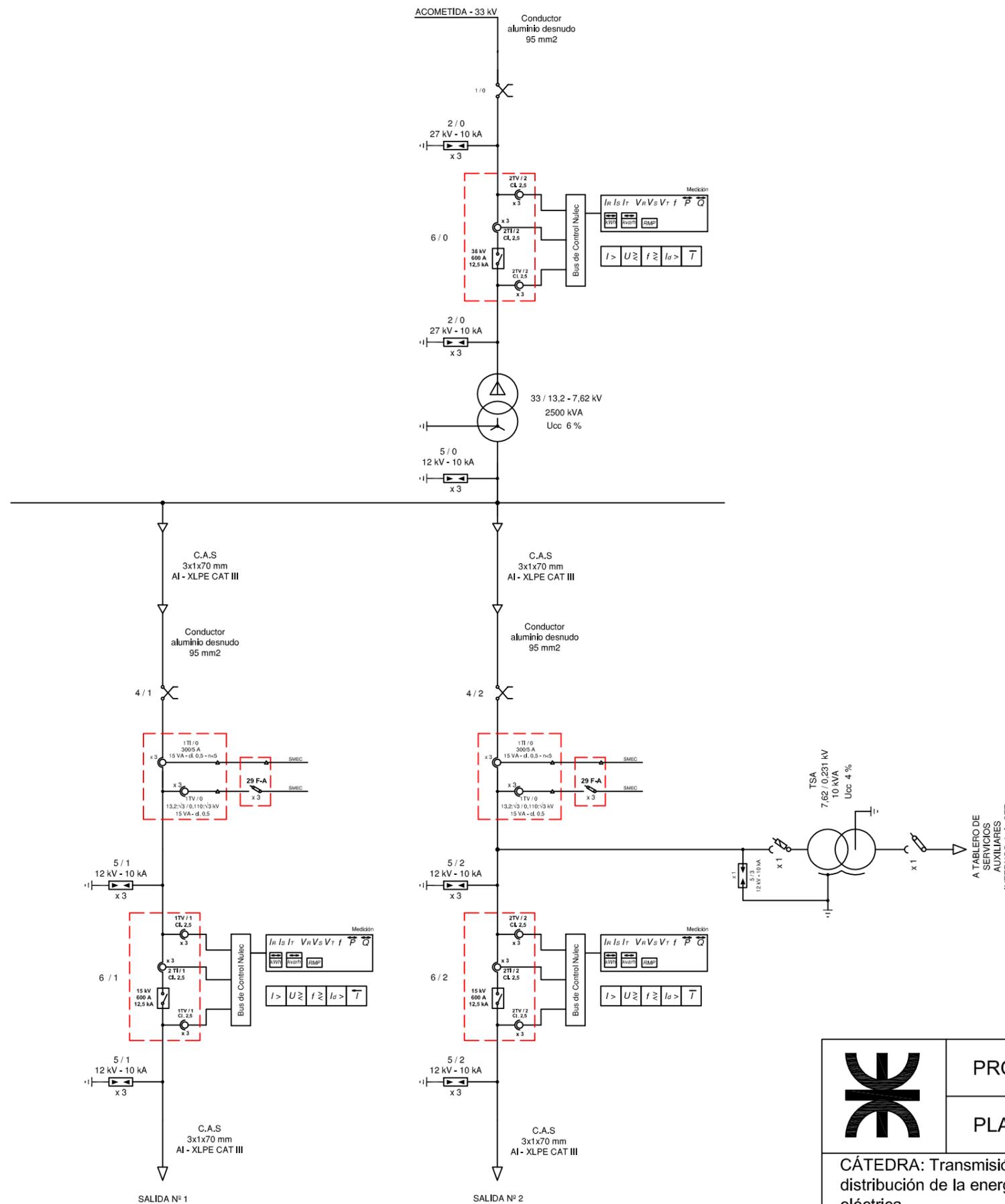
	PROYECTO	S.E.T. de REBAJE RUTA 015	
	PLANO	Detalle batea de transformador	
CÁTEDRA: Transmisión y distribución de la energía eléctrica	Escala Gral: 1:25	DIBUJÓ: Aguirre Matteo, C. Bignotti, Bruno Pezzelato, Claudio Vazquez, Cristhian	
FECHA: Noviembre/16	Escala en detalle:		
	Archivo: Planos Subestacion		

LISTADO DE EQUIPOS

- 1 / 0 SECCIONADOR TRIPOLAR A CUERNOS 33 kV
- 2 / 0 DESCARGADOR DE SOBRETENSIÓN 27 kV-10 kA
- 6 / 0 INTERRUPTOR RECONECTADOR NULEC 38 kV
- 5 / 0 DESCARGADOR DE SOBRETENSIÓN 12 kV- 10 kA
- 4 / 1 SECCIONADOR TRIPOLAR A CUERNOS 13,2 kV
- 4 / 2 SECCIONADOR TRIPOLAR A CUERNOS 13,2 kV
- 5 / 1 DESCARGADOR DE SOBRETENSIÓN 12 kV- 10 kA
- 5 / 2 DESCARGADOR DE SOBRETENSIÓN 12 kV- 10 kA
- 5 / 3 DESCARGADOR DE SOBRETENSIÓN 12 kV- 10 kA
- 6 / 1 INTERRUPTOR RECONECTADOR NULEC 15 kV
- 6 / 2 INTERRUPTOR RECONECTADOR NULEC 15 kV

NOTAS:

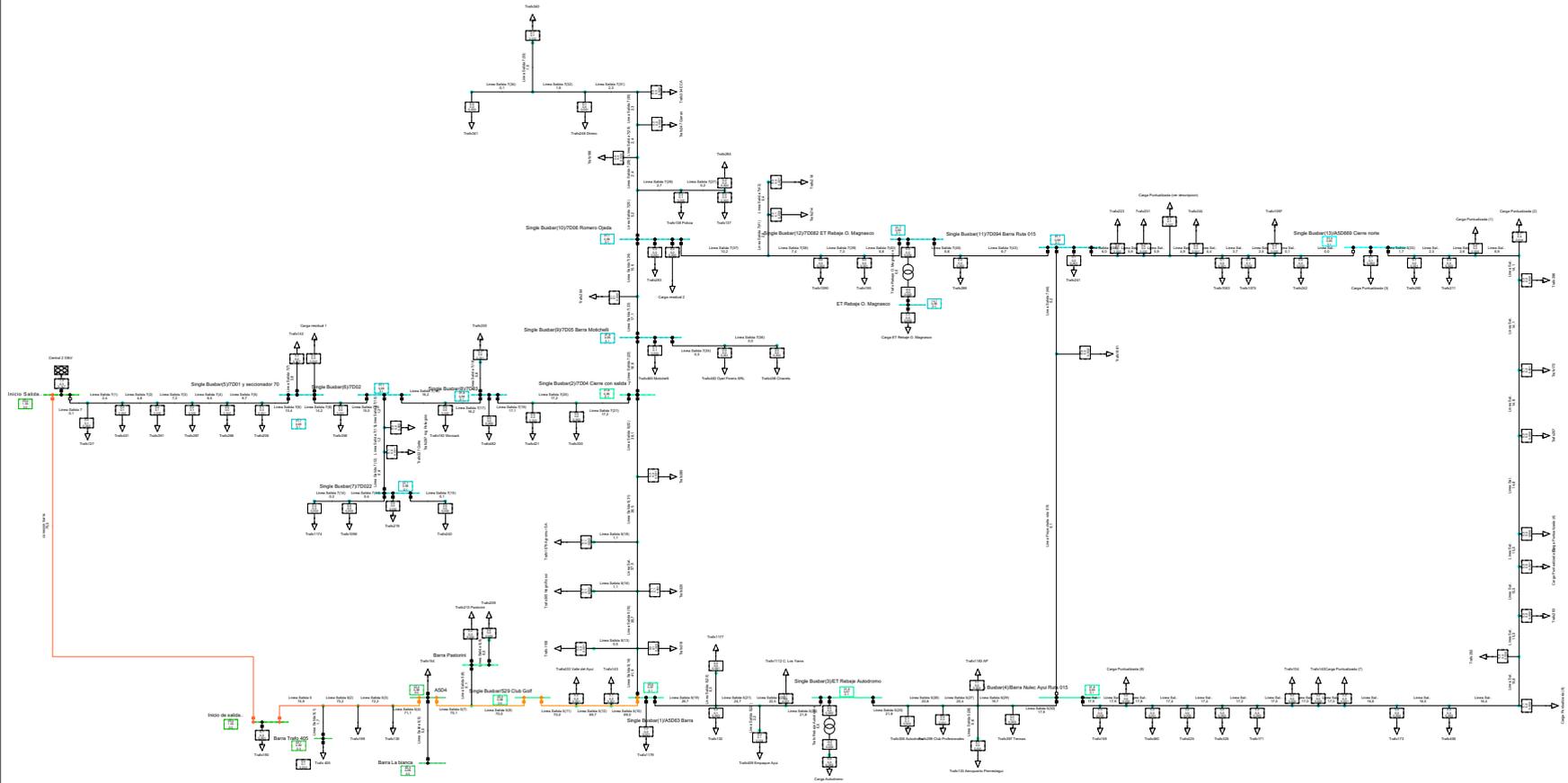
- Tc TERMÓMETRO DE CONTACTOS
- Bz BUCHHOLZ
- RPM REGISTRADOR DE MANIOBRAS Y PERTURBACIONES
- T CORRIENTE INVERSA



	PROYECTO:	S.E. de REBAJE RUTA 015	
	PLANO:	<b>ESQUEMA UNIFILAR</b>	
CÁTEDRA: Transmisión y distribución de la energía eléctrica	ESCALA Gral:	DIBUJÓ : Aguirre Matteo, C. Bignotti, Bruno Pezzelato, Claudio Vazquez, Cristhian	
	ESCALA Detalle:		
FECHA: Noviembre / 16	ARCHIVO: Unifilar.dwg		







400V Fase Relatada	
001	
002	
003	
004	
005	
006	
007	
008	
009	
010	
011	
012	
013	
014	
015	
016	
017	
018	
019	
020	
021	
022	
023	
024	
025	
026	
027	
028	
029	
030	
031	
032	
033	
034	
035	
036	
037	
038	
039	
040	
041	
042	
043	
044	
045	
046	
047	
048	
049	
050	

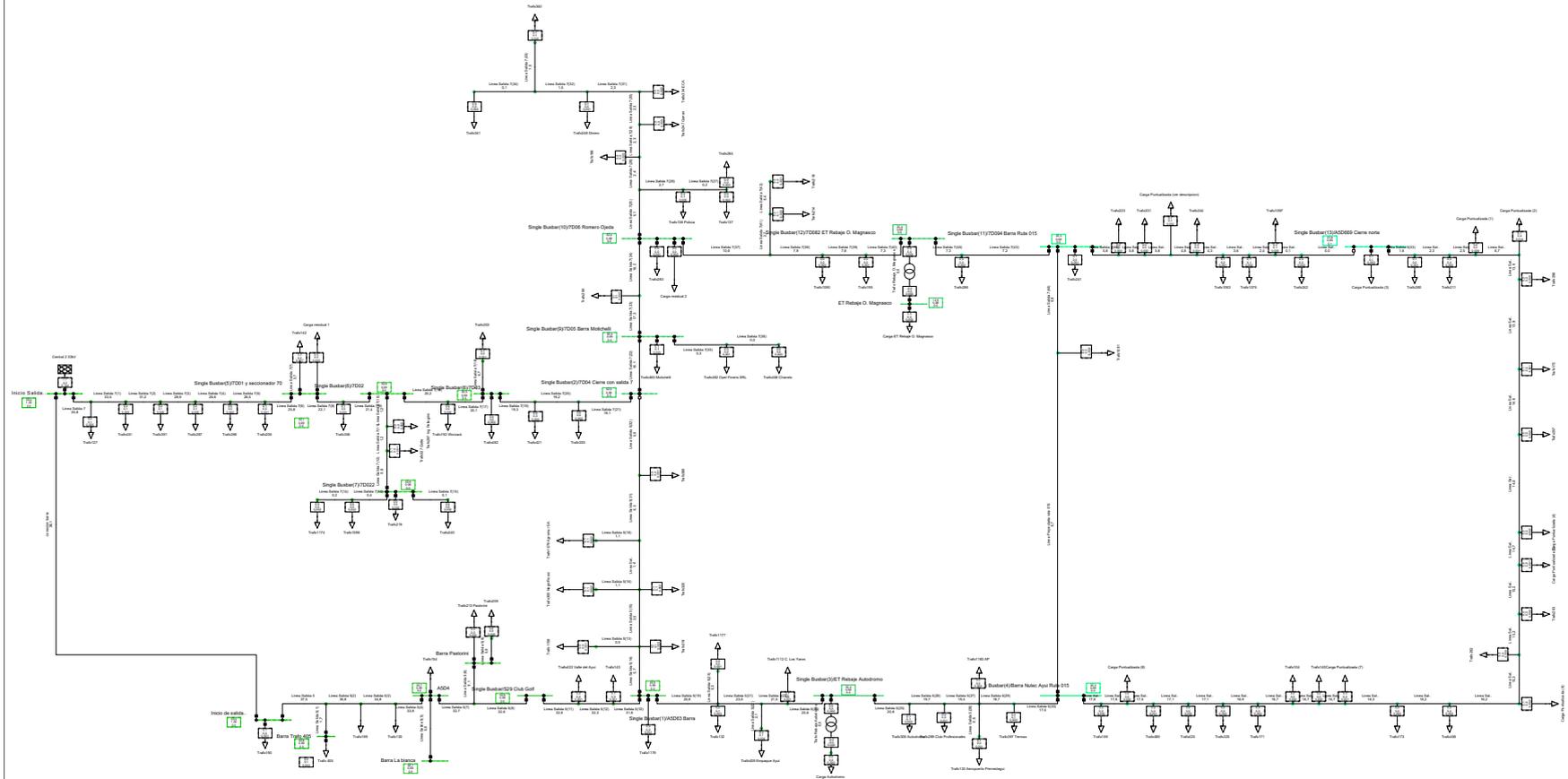
Projeto de Transmissão	Projeto 230V Home
Restauração de rede 230V zona norte Concorda	Cliente: UNIBR 230V
Calda 2	Outro: 02/2025
	Arquivo:



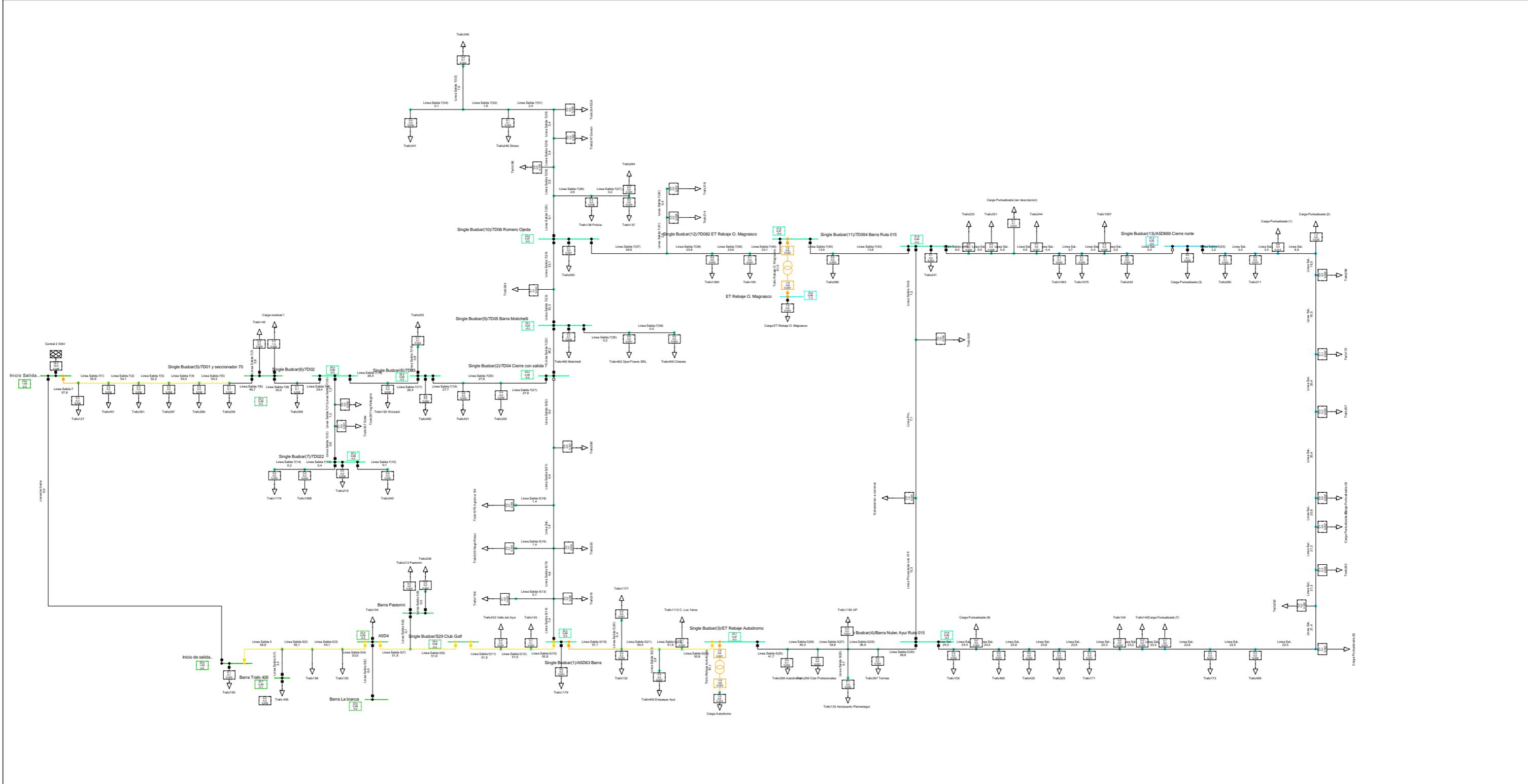
Projeto	Projeto de Transmissão
Descrição	Restauração de rede 230V zona norte Concorda
Condições de Tensão, Magnitude [kV]	Caso 4
Tensão, Magnitude [kV]	
Voltagem, Magnitude [kV]	
Voltagem, Magnitude [kV]	

Nome	Projeto 230V Norte
Descrição	Restauração de rede 230V
Condições de Tensão, Magnitude [kV]	Caso 4
Tensão, Magnitude [kV]	
Voltagem, Magnitude [kV]	
Voltagem, Magnitude [kV]	

Projeto	Projeto 230V Norte
Descrição	Restauração de rede 230V zona norte Concorda
Caso	Caso 4
Nome	Projeto 230V Norte
Descrição	Restauração de rede 230V
Caso	Caso 4
Nome	Projeto 230V Norte
Descrição	Restauração de rede 230V
Caso	Caso 4







Load Flow Balanced	
Nodes	Branches
Line-Line Voltage, Magnitude [kV]	Active Power [MW]
Voltage, Magnitude [p.u.]	Reactive Power [Mvar]
Voltage, Angle [deg]	Current, Magnitude [kA]

Proyecto de Transmision		Project: 33kV Norte
Restauración y mejora 33kV zona norte Concordia	Caso 6	Graphic: Utilidad 33kV
PowerFactory 15.1.2		Date: 10/26/2016
		Annex:





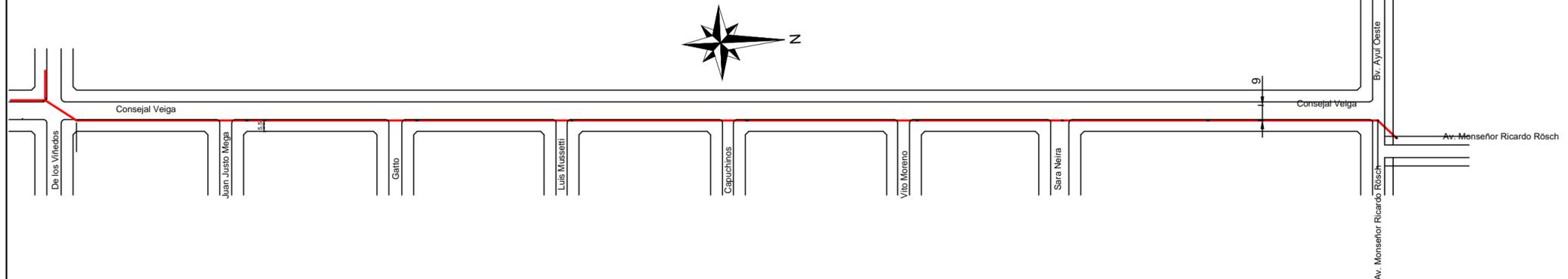


TIPO DE AISLACION	RS	RS	LP	RS	LP	LP	LP	LP	LP	LP	RS	LP
TIPO ESTRUCTURA	R	R	S+3,5	R+2,5	S+1,5	S	S+1,5	S+1,5	S+1,5	S+1,5	R	S
Nro. DE ESTRUCTURA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	



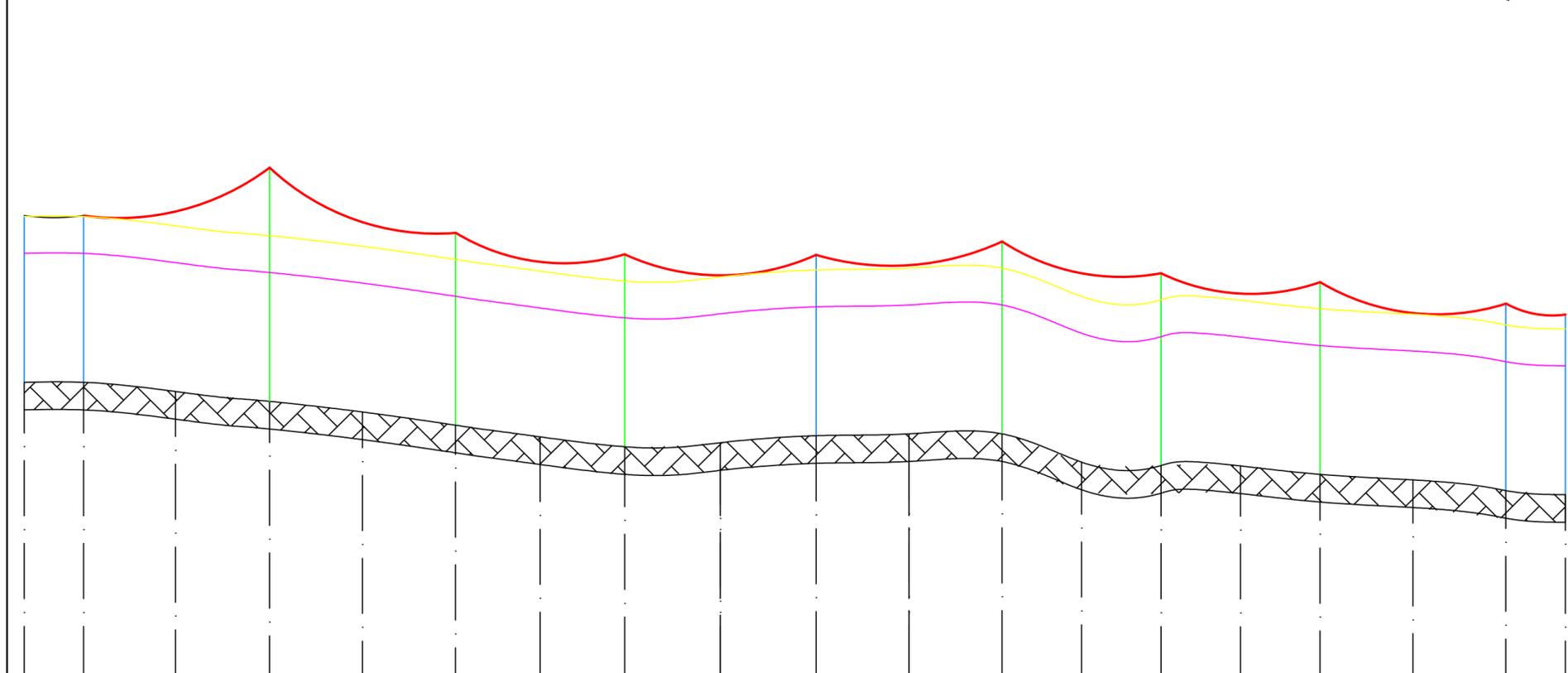
## PLANIMETRÍA

(1:2500)



## ALTIMETRÍA

(1:250)



PLANO DE COMPARACIÓN																			
COTAS	36	36	35.39	34.96	34.38	33.67	33.04	32.5	32.72	33.1	33.2	33.2	31.66	31.48	31.46	31	30.7	30.11	29.9
PROGRESIVAS	0.00	32	82	132	182	232	277.5	323	374.5	426	476	526	568.75	611.5	654.25	697	747	797	829
PROGRESIVAS DE ESTRUCTURAS	0.00	32		132		232		323		426		526		611.5		697		797	829
VANOS		32	100		100		91		103		100		85.5		85.5		100		32

### REFERENCIAS

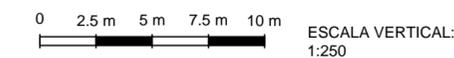
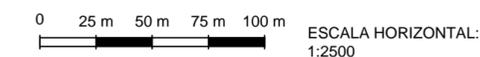
- Angulo de vértice
- Centro de calle
- Línea existente
- Línea eléctrica proyectada : 3x95 mm<sup>2</sup> 33 kV
- Línea de altura libre proyectada (9 m)
- Línea de altura libre mínima (7 m)
- Rosa de los vientos
- Alcantarilla
- km 01 km

RS: Tipo de aislación retención simple

LP: Tipo de aislación line-post

h<sub>1</sub>: Altura libre mínima admisible a la calzada de camino y terreno libre: 7 m.

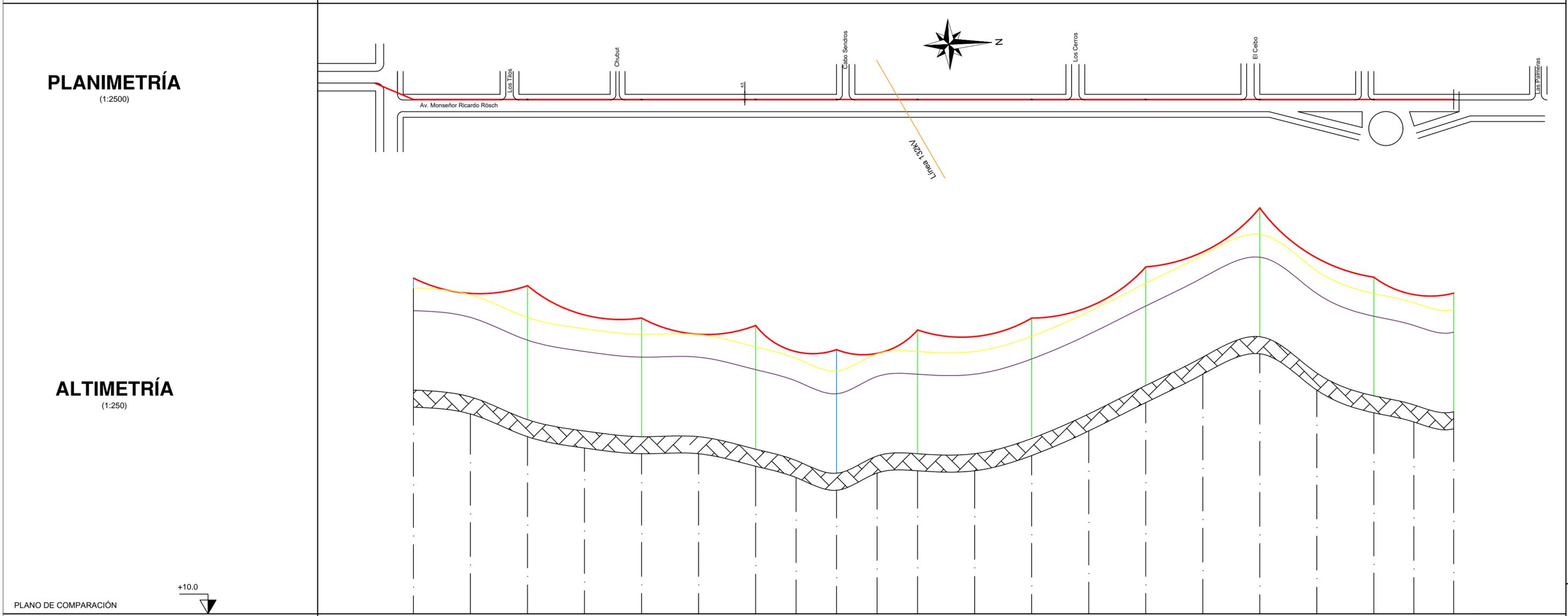
### ESCALAS



	PROYECTO:	Línea trifásica de 33 kV en tresbolillo	
	PLANO:	<b>PLANIALTIMETRÍA TRAZA TRAMO 1-2</b>	
CÁTEDRA: Transmisión y distribución de la energía eléctrica	ESCALA Gral:	DIBUJÓ : Aguirre Matteo, C. Bignotti, Bruno Pezzelato, Claudio Vazquez, Cristian	
FECHA: Noviembre / 16	ESCALA Detalle:		
	ARCHIVO:		

TIPO DE AISLACION	LP	LP	LP	LP	LP	RS	LP	LP	LP	LP	LP
TIPO ESTRUCTURA	S	S+3	S+1,5	S+2	S	R+3	S+1,5	S+1,5	S+2,5	S+1,5	S+1,5
Nro. DE ESTRUCTURA	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
DISPOSICIÓN DE FUNDACIÓN Y ESTRUCTURA											

ÁNGULO DE VÉRTICE

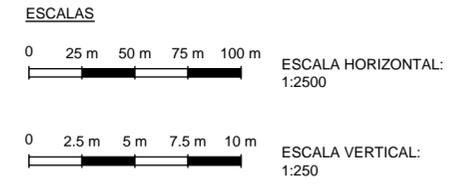


PLANO DE COMPARACIÓN																					
COTAS	29.7	29.1	27.1	26.1	25.6	25.5	24.5	23.5	23.5	23.9	24.1	24.1	25.6	27.6	30.1	32.6	34.4	31.2	29.2	28.4	27.8
PROGRESIVAS	0	50	100	150	200	250	300	335.5	371	406.5	442	492	542	592	642	692	742	788	834	869	892
PROGRESIVAS DE ESTRUCTURAS	0	100	100	200	100	300	71	371	71	442	100	542	100	642	100	742	100	842	70	942	
VANOS		100		100		100		71		71		100		100		100		100		70	

REFERENCIAS

- Angulo de vértice
- Centro de calle
- Línea existente
- Línea eléctrica proyectada : 3x95 mm² 33 kV
- Línea de altura libre proyectada (9 m)
- Línea de altura libre mínima (7 m)
- Rosa de los vientos
- Alcantarilla
- km

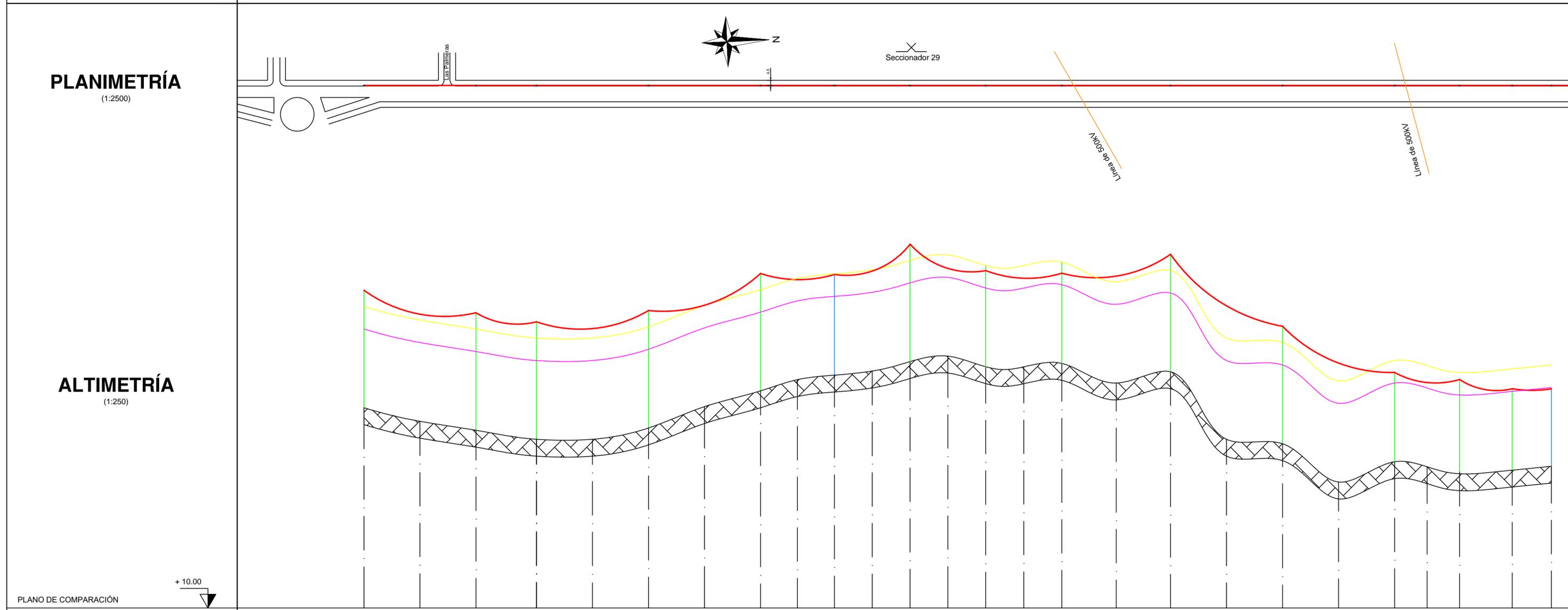
RS: Tipo de aislación retención simple  
 LP: Tipo de aislación line-post  
 h\_1: Altura libre mínima admisible a la calzada de camino y terreno libre: 7 m.



	PROYECTO:	Línea trifásica de 33 kV en tresbolillo	
	PLANO:	<b>PLANIALTIMETRÍA TRAZA TRAMO 2-3</b>	
CÁTEDRA: Transmisión y distribución de la energía eléctrica	ESCALA Gral:	DIBUJÓ : Aguirre Matteo, C. Bignotti, Bruno Pezzelato, Claudio Vazquez, Cristhian	
	ESCALA Detalle:		
FECHA: Noviembre / 16	ARCHIVO:		

TIPO DE AISLACIÓN	LP	LP	LP	LP	LP	RS	LP	RS	LP	LP	LP	LP	LP	LP	RS
TIPO ESTRUCTURA	S+1,5	S+1,5	S	S+1,5	S+1,5	R	S+1,5	R+0,5	S	S+1,5	S+1,5	S	S	S	R
Nro. DE ESTRUCTURA	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
DISPOSICIÓN DE FUNDACIÓN Y ESTRUCTURA															

ANGULO DE VÉRTICE



COTAS	27.8	26.6	25.8	25	25	26	27.9	29.3	30.3	30.7	31.06	31.9	32.38	31.4	31.44	31.74	30	31	25	24.6	21.2	23	22.56	22.1	22.25	22.6				
PROGRESIVAS	0	50	100	154	204	254	304	354	387	420	453.75	487.5	521.25	555	589	623	671.5	720	770	820	870	920	949	978	1025	1060				
PROGRESIVAS DE ESTRUCTURAS	0	100	100	154	100	254	100	354	66	420	67.5	487.5	67.5	555	68	623	97	720	100	820	100	920	58	978	47	1025	35	1060		
VANOS		100		54		100		100		66		67.5		67.5		68		97		100		100		58		47		35		1060

**REFERENCIAS**

- Angulo de vértice
- Centro de calle
- Linea existente
- Linea eléctrica proyectada : 3x95 mm<sup>2</sup> 33 kV
- Linea de altura libre proyectada (9 m)
- Linea de altura libre mínima (7 m)
- Rosa de los vientos
- Alcantarilla
- km

RS: Tipo de aislación retención simple

LP: Tipo de aislación line-post

h\_1: Altura libre mínima admisible a la calzada de camino y terreno libre: 7 m.

**ESCALAS**

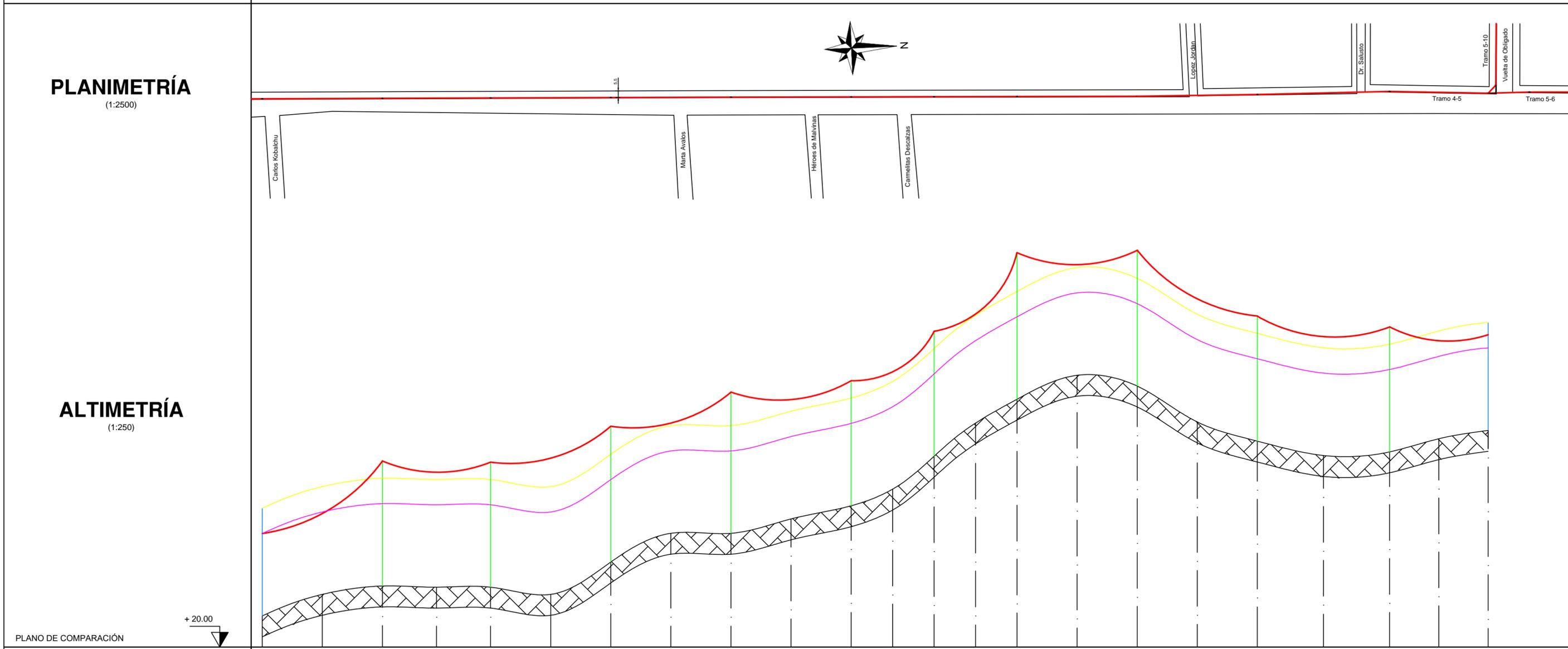
ESCALA HORIZONTAL: 1:2500

ESCALA VERTICAL: 1:250

	PROYECTO:	Línea trifásica de 33 kV en tresbolillo
	PLANO:	<b>PLANIALTIMETRÍA TRAZA TRAMO 3-4</b>
CÁTEDRA: Transmisión y distribución de la energía eléctrica	ESCALA Gral:	DIBUJÓ : Aguirre Matteo, C. Bignotti, Bruno Pezzelato, Claudio Vazquez, Cristhian
FECHA: Noviembre / 16	ESCALA Detalle:	
	ARCHIVO:	

TIPO DE AISLACIÓN	RS	LP	LP	LP	LP	LP	LP	LP	LP	LP	RS	LP
TIPO ESTRUCTURA	R	S+1,5	S+1,5	S+2,5	S+3	S+1,5	S+1,5	S+3,5	S+2,5	S+1,5	R+2,5	S
Nro. DE ESTRUCTURA	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46
DISPOSICIÓN DE FUNDACIÓN Y ESTRUCTURA												

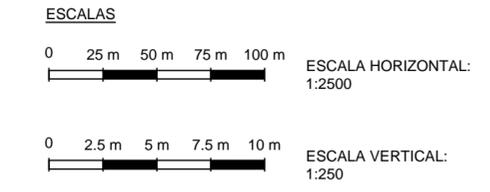
ÁNGULO DE VÉRTICE



REFERENCIAS

- Angulo de vértice
- Centro de calle
- Línea existente
- Línea eléctrica proyectada : 3x95 mm² 33 kV
- Línea de altura libre proyectada (9 m)
- Línea de altura libre mínima (7 m)
- Rosa de los vientos
- Alcantarilla
- km

RS: Tipo de aislación retención simple  
 LP: Tipo de aislación line-post  
 h\_1: Altura libre mínima admisible a la calzada de camino y terreno libre: 7 m.



PLANO DE COMPARACIÓN																									
COTAS	22.6	24.4	25.1	25	25	24.4	27.1	29.5	29.5	30.7	31.8	33.19	35.9	38.7	40.7	42.7	41.8	38.8	37.2	36	36.3	37.4	38.1		
PROGRESIVAS	0	50	100	145	190	240	290	340	390	440	490	524.5	559	593.5	628	678	728	778	828	883	938	979	1020		
PROGRESIVAS DE ESTRUCTURAS	0		100		190		290		390		490		559		628		728		828		938		1020		
VANOS		100		90		100		100		100		69		69		100		100		828		110		82	



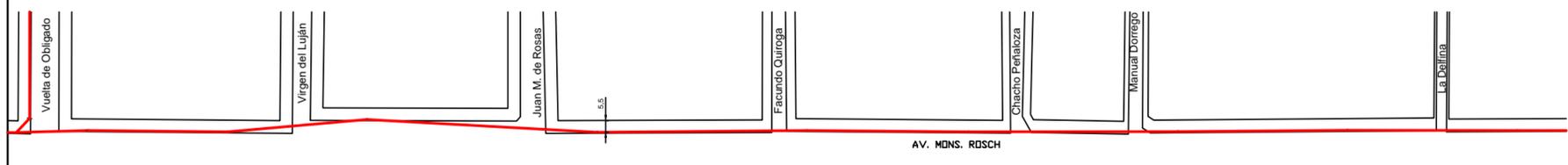
PROYECTO:	Línea trifásica de 33 kV en tresbolillo	
PLANO:	<b>PLANIALTIMETRÍA TRAZA TRAMO 4-5</b>	
CÁTEDRA: Transmisión y distribución de la energía eléctrica	ESCALA Gral:	DIBUJÓ : Aguirre Matteo, C. Bignotti, Bruno Pezzelato, Claudio Vazquez, Cristhian
	ESCALA Detalle:	
FECHA: Noviembre / 16	ARCHIVO:	

TIPO DE AISLACIÓN	LP	LP	LP	LP	LP	LP	LP	LP	LP	RS
TIPO ESTRUCTURA	R	S+1,5	S+3	R						
Nro. DE ESTRUCTURA	46	47	48	49	50	51	52	53	54	
DISPOSICIÓN DE FUNDACIÓN Y ESTRUCTURA										

ÁNGULO DE VÉRTICE

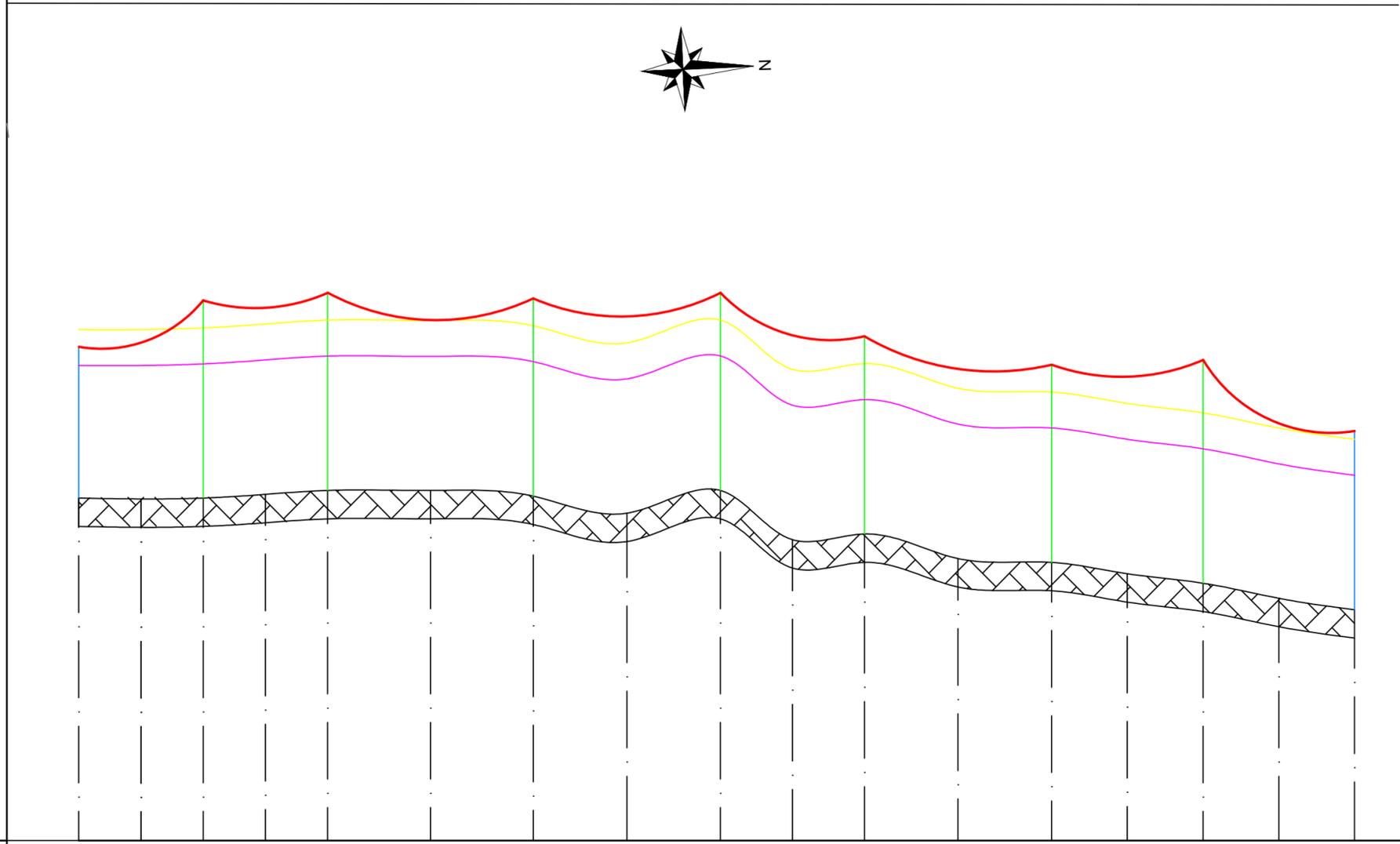
## PLANIMETRÍA

(1:2500)



## ALTIMETRÍA

(1:250)



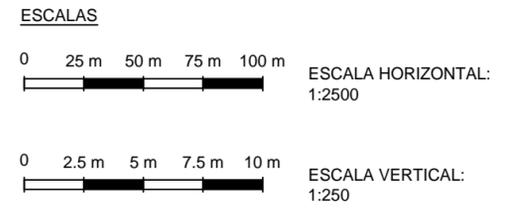
PLANO DE COMPARACIÓN

COTAS	38	38.05	38.1	38.29	38.5	38.5	38.2	37.3	38.5	35.9	36.2	34.9	34.7	34.1	33.6	32.8	32.2
PROGRESIVAS	0	33.25	66.5	99.75	133	173	243	283	343	381.5	420	470	520	560.5	601	641.5	681
PROGRESIVAS DE ESTRUCTURAS	0	66.5	66.5	133			243		343		420		520		601		681
VANOS		66.5	66.5	66.5		110		100		77		100		81		80	

### REFERENCIAS

- Angulo de vértice
- Centro de calle
- Línea existente
- Línea eléctrica proyectada : 3x70 mm² 33 kV
- Línea de altura libre proyectada (9 m)
- Línea de altura libre mínima (7 m)
- Rosa de los vientos
- Alcantarilla
- km 01 km

RS: Tipo de aislación retención simple  
 LP: Tipo de aislación line-post  
 h\_1: Altura libre mínima admisible a la calzada de camino y terreno libre: 7 m.



PROYECTO:	Línea trifásica de 33 kV en tresbolillo
PLANO:	<b>PLANIALTIMETRÍA TRAZA TRAMO 5-6</b>

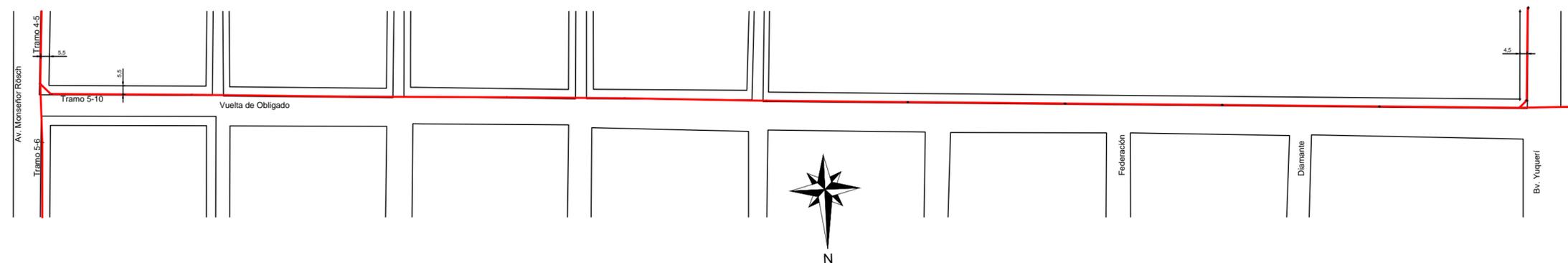
CÁTEDRA: Transmisión y distribución de la energía eléctrica	ESCALA Gral:	DIBUJÓ : Aguirre Matteo, C. Bignotti, Bruno Pezzelato, Claudio Vazquez, Cristhian
	ESCALA Detalle:	
FECHA: Noviembre / 16	ARCHIVO:	

TIPO DE AISLACIÓN	LP	RS	LP	LP	LP								
TIPO ESTRUCTURA	S	R	S+1,5	S	S								
Nro. DE ESTRUCTURA	46	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	
DISPOSICIÓN DE FUNDACIÓN Y ESTRUCTURA													

ÁNGULO DE VÉRTICE

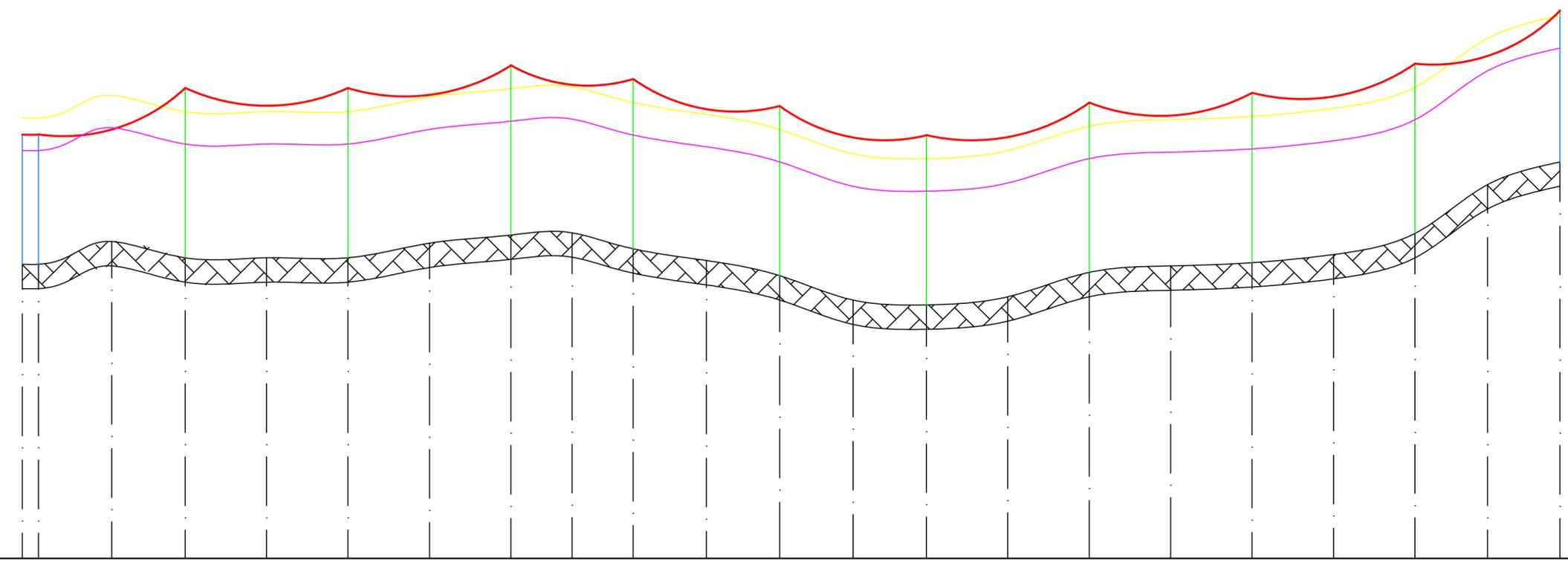
## PLANIMETRÍA

(1:2500)



## ALTIMETRÍA

(1:250)



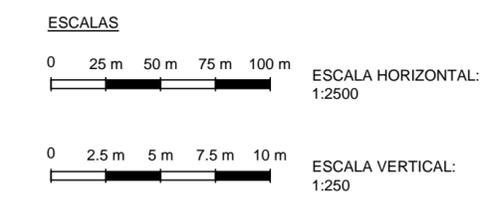
PLANO DE COMPARACION

COTAS	38.1	38.1	39.5	38.5	38.5	38.5	39.4	39.9	40.03	39.05	38.33	37.4	35.9	35.6	36.1	37.6	38	38.2	38.7	40	43	44.4	
PROGRESIVAS	0	10	55	100	150	200	250	300	337.5	375	420	465	510	555	605	655	705	755	805	855	899.5	944	
PROGRESIVAS DE ESTRUCTURAS	0	10		100		200		300		375		465		555		655		755		855		944	
VANOS		10	90		100		100		200		100	90		90		100		100		100		89	

### REFERENCIAS

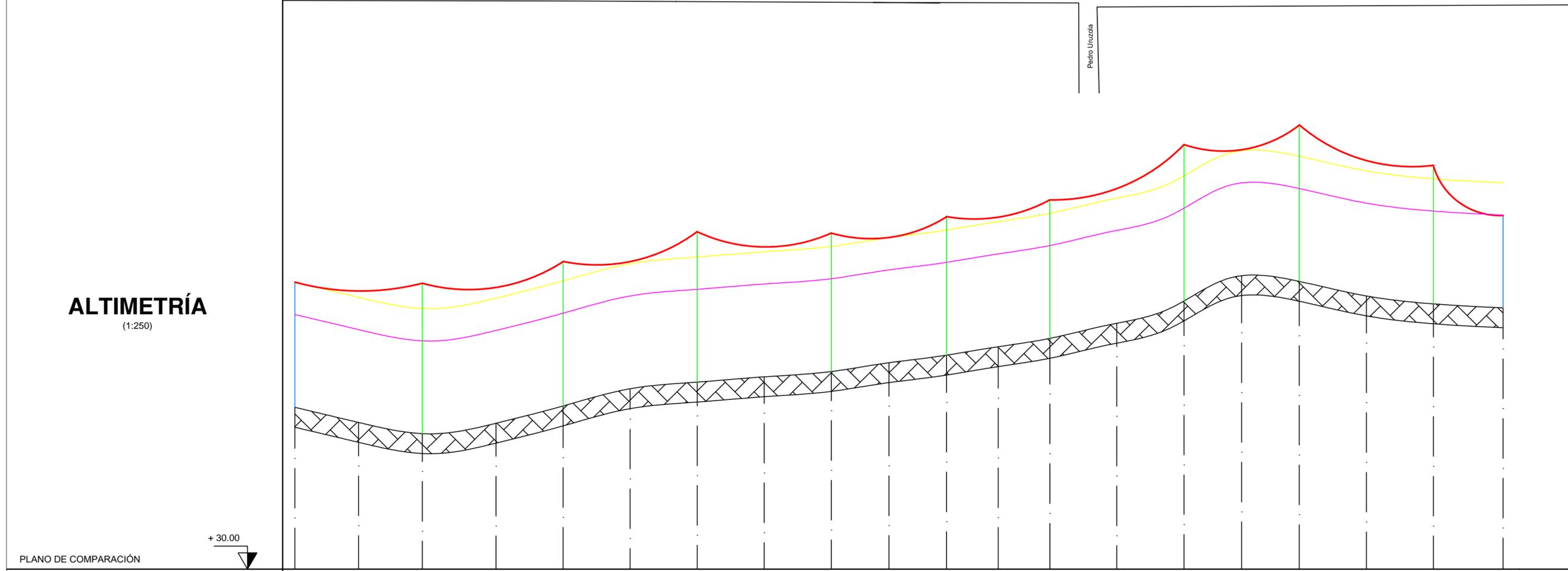
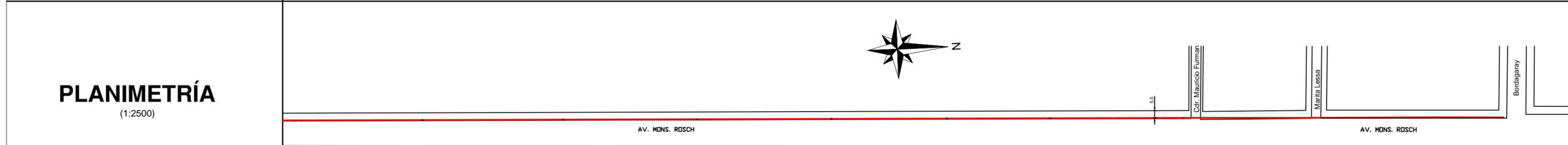
- Angulo de vértice
- Centro de calle
- Línea existente
- Línea eléctrica proyectada : 3x70 mm<sup>2</sup> 33 kV
- Línea de altura libre proyectada (9 m)
- Línea de altura libre mínima (7 m)
- Rosa de los vientos
- Alcantarilla
- km

RS: Tipo de aislación retención simple  
 LP: Tipo de aislación line-post  
 h\_1: Altura libre mínima admisible a la calzada de camino y terreno libre: 7 m.



	PROYECTO:	Línea trifásica de 33 kV en tresbolillo	
	PLANO:	<b>PLANIALTIMETRÍA TRAZA TRAMO 5-10</b>	
CÁTEDRA: Transmisión y distribución de la energía eléctrica	ESCALA Gral:	DIBUJÓ : Aguirre Matteo, C. Bignotti, Bruno Pezzelato, Claudio Vazquez, Cristhian	
	ESCALA Detalle:		
FECHA: Noviembre / 16	ARCHIVO:		

TIPO DE AISLACIÓN	RS	LP	LP	LP	LP	LP	LP	LP	LP	LP	LP	RS
TIPO ESTRUCTURA	R	S+2,5	S+2	S+2,5	S+1,5	S+1,5	S+1,5	S+3	S+3	S+1,5	R	
Nro. DE ESTRUCTURA	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	
DISPOSICIÓN DE FUNDACIÓN Y ESTRUCTURA												



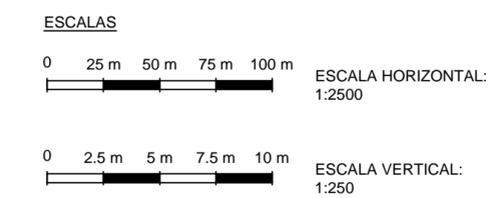
PLANO DE COMPARACIÓN

COTAS	32.2	31	30.22	31	32.3	33.6	34.1	34.5	34.9	35.56	36.14	36.77	37.4	38.54	40.22	42.13	41.7	40.6	40	39.7	
PROGRESIVAS	0	47.5	95	150	200	250	300	350	400	443	486	524.5	563	613	663	706	749	799	849	901	
PROGRESIVAS DE ESTRUCTURAS	0	95	95	105	200	100	300	100	400	86	486	77	563	100	663	86	749	100	849	901	
VANOS		95		105		100		100		86		77		100		86		100		52	

REFERENCIAS

- V2 Angulo de vértice
- Centro de calle
- Línea existente
- Línea eléctrica proyectada : 3x70 mm<sup>2</sup> 33 kV
- Línea de altura libre proyectada (9 m)
- Línea de altura libre mínima (7 m)
- Rosa de los vientos
- Alcantarilla
- km 01 km

RS: Tipo de aislación retención simple  
 LP: Tipo de aislación line-post  
 h\_1: Altura libre mínima admisible a la calzada de camino y terreno libre: 7 m.



	PROYECTO:	Línea trifásica de 33 kV en tresbolillo	
	PLANO:	<b>PLANIALTIMETRÍA TRAZA TRAMO 6-7</b>	
CÁTEDRA: Transmisión y distribución de la energía eléctrica	ESCALA Gral:	DIBUJÓ : Aguirre Matteo, C. Bignotti, Bruno Pezzelato, Claudio Vazquez, Cristhian	
	ESCALA Detalle:		
FECHA: Noviembre / 16	ARCHIVO:		

TIPO DE AISLACIÓN	RS	RS	LP	RS										
TIPO ESTRUCTURA	R	R	S+1,5	S+1,5	S+1,5	S+1,5	S+1,5	S+1,5	S+2,5	S+2,5	S+1,5	S+1,5	S+1,5	R
Nro. DE ESTRUCTURA	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77
DISPOSICIÓN DE FUNDACIÓN Y ESTRUCTURA														

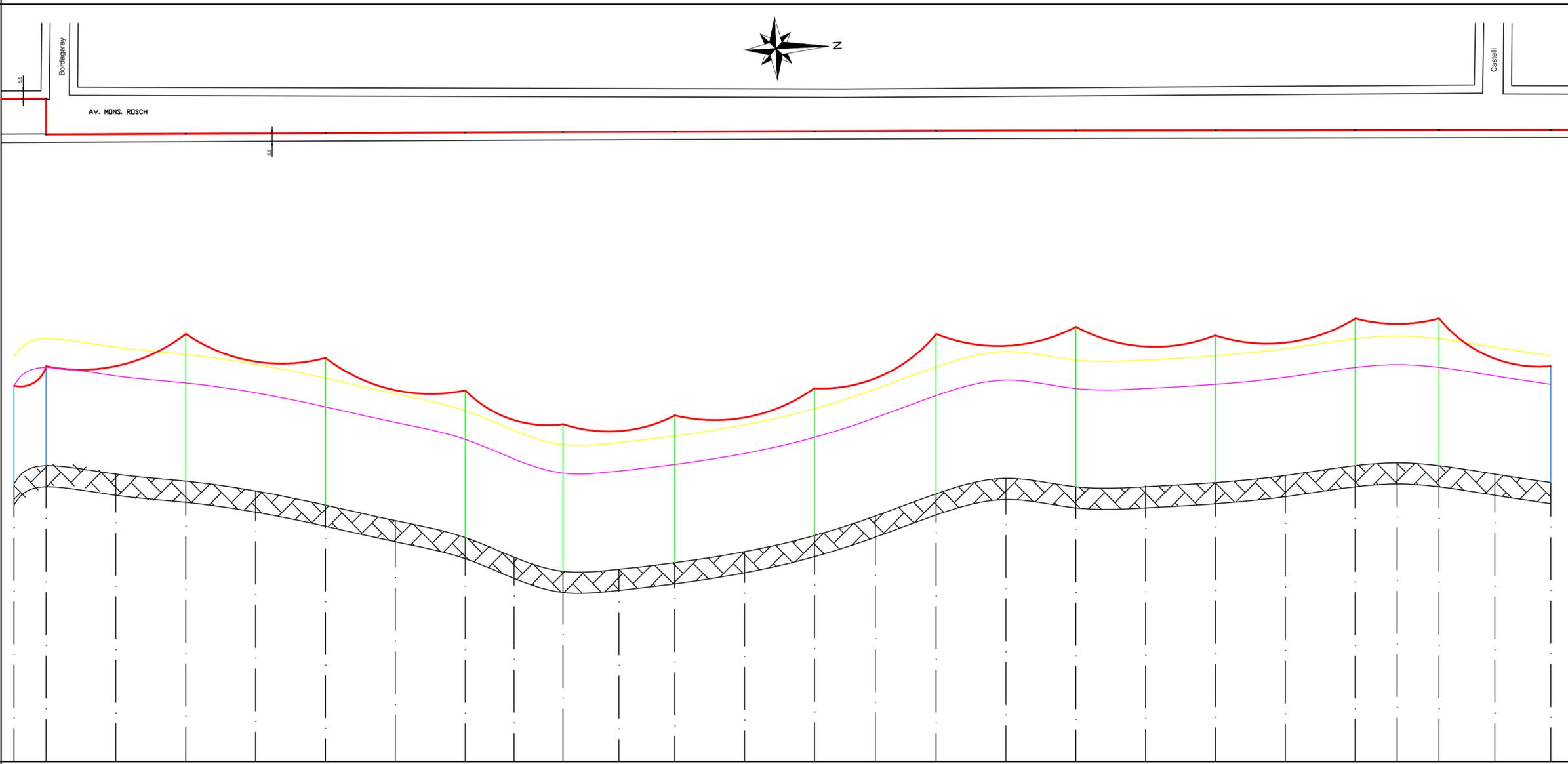
ÁNGULO DE VÉRTICE



**PLANIMETRÍA**  
(1:2500)

**ALTIMETRÍA**  
(1:250)

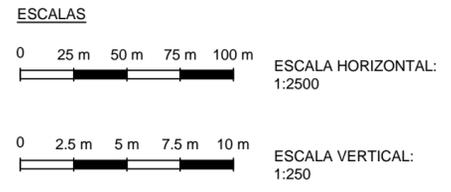
PLANO DE COMPARACIÓN



**REFERENCIAS**

- V2 Angulo de vértice
- Centro de calle
- Línea existente
- Línea eléctrica proyectada : 3x70 mm² 33 kV
- Línea de altura libre proyectada (9 m)
- Línea de altura libre mínima (7 m)
- Rosa de los vientos
- Alcantarilla
- km 01 km

RS: Tipo de aislación retención simple  
 LP: Tipo de aislación line-post  
 h\_1: Altura libre mínima admisible a la calzada de camino y terreno libre: 7 m.

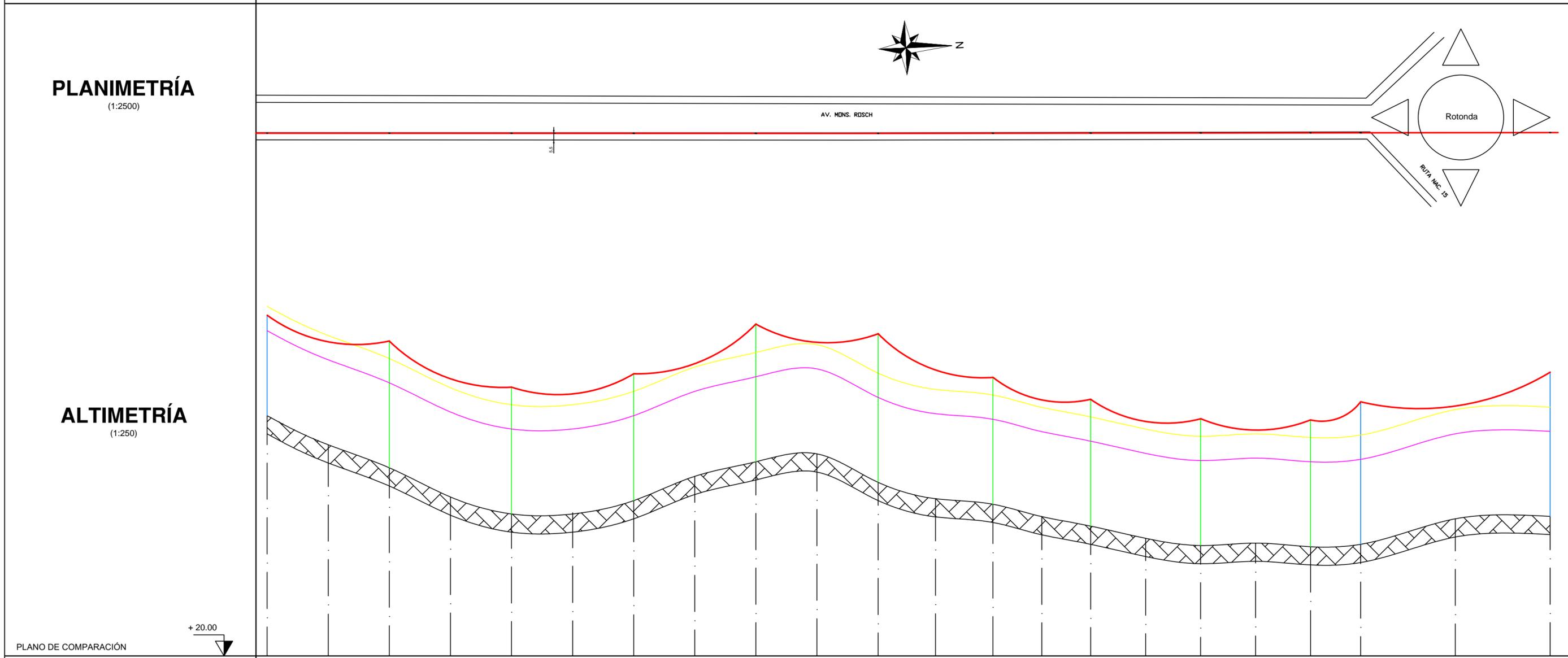


COTAS	39.7	41	40.4	39.9	39.2	38.2	37.1	35.9	34.5	33.5	33.65	34.11	34.9	36.04	37.43	39	40.1	39.5	39.6	39.8	40.3	41	41.2	41	40.4	39.8
PROGRESIVAS	0	23	73	123	173	223	273	323	358	393	433	473	523	573	616.5	660	710	760	810	860	910	960	990	1020	1060	1100
PROGRESIVAS DE ESTRUCTURAS	0	23		123		223		323	70	393	80	473	100	573	87	660	100	760	100	860	100	960	60	1020	80	1100
VANOS		23		100		100		100		70		80		100		87		100		100		100		60		80

	PROYECTO:	Línea trifásica de 33 kV en tresbolillo	
	PLANO:	<b>PLANIALTIMETRÍA TRAZA TRAMO 7-8</b>	
CÁTEDRA: Transmisión y distribución de la energía eléctrica	ESCALA Gral:	DIBUJÓ : Aguirre Matteo, C. Bignotti, Bruno Pezzelato, Claudio Vazquez, Cristhian	
FECHA: Noviembre / 16	ESCALA Detalle:		
	ARCHIVO:		

TIPO DE AISLACIÓN	RS	LP	RS	RS									
TIPO ESTRUCTURA	R	S+1,5	S+1,5	S+1,5	S+2,5	S+1,5	S+3,5	S+1,5	S+1,5	S+1,5	S+1,5	R	R
Nro. DE ESTRUCTURA	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	88
DISPOSICIÓN DE FUNDACIÓN Y ESTRUCTURA													

ÁNGULO DE VÉRTICE

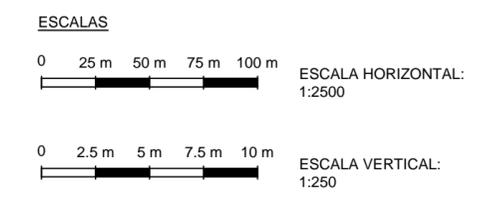


PLANO DE COMPARACIÓN																							
COTAS	39.8	37.4	35.5	33.1	31.7	31.8	32.8	34.8	36	36.65	34.31	32.96	32.5	31.48	30.69	29.69	29.1	29.3	29	29.2	31.3	31.5	
PROGRESIVAS	0	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	547	594	634	674	719	764	809	854	895	972.5	1050	
PROGRESIVAS DE ESTRUCTURAS	0	100	100	200	100	300	100	400	100	500	94	594	80	674	90	764	90	854	41	895	155	1050	
VANOS		100		100		100		100		100		94		80		90		90		41		155	

REFERENCIAS

- Angulo de vértice
- Centro de calle
- Línea existente
- Línea eléctrica proyectada : 3x70 mm² 33 kV
- Línea de altura libre proyectada (9 m)
- Línea de altura libre mínima (7 m)
- Rosa de los vientos
- Alcantarilla
- km

RS: Tipo de aislación retención simple  
 LP: Tipo de aislación line-post  
 h\_1: Altura libre mínima admisible a la calzada de camino y terreno libre: 7 m.



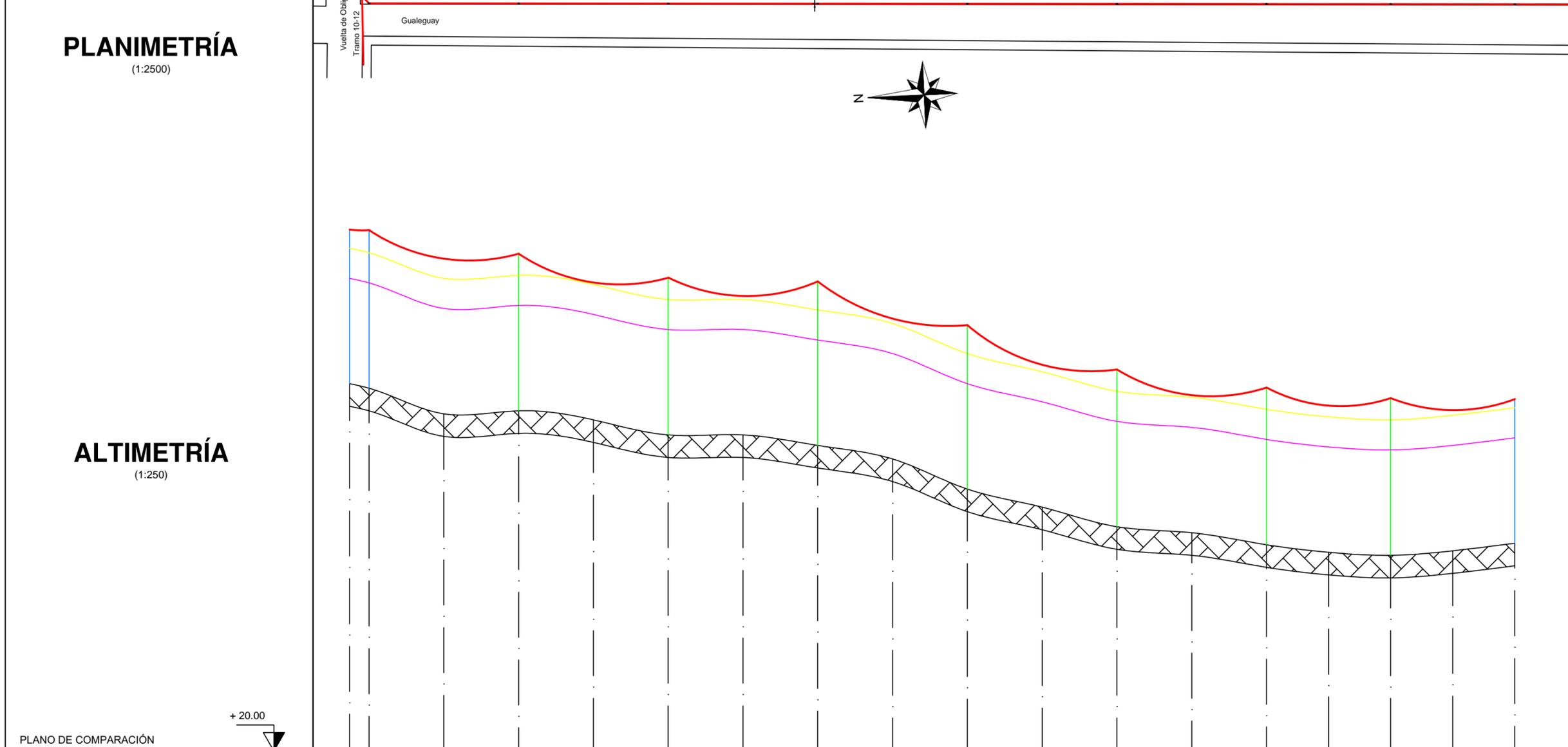
	PROYECTO:	Línea trifásica de 33 kV en tresbolillo	
	PLANO:	<b>PLANIALTIMETRÍA TRAZA TRAMO 8-9</b>	
CÁTEDRA: Transmisión y distribución de la energía eléctrica	ESCALA Gral:	DIBUJÓ : Aguirre Matteo, C. Bignotti, Bruno Pezzelato, Claudio Vazquez, Cristhian	
	ESCALA Detalle:		
FECHA: Noviembre / 16	ARCHIVO:		

TIPO DE AISLACION	LP	RS	LP	LP	LP	LP	LP	LP	LP	LP	RS
TIPO ESTRUCTURA	S	R	S+1,5	S+1,5	S+2	S+2	S+1,5	S+1,5	S+1,5	S+1,5	R
Nro. DE ESTRUCTURA	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	



## PLANIMETRÍA

(1:2500)



## ALTIMETRÍA

(1:250)

### REFERENCIAS

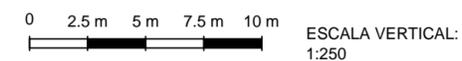
- Angulo de vértice
- Centro de calle
- Línea existente
- Línea eléctrica proyectada : 3x70 mm<sup>2</sup> 33 kV
- Línea de altura libre proyectada (9 m)
- Línea de altura libre mínima (7 m)
- Rosa de los vientos
- Alcantarilla
- km 01 km

RS: Tipo de aislación retención simple

LP: Tipo de aislación line-post

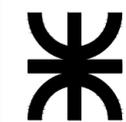
h\_1: Altura libre mínima admisible a la calzada de camino y terreno libre: 7 m.

ESCALAS:



PLANO DE COMPARACIÓN +20.00

COTAS	44.4	44.1	42.4	42.6	42	41	41	40.3	39.4	37.4	36.2	34.9	34.5	33.7	33.2	33	33.3	33.8
PROGRESIVAS	0	13	63	113	163	213	263	313	363	413	463	513	563	613	654.5	696	737.5	779
PROGRESIVAS DE ESTRUCTURAS	0	13		113		213		313		413		513		613		696		779
VANOS		13	100		100		100		100		100		100		83		83	



PROYECTO: Línea trifásica de 33 kV en tresbolillo

PLANO: **PLANIALTIMETRÍA TRAZA TRAMO 10-11**

CÁTEDRA: Transmisión y distribución de la energía eléctrica

ESCALA Gral:  
ESCALA Detalle:

DIBUJÓ : Aguirre Matteo, C.  
Bignotti, Bruno  
Pezzelato, Claudio  
Vazquez, Cristhian

FECHA: Noviembre / 16

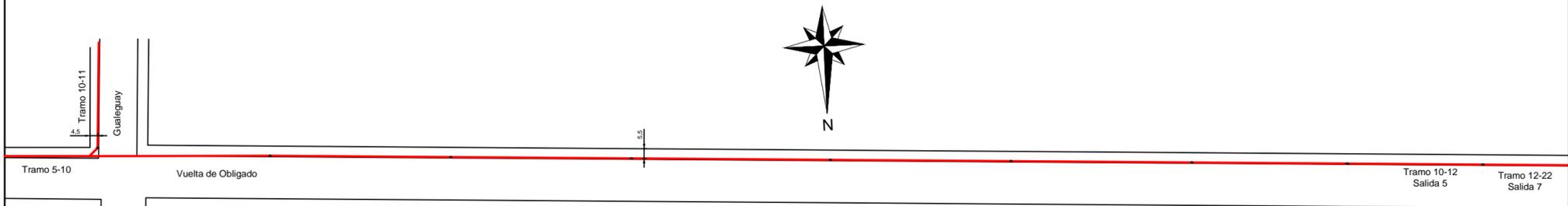
ARCHIVO:

TIPO DE AISLACION	LP	RS	LP	LP	LP	LP	LP	LP	RS
TIPO ESTRUCTURA	S	R+3	S+2	S+1,5	S+1,5	S+1,5	S+1,5	S+2	R
Nro. DE ESTRUCTURA	99	109	110	111	112	113	114	115	116
DISPOSICIÓN DE FUNDACIÓN Y ESTRUCTURA									

ÁNGULO DE VÉRTICE

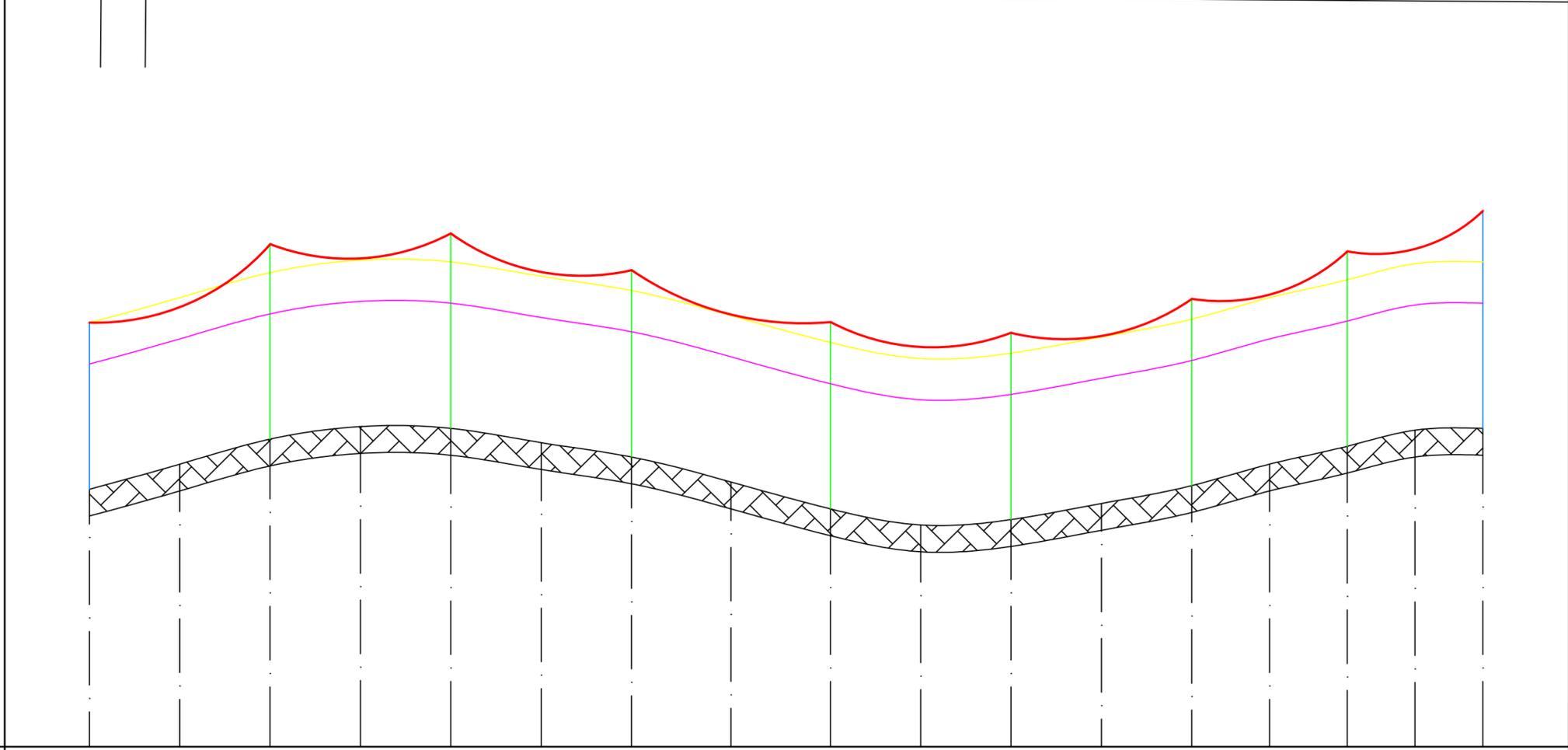
## PLANIMETRÍA

(1:2500)



## ALTIMETRÍA

(1:250)



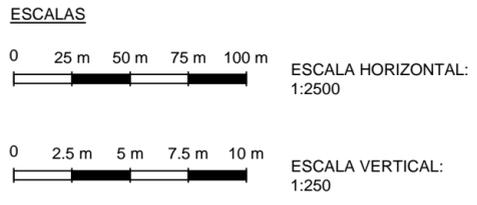
PLANO DE COMPARACIÓN

COTAS	44.4	45.8	47.2	47.9	47.8	47	46.2	44.8	43.3	42.4	42.7	43.6	44.6	45.8	46.8	47.7	47.8
PROGRESIVAS	0	50	100	150	200	250	300	355	410	460	510	560	610	663	696	733.5	771
PROGRESIVAS DE ESTRUCTURAS	0		100		200		300		410		510		610		696		771
VANOS		100	100	100	200	100	300	110	410	100	510	100	610	86	696	75	771

### REFERENCIAS

- V2 Angulo de vértice
- Centro de calle
- Línea existente
- Línea eléctrica proyectada : 3x70 mm<sup>2</sup> 33 kV
- Línea de altura libre proyectada (9 m)
- Línea de altura libre mínima (7 m)
- Rosa de los vientos
- Alcantarilla
- km 01 km

RS: Tipo de aislación retención simple  
 LP: Tipo de aislación line-post  
 h\_1: Altura libre mínima admisible a la calzada de camino y terreno libre: 7 m.

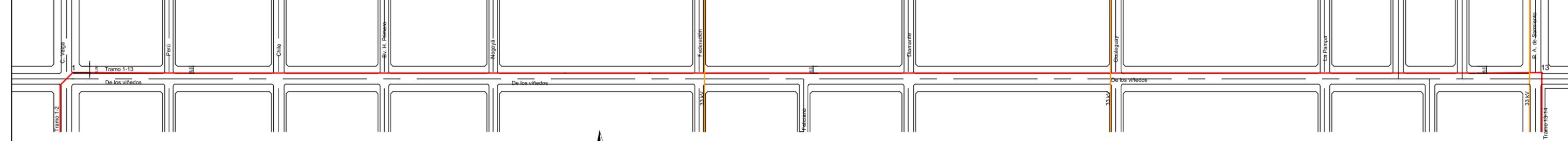


PROYECTO:	Línea trifásica de 33 kV en tresbolillo	
PLANO:	<b>PLANIALTIMETRÍA TRAZA TRAMO 10-12</b>	
CÁTEDRA: Transmisión y distribución de la energía eléctrica	ESCALA Gral:	DIBUJÓ : Aguirre Matteo, C. Bignotti, Bruno Pezzelato, Claudio Vazquez, Cristhian
FECHA: Noviembre / 16	ESCALA Detalle:	
	ARCHIVO:	

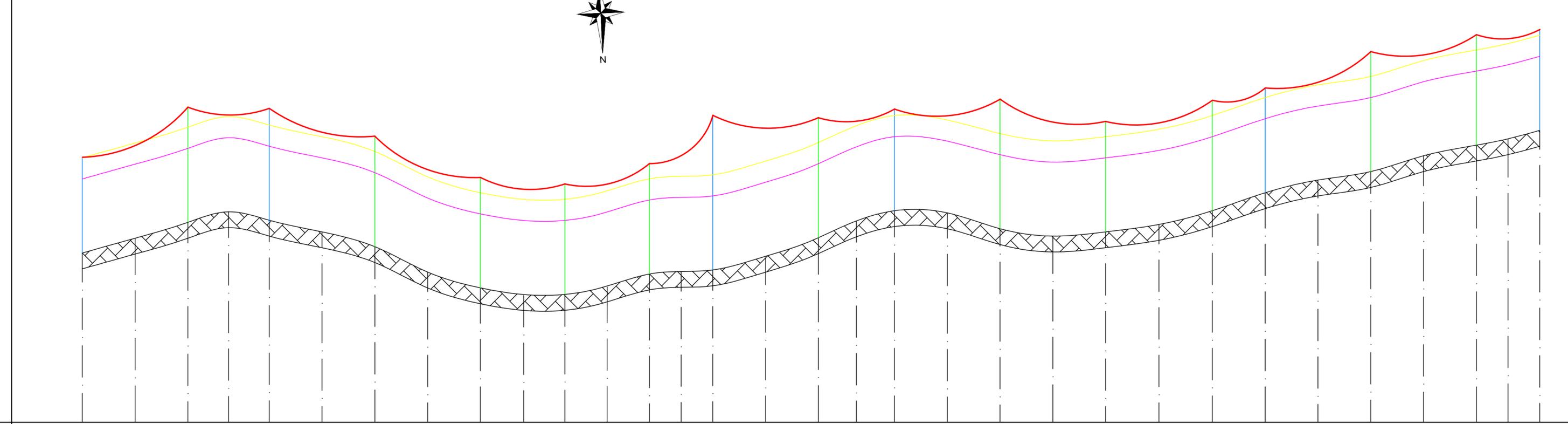
TIPO DE AISLACION	RS	LP	LP	LP	LP	LP	LP	LP	LP	RS	LP	LP	LP	LP	LP	RS	
TIPO ESTRUCTURA	RA90°	S+2	S+1.5	S+1.5	S+1.5	S+1.5	S+1.5	S	S+2.5	R	S+3.5	S+1.5	S+1.5	S+0.5	S+2.5	S+1.5	RA90°
Nro. DE ESTRUCTURA	1	117	118	119	120	121	121b	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131



**PLANIMETRÍA**  
(1:2500)



**ALTIMETRÍA**  
(1:250)



PLANO DE COMPARACIÓN

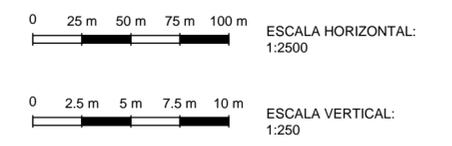
COTAS	36	37.4	38.9	39.9	39.1	38	36.6	34.2	32.7	32	32.1	32.6	34	34.2	34.4	35.5	37.4	39	40	39.8	38.3	37.6	38	38.7	40	41.7	42.9	43.7	45.2	46.2	46.8	47.6	
PROGRESIVAS	0	50	100	138.5	177	227	227	327	377	417	457	497	437	567	597	647	697	733	769	819	869	919	969	1019.5	1070	1120	1170	1220	1270	1320	1350	1380	
PROGRESIVAS DE ESTRUCTURAS	0	100	100	77	177	100	277	100	377	80	457	80	537	60	597	100	697	72	769	100	869	100	969	101	1070	50	1120	100	1220	100	1320	60	1380
VANOS		100		77		100		100		80		80		60		100		72		100		100		101		50		100		100		60	

**REFERENCIAS**

- Angulo de vértice
- Centro de calle
- Línea existente
- Línea eléctrica proyectada : 3x95 mm<sup>2</sup> 33 kV
- Línea de altura libre proyectada (9 m)
- Línea de altura libre mínima (7 m)
- Rosa de los vientos
- Alcantarilla
- km 01
- Tranquera - Ingreso

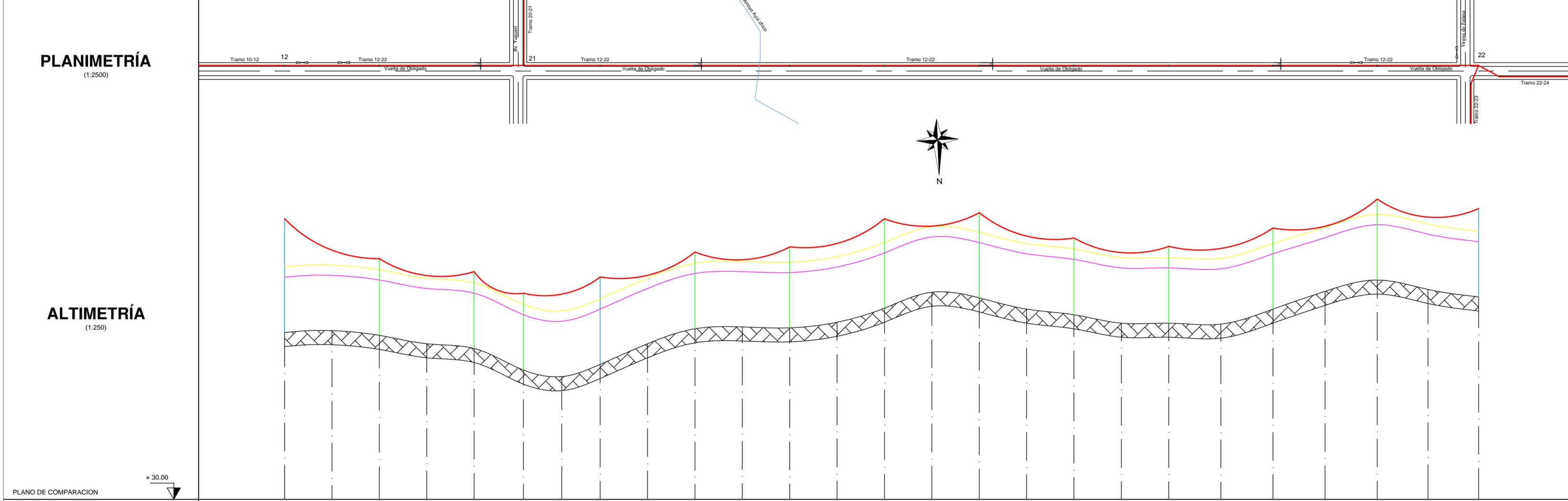
RS: Tipo de aislación retención simple  
 LP: Tipo de aislación line-post  
 h<sub>1</sub>: Altura libre mínima admisible a la calzada de camino y terreno libre: 7 m.

**ESCALAS**



	PROYECTO:	Línea trifásica de 33 kV en tresbolillo
	PLANO:	<b>PLANIALTIMETRÍA TRAZA TRAMO 1-13</b>
CÁTEDRA: Transmisión y distribución de la energía eléctrica	ESCALA Gral:	DIBUJÓ : Aguirre Matteo, C. Bignotti, Bruno Pezzelato, Claudio Vazquez, Cristhian
FECHA: Noviembre / 16	ESCALA Detalle:	
	ARCHIVO:	

TIPO DE AISLACIÓN	RS	LP	LP	RS	RS	LP	RS							
TIPO ESTRUCTURA	R	S	S	RA90°	R	S	S+1	S+1	S	S	S	S	S	RA30°
Nro. DE ESTRUCTURA	116	199	200	198	201	202	203	204	205	206	207	208	209	210



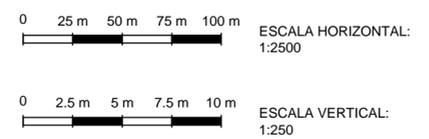
COTAS	47.8	48	47.5	46.6	46.1	43.8	43.1	44.4	46.6	48.2	48.4	48.3	48.9	50.4	52.1	51.5	50.3	49.7	48.8	48.8	48.7	50.3	52.2	53.4	52.4	51.6
PROGRESIVAS	0	50	100	150	200	252	292.5	333	383	433	483	533	583	633	683	733	783	833	883	933	988	1043	1098	1153	1206.5	1260
PROGRESIVAS DE ESTRUCTURAS	0	100	100	200	252	81	333	100	433	100	533	100	633	100	733	100	833	100	933	110	1043	110	1153	107	1260	
VANOS		100		100		52	81		100		100		100		100		100		100		110		110		107	

REFERENCIAS

- Angulo de vértice
- Centro de calle
- Línea existente
- Línea eléctrica proyectada : 3x70 mm<sup>2</sup> 33 kV
- Línea de altura libre proyectada (7 m)
- Línea de altura libre mínima (5.9 m)
- Rosa de los vientos
- Alcantarilla
- km 01
- Tranquera - Ingreso

RS: Tipo de aislación retención simple  
 LP: Tipo de aislación line-post  
 h\_1: Altura libre mínima admisible a la calzada de camino y terreno libre: 5.9 m.

ESCALAS



PROYECTO:	Línea trifásica de 33 kV en tresbolillo	
PLANO:	<b>PLANIALTIMETRÍA TRAZA TRAMO 12-22</b>	
CÁTEDRA: Transmisión y distribución de la energía eléctrica	ESCALA Gral:	DIBUJÓ : Aguirre Matteo, C. Bignotti, Bruno Pezzelato, Claudio Vazquez, Cristhian
	ESCALA Detalle:	
FECHA: Noviembre / 16	ARCHIVO:	

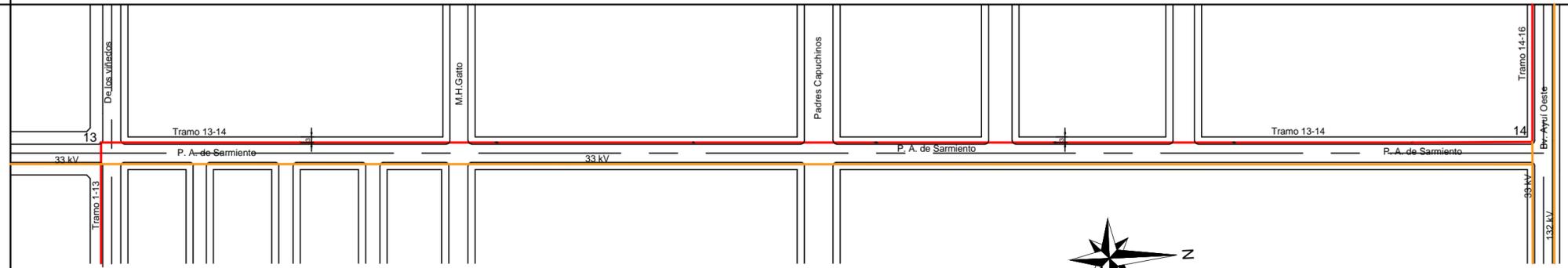
TIPO DE AISLACION	RS	LP	LP	LP	LP	LP	LP	LP	LP	RS
TIPO ESTRUCTURA	RA90°	S+3	S+1,5	S+2	S+2	S+2,5	S+1,5	S+1,5	S+1,5	RA90°
Nro. DE ESTRUCTURA	131	132	133	134	135	136	137	138	139	



ÁNGULO DE VÉRTICE

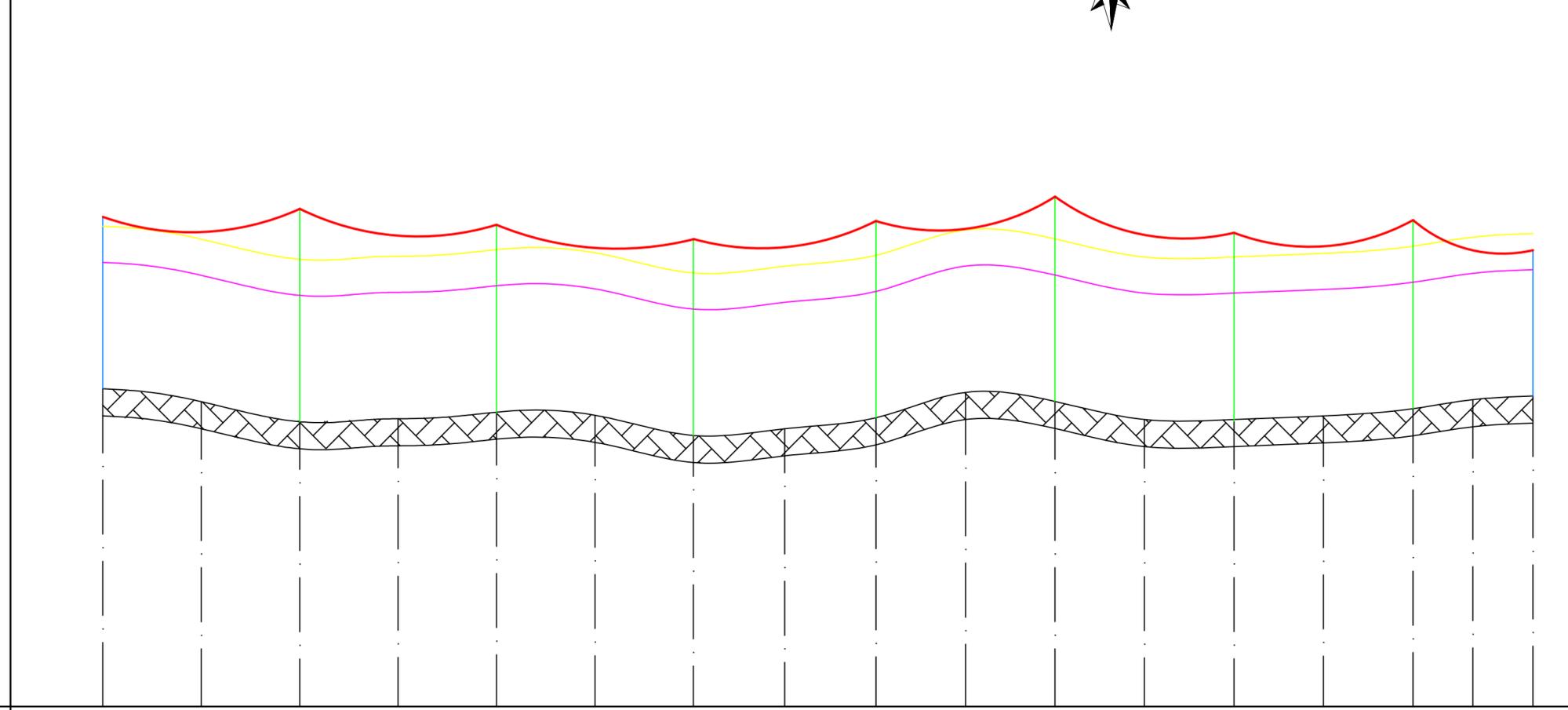
## PLANIMETRÍA

(1:2500)



## ALTIMETRÍA

(1:250)

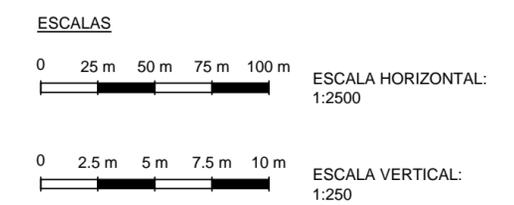


PLANO DE COMPARACIÓN																	
COTAS	47.6	46.89	45.78	45.94	46.24	46.13	45	45.39	46	47.4	46.9	45.9	45.8	46.1	46.5	47	47.2
PROGRESIVAS	0	55	110	165	220	275	330	382	432	482	532	582	632	682	732	765.5	799
PROGRESIVAS DE ESTRUCTURAS	0		110		220		330		432		532		632		732		799
VANOS		110		110		110		102		100		100		100		67	

### REFERENCIAS

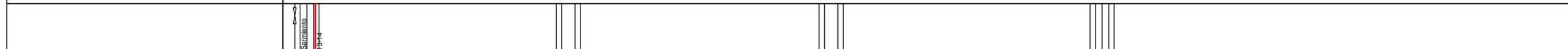
- Angulo de vértice
- Centro de calle
- Línea existente
- Línea eléctrica proyectada : 3x95 mm² 33 kV
- Línea de altura libre proyectada (9 m)
- Línea de altura libre mínima (7 m)
- Rosa de los vientos
- Alcantarilla
- km
- Tranquera - Ingreso

RS: Tipo de aislación retención simple  
 LP: Tipo de aislación line-post  
 h\_1: Altura libre mínima admisible a la calzada de camino y terreno libre: 7 m.



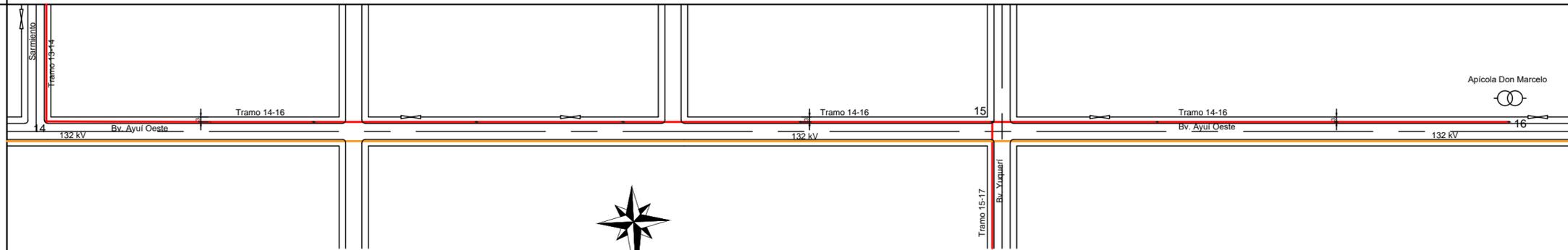
	PROYECTO:	Línea trifásica de 33 kV en tresbolillo	
	PLANO:	<b>PLANIALTIMETRÍA TRAZA TRAMO 13-14</b>	
CÁTEDRA: Transmisión y distribución de la energía eléctrica	ESCALA Gral:	DIBUJÓ : Aguirre Matteo, C. Bignotti, Bruno Pezzelato, Claudio Vazquez, Cristhian	
	ESCALA Detalle:		
FECHA: Noviembre / 16	ARCHIVO:		

TIPO DE AISLACIÓN	RS	LP	LP	LP	LP	LP	LP	RS	LP	LP	RS
TIPO ESTRUCTURA	RA90°	S	S	S	S	S+1	S+1	RA90°	S+1	S+1	R
Nro. DE ESTRUCTURA	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	148



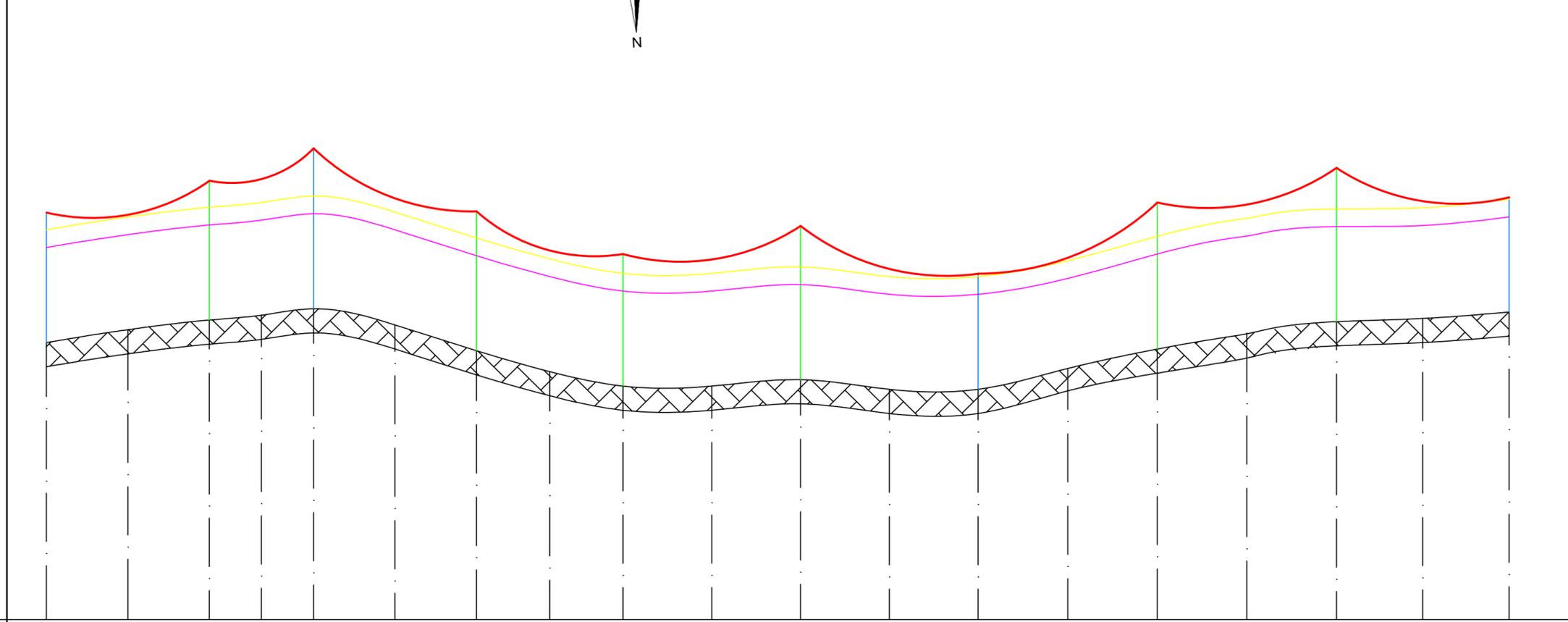
## PLANIMETRÍA

(1:2500)



## ALTIMETRÍA

(1:250)



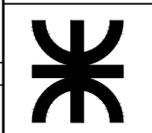
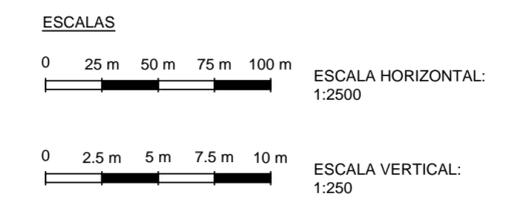
PLANO DE COMPARACIÓN

COTAS	47.2	48	48.6	48.9	49.3	48.3	46.7	45.4	44.5	44.5	44.9	44.3	44.3	45.7	46.8	47.8	48.5	48.7	49.1
PROGRESIVAS	0	50	100	132	164	214	264	309	354	408.5	463	517.5	572	627	682	737	792	845	898
PROGRESIVAS DE ESTRUCTURAS	0	100	100	164	164	100	264	90	354	109	463	109	572	110	682	110	792	106	898
VANOS		100		64		100		90		109		109		110		110		106	

### REFERENCIAS

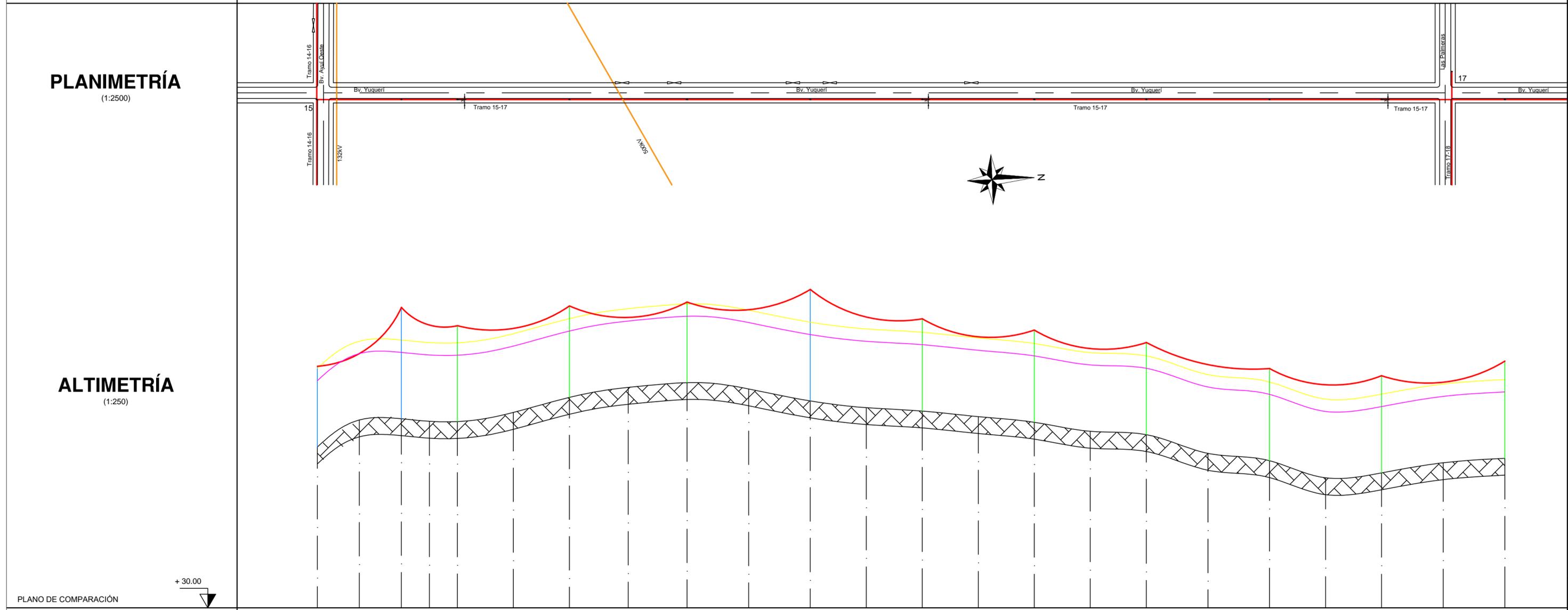
- Angulo de vértice
- Centro de calle
- Línea existente
- Línea eléctrica proyectada : 3x95 mm² 33 kV
- Línea de altura libre proyectada (7 m)
- Línea de altura libre mínima (5.9 m)
- Rosa de los vientos
- Alcantarilla
- km
- Tranquera - Ingreso

RS: Tipo de aislación retención simple  
 LP: Tipo de aislación line-post  
 h\_1: Altura libre mínima admisible a la calzada de camino y terreno libre: 5.9 m.



PROYECTO:	Línea trifásica de 33 kV en tresbolillo	
PLANO:	<b>PLANIALTIMETRÍA TRAZA TRAMO 14-16</b>	
CÁTEDRA: Transmisión y distribución de la energía eléctrica	ESCALA Gral:	DIBUJÓ : Aguirre Matteo, C. Bignotti, Bruno Pezzelato, Claudio Vazquez, Cristhian
FECHA: Noviembre / 16	ESCALA Detalle:	
	ARCHIVO:	

TIPO DE AISLACIÓN	RS	RS	LP	RS									
TIPO ESTRUCTURA	RA90°	R	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	R+0,5
Nro. DE ESTRUCTURA	145	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	
DISPOSICIÓN DE FUNDACIÓN Y ESTRUCTURA													

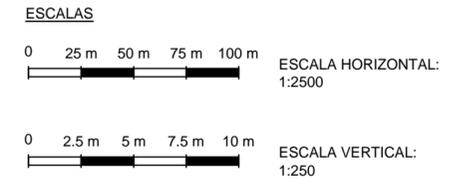


COTAS	44.3	46.7	46.81	46.58	46.56	47.38	48.71	49.6	50.02	49.46	48.4	47.8	47.5	47	46.5	45.7	45.4	43.74	43.08	41.56	42	42.9	43.3
PROGRESIVAS	0	37.5	75	100	125	175	225	247.5	330	385	440	490	540	590	640	690	740	795	850	900	950	1005	1060
PROGRESIVAS DE ESTRUCTURAS	0	75	75	125	100	225	105	330	110	440	100	540	100	640	100	740	110	850	100	950	110	1060	
VANOS		75		50		100		105		110		100		100		100		110		100		110	

#### REFERENCIAS

- V2 Angulo de vértice
- Centro de calle
- Línea existente
- Línea eléctrica proyectada : 3x95 mm<sup>2</sup> 33 kV
- Línea de altura libre proyectada (7 m)
- Línea de altura libre mínima (5.9 m)
- Rosa de los vientos
- Alcantarilla
- km 01 km
- Tranquera - Ingreso

RS: Tipo de aislación retención simple  
 LP: Tipo de aislación line-post  
 h\_1: Altura libre mínima admisible a la calzada de camino y terreno libre: 5.9 m.

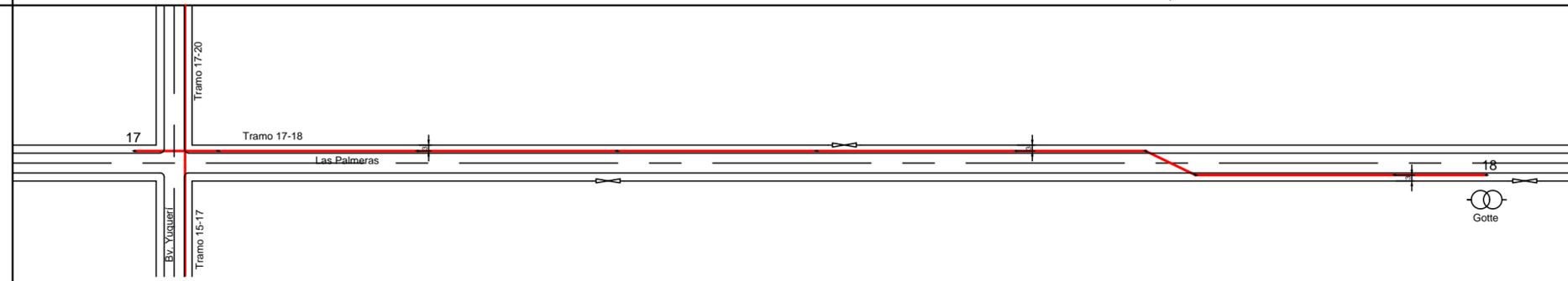


	PROYECTO:	Línea trifásica de 33 kV en tresbolillo
	PLANO:	<b>PLANIALTIMETRÍA TRAZA TRAMO 15-17</b>
CÁTEDRA: Transmisión y distribución de la energía eléctrica	ESCALA Gral:	DIBUJÓ : Aguirre Matteo, C. Bignotti, Bruno Pezzelato, Claudio Vazquez, Cristhian
FECHA: Noviembre / 16	ESCALA Detalle:	
	ARCHIVO:	

TIPO DE AISLACIÓN	RS	RS	LP	LP	LP	LP	RS	RS	LP	RS
TIPO ESTRUCTURA	T	R	S	S	S	S	RA26°-1	RA26°-1	S	T
Nro. DE ESTRUCTURA	160	161	162	163	164	165	166	167	168	169
DISPOSICIÓN DE FUNDACIÓN Y ESTRUCTURA										
ÁNGULO DE VÉRTICE										

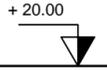
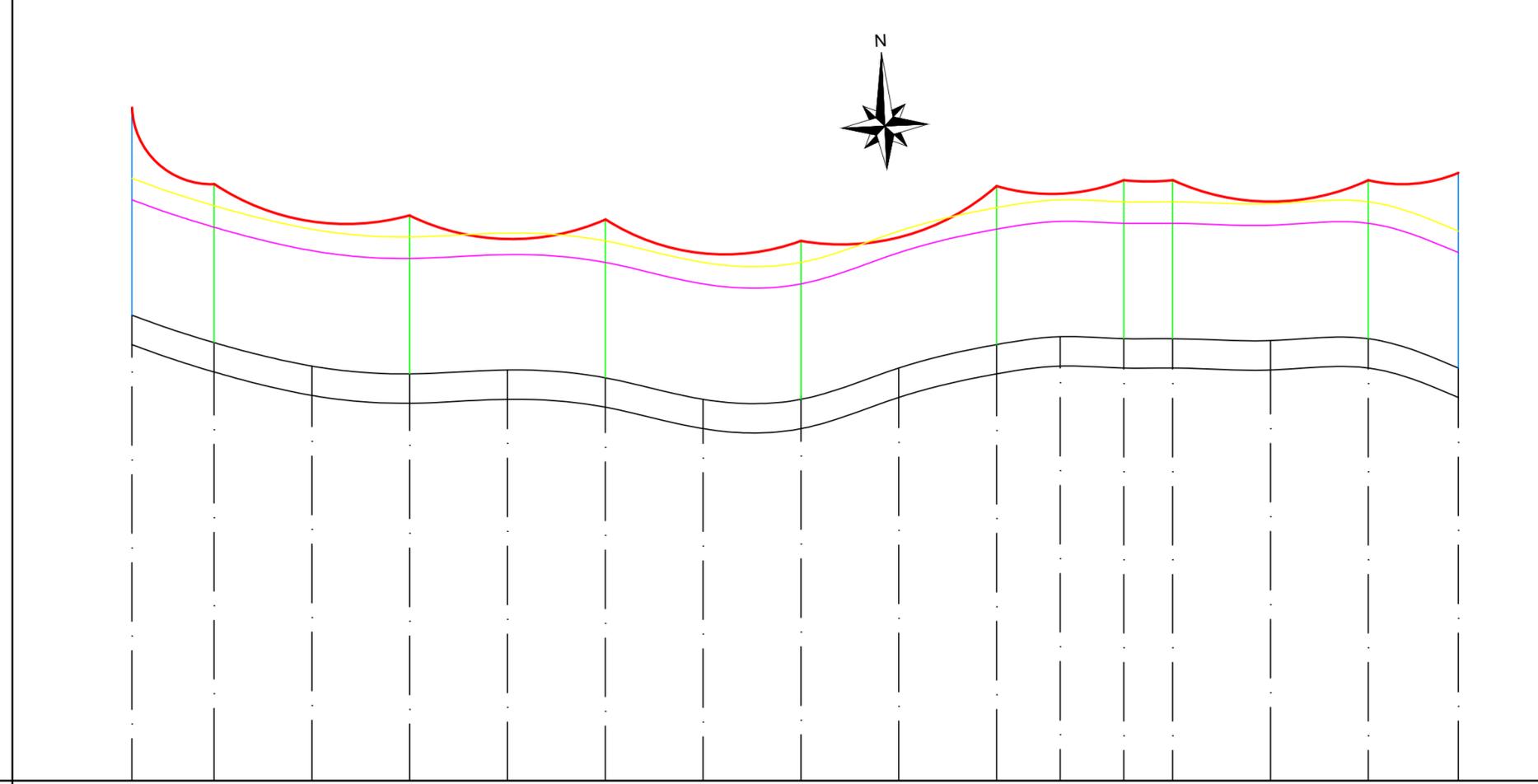
## PLANIMETRÍA

(1:2500)



## ALTIMETRÍA

(1:250)



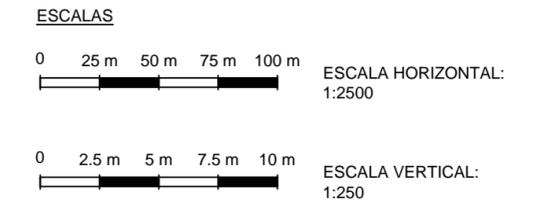
PLANO DE COMPARACIÓN

COTAS	43.8	42.4	41.2	40.8	41	40.6	39.5	39.7	41.1	42.3	42.7	42.6	42.6	42.5	42.6	41.1	
PROGRESIVAS	0	42	92	142	192	242	292	342	392	442	474.5	507	532	582	632	678	
PROGRESIVAS DE ESTRUCTURAS	0	42		142		242		342		442		507	532		632	678	
VANOS		42	100		100	242	100	342	100	442	65	25	532	100	632	46	678

### REFERENCIAS

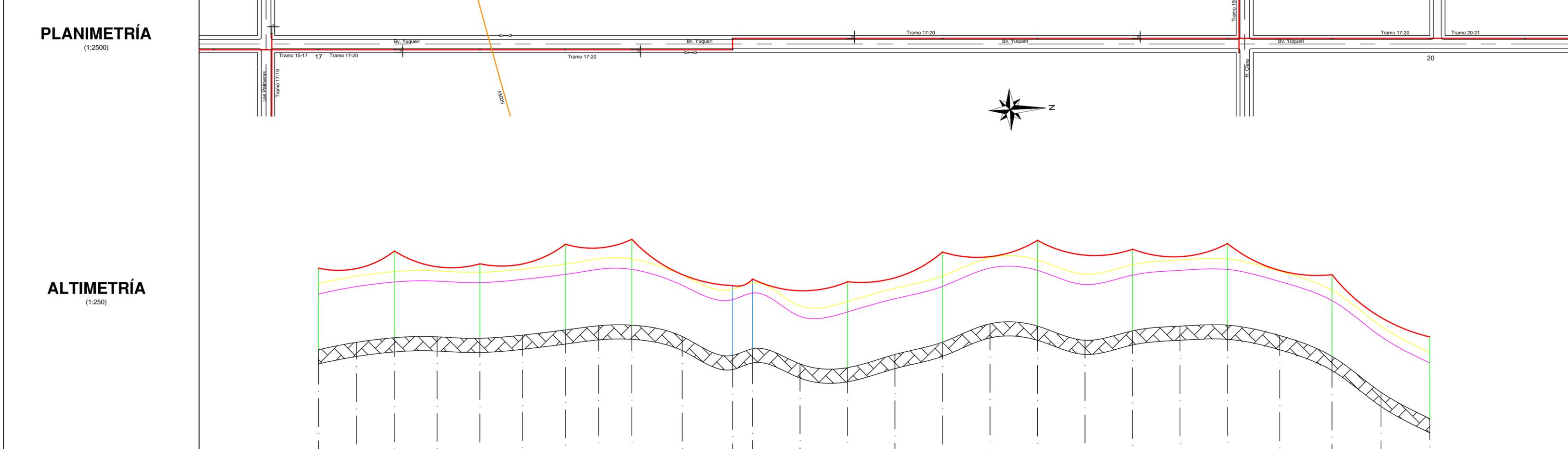
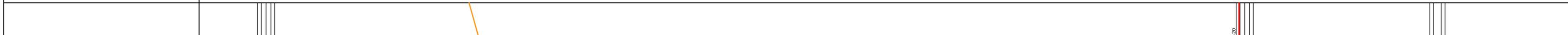
- Angulo de vértice
- Centro de calle
- Línea existente
- Línea eléctrica proyectada : 3x95 mm<sup>2</sup> 33 kV
- Línea de altura libre proyectada (7 m)
- Línea de altura libre mínima (5.9 m)
- Rosa de los vientos
- Alcantarilla
- km
- Tranquera - Ingreso

RS: Tipo de aislación retención simple  
 LP: Tipo de aislación line-post  
 h\_1: Altura libre mínima admisible a la calzada de camino y terreno libre: 5.9 m.



PROYECTO:	Línea trifásica de 33 kV en tresbolillo	
PLANO:	<b>PLANIALTIMETRÍA TRAZA TRAMO 17-18</b>	
CÁTEDRA: Transmisión y distribución de la energía eléctrica	ESCALA Gral:	DIBUJÓ : Aguirre Matteo, C. Bignotti, Bruno Pezzelato, Claudio Vazquez, Cristhian
	ESCALA Detalle:	
FECHA: Noviembre / 16	ARCHIVO:	

TIPO DE AISLACIÓN	RS	LP	LP	LP	LP	RS	RS	LP	LP	LP	LP	LP	LP	RS
TIPO ESTRUCTURA	R+0,5	S+1	S	S+1	S+1	R	R	S+1	S+1	S+1	S	S	S	R+0,5
Nro. DE ESTRUCTURA	159	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180	181	182



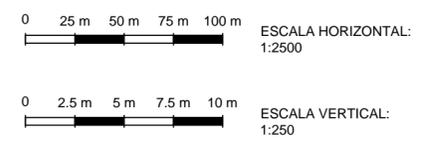
COTAS	43.3	44.08	44.57	44.66	44.5	44.84	45.4	45.84	45.9	44.7	42.7	43.4	41.8	41.4	42.8	44.1	46.5	45.8	44.3	45.3	45.8	45.9	45	42.6	38.8	36
PROGRESIVAS	0	40	80	125	170	215	260	295	330	383	436	457	507	557	607	657	707	757	807	857	907	957	1012	1067	1118.5	1170
PROGRESIVAS DE ESTRUCTURAS	0	80	80	170	90	260	70	330	106	436	457	100	557	100	657	100	757	100	857	100	957	110	1067	103	1170	
VANOS		80		90		90		70		106	21		100		100		100		100		100		110		103	

REFERENCIAS

- Angulo de vértice
- Centro de calle
- Línea existente
- Línea eléctrica proyectada : 3x95 mm<sup>2</sup> 33 kV
- Línea de altura libre proyectada (7 m)
- Línea de altura libre mínima (5.9 m)
- Rosa de los vientos
- Alcantarilla
- km
- Tranquera - Ingreso

RS: Tipo de aislación retención simple  
 LP: Tipo de aislación line-post  
 h\_1: Altura libre mínima admisible a la calzada de camino y terreno libre: 5.9 m.

ESCALAS



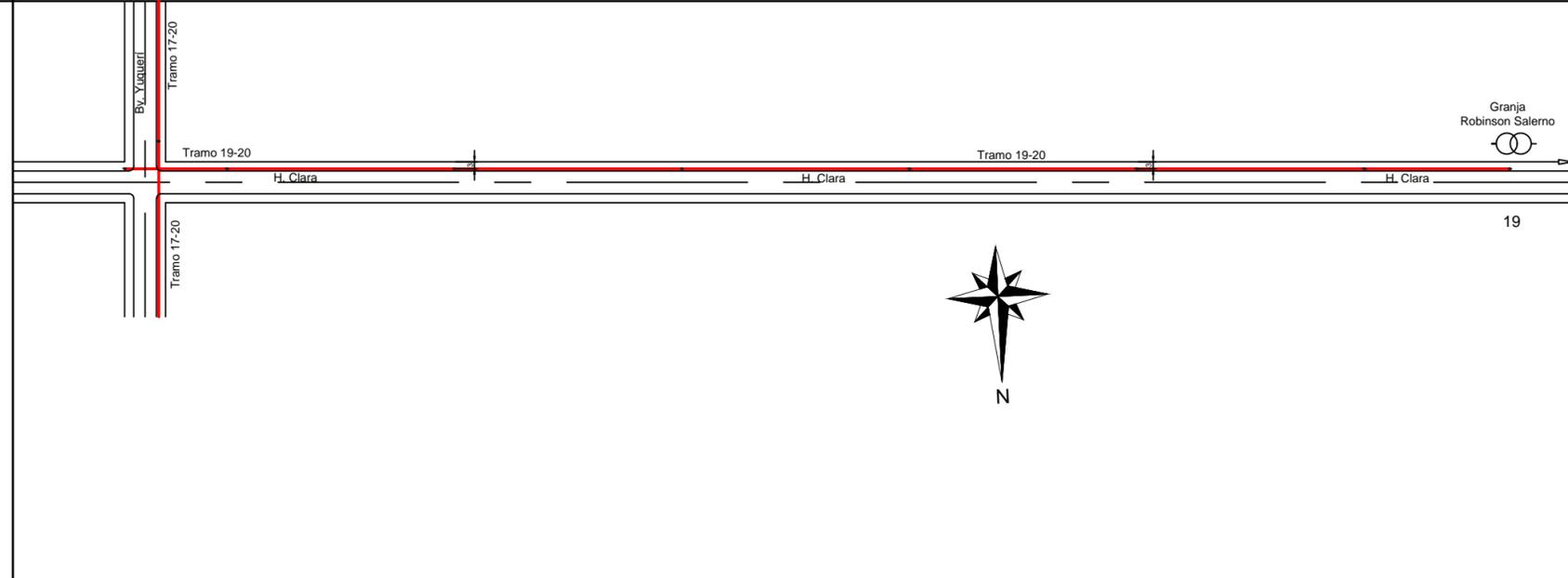
	PROYECTO:	Línea trifásica de 33 kV en tresbolillo	
	PLANO:	<b>PLANIALTIMETRÍA TRAZA TRAMO 17-20</b>	
CÁTEDRA: Transmisión y distribución de la energía eléctrica	ESCALA Gral:	DIBUJÓ : Aguirre Matteo, C. Bignotti, Bruno Pezzelato, Claudio Vazquez, Cristhian	
	ESCALA Detalle:		
FECHA: Noviembre / 16	ARCHIVO:		

TIPO DE AISLACIÓN	RS	RS	LP	LP	LP	LP	LP	RS
TIPO ESTRUCTURA	T	R+0,5	S	S	S	S	S	R
Nro. DE ESTRUCTURA	183	184	185	186	187	188	189	190
DISPOSICIÓN DE FUNDACIÓN Y ESTRUCTURA								

ÁNGULO DE VÉRTICE

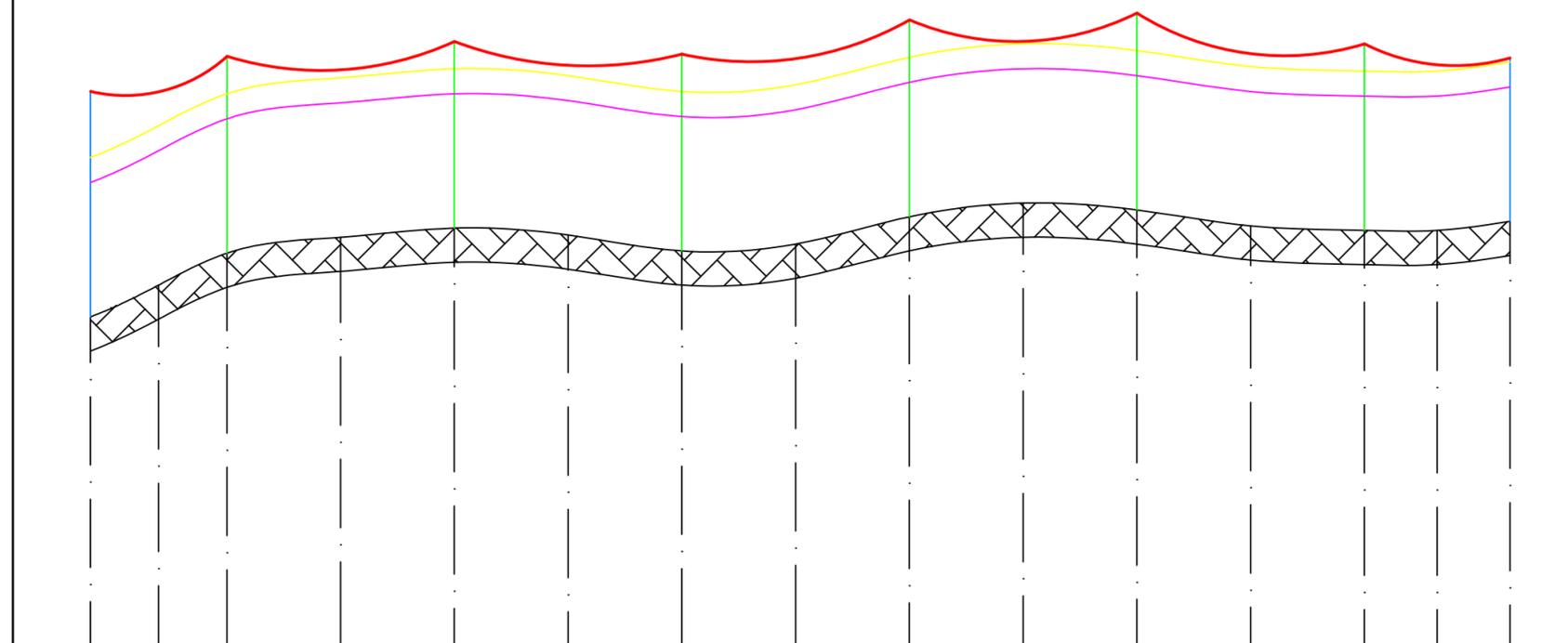
## PLANIMETRÍA

(1:2500)



## ALTIMETRÍA

(1:250)

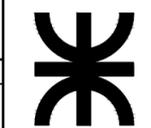
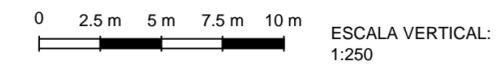
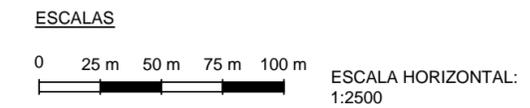


PLANO DE COMPARACIÓN															
COTAS	44.5	45.9	47.3	48	48.4	48.1	47.4	47.7	48.9	49.5	49.2	48.5	48.3	48.3	48.7
PROGRESIVAS	0	30	60	110	160	210	260	310	360	410	460	510	560	592	624
PROGRESIVAS DE ESTRUCTURAS	0	60	160	260	360	460	560	624							
VANOS	60	100	100	260	100	360	100	460	100	560	64	624			

### REFERENCIAS

- V2 Angulo de vértice
- Centro de calle
- Línea existente
- Línea eléctrica proyectada : 3x95 mm<sup>2</sup> 33 kV
- Línea de altura libre proyectada (7 m)
- Línea de altura libre mínima (5.9 m)
- Rosa de los vientos
- Alcantarilla
- km
- Tranquera - Ingreso

RS: Tipo de aislación retención simple  
 LP: Tipo de aislación line-post  
 h\_1: Altura libre mínima admisible a la calzada de camino y terreno libre: 5.9 m.



PROYECTO:	Línea trifásica de 33 kV en tresbolillo
PLANO:	<b>PLANIALTIMETRÍA TRAZA TRAMO 19-20</b>

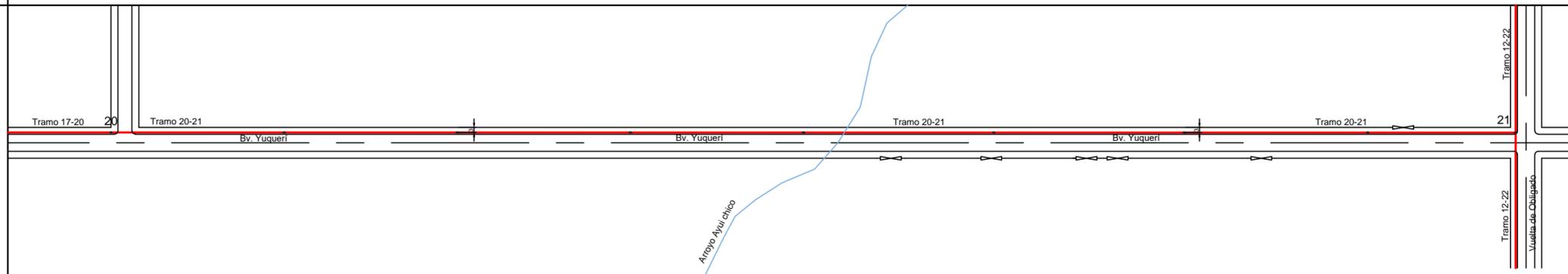
CÁTEDRA: Transmisión y distribución de la energía eléctrica	ESCALA Gral:	DIBUJÓ : Aguirre Matteo, C. Bignotti, Bruno Pezzelato, Claudio Vazquez, Cristhian
	ESCALA Detalle:	
FECHA: Noviembre / 16	ARCHIVO:	

TIPO DE AISLACIÓN	RS	LP	RS	RS						
TIPO ESTRUCTURA	R+0,5	S	S+1	S	S+1	S+1	S+1	S+1	R	RA90°
Nro. DE ESTRUCTURA	182	191	192	193	194	194	195	196	197	198
DISPOSICIÓN DE FUNDACIÓN Y ESTRUCTURA										



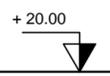
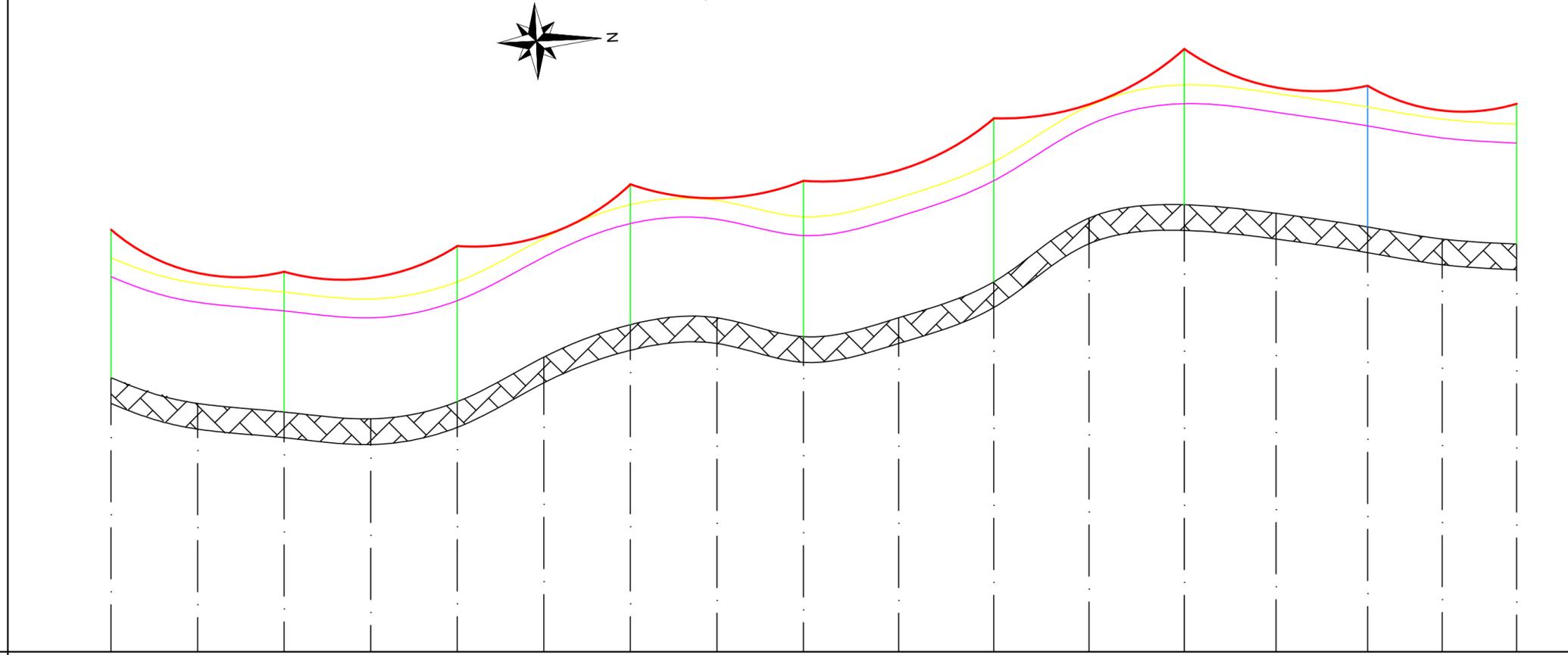
## PLANIMETRÍA

(1:2500)



## ALTIMETRÍA

(1:250)

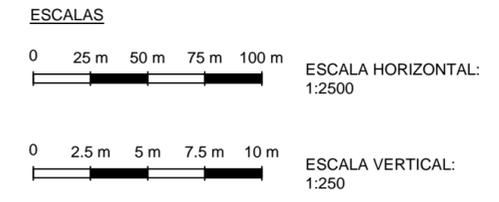


PLANO DE COMPARACIÓN																	
COTAS	36	34.5	34	33.6	34.6	37.2	39.1	39.5	38.4	39.5	41.6	45.3	46.1	45.6	44.8	44.1	43.8
PROGRESIVAS	0	50	100	150	200	250	300	350	400	455	510	565	620	673	726	769	812
PROGRESIVAS DE ESTRUCTURAS	0		100		200		300		400		510		620		726		812
VANOS		100		100		100		100		110		110		106		86	

### REFERENCIAS

- Angulo de vértice
- Centro de calle
- Línea existente
- Línea eléctrica proyectada : 3x95 mm<sup>2</sup> 33 kV
- Línea de altura libre proyectada (7 m)
- Línea de altura libre mínima (5.9 m)
- Rosa de los vientos
- Alcantarilla
- km 01
- Tranquera - Ingreso

RS: Tipo de aislación retención simple  
 LP: Tipo de aislación line-post  
 h\_1: Altura libre mínima admisible a la calzada de camino y terreno libre: 5.9 m.

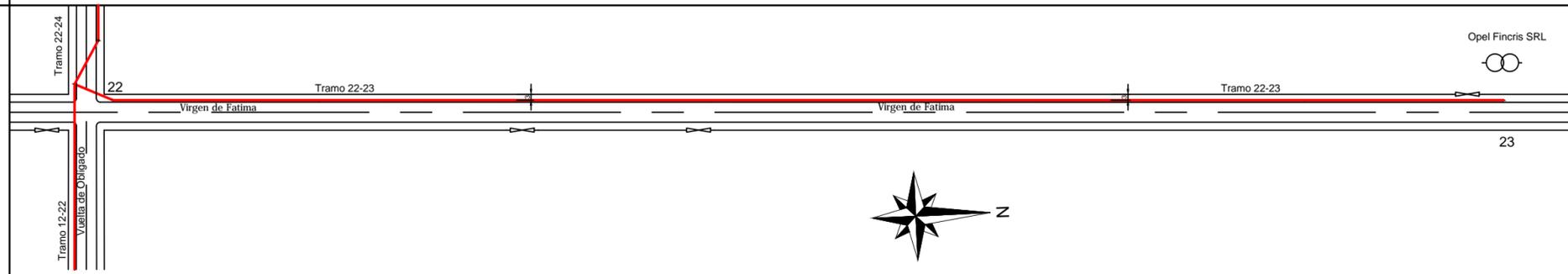


	PROYECTO:	Línea trifásica de 33 kV en tresbolillo	
	PLANO:	<b>PLANIALTIMETRÍA TRAZA TRAMO 20-21</b>	
CÁTEDRA: Transmisión y distribución de la energía eléctrica	ESCALA Gral:	DIBUJÓ : Aguirre Matteo, C. Bignotti, Bruno Pezzelato, Claudio Vazquez, Cristhian	
	ESCALA Detalle:		
FECHA: Noviembre / 16	ARCHIVO:		

TIPO DE AISLACION	RS	RS	LP	LP	LP	LP	LP	LP	RS
TIPO ESTRUCTURA	RA30°	R	S	S	S	S	S	S	T
Nro. DE ESTRUCTURA	210	211	212	213	214	215	216	217	218
DISPOSICIÓN DE FUNDACIÓN Y ESTRUCTURA									
ÁNGULO DE VÉRTICE									

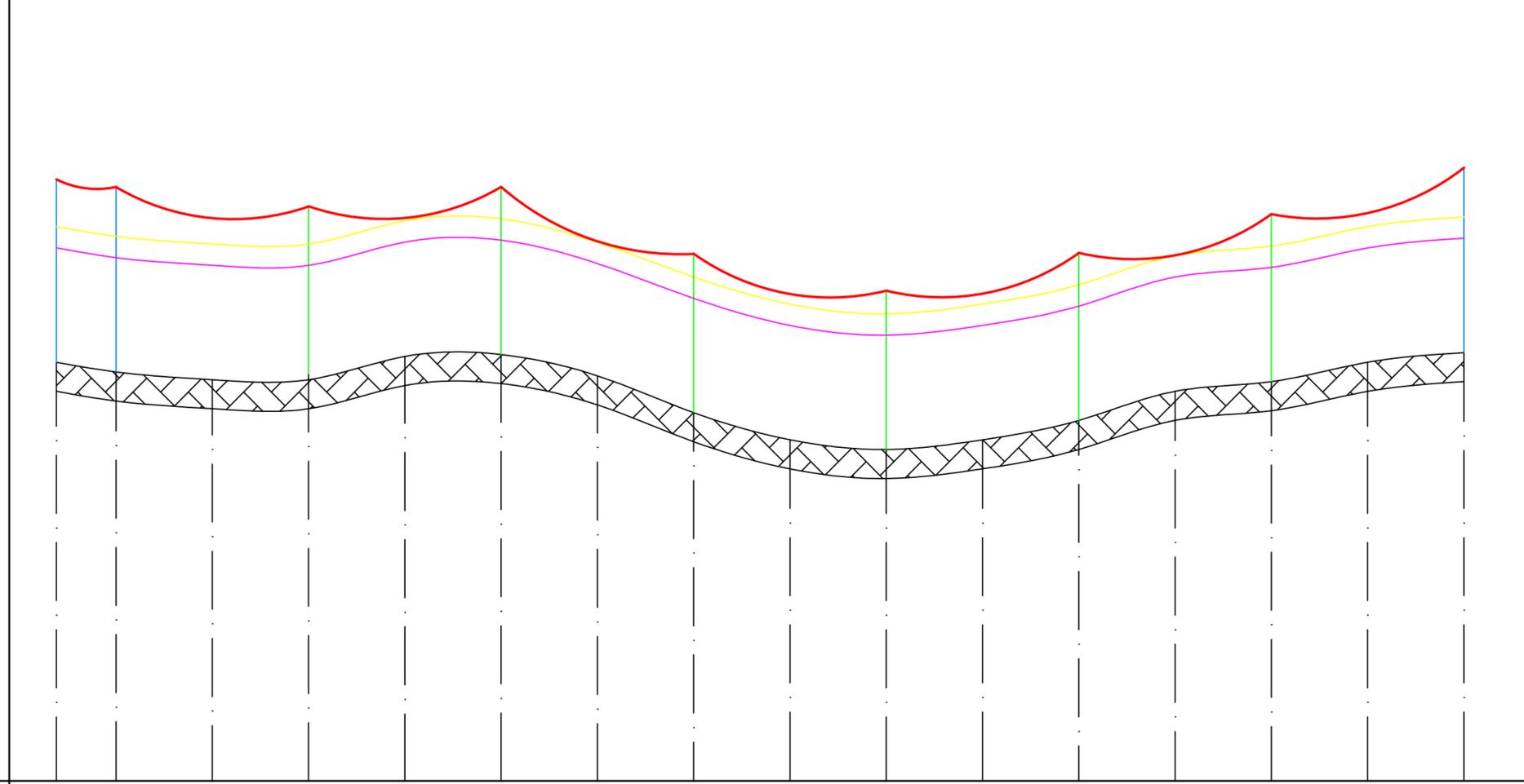
## PLANIMETRÍA

(1:2500)



## ALTIMETRÍA

(1:250)



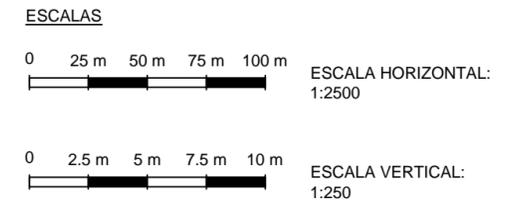
PLANO DE COMPARACIÓN

COTAS	51.6	51.1	50.7	51	51.9	52	50.9	49	47.6	47.1	47.6	48.6	50.1	50.6	51.6	52.1
PROGRESIVAS	0	31	81	131	181	231	281	331	381	431	481	531	581	631	681	731
PROGRESIVAS DE ESTRUCTURAS	0	31		131		231		331		431		531		631		731
VANOS		31	100	131	100	231	100	331	100	431	100	531	100	631	100	731

### REFERENCIAS

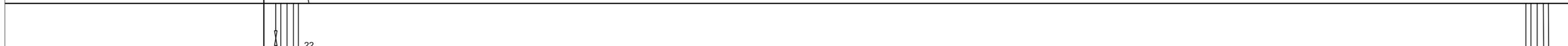
- V2  $\theta$  Angulo de vértice
- Centro de calle
- Línea existente
- Línea eléctrica proyectada : 3x70 mm² 33 kV
- Línea de altura libre proyectada (7 m)
- Línea de altura libre mínima (5.9 m)
- Rosa de los vientos
- Alcantarilla
- km 01 km
- Tranquera - Ingreso

RS: Tipo de aislación retención simple  
 LP: Tipo de aislación line-post  
 h\_1: Altura libre mínima admisible a la calzada de camino y terreno libre: 5.9 m.



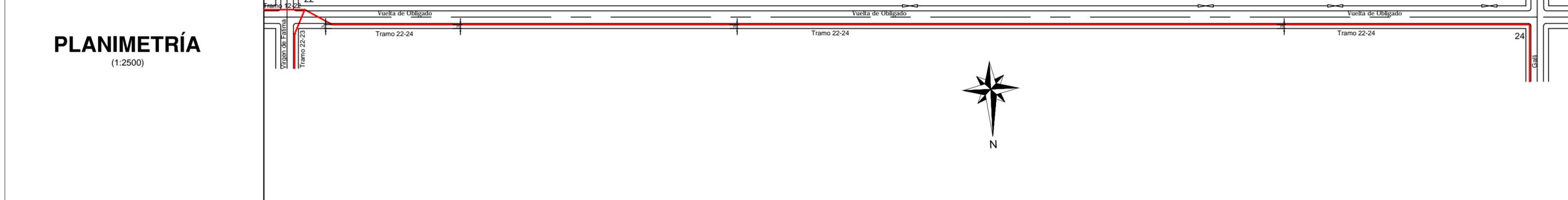
	PROYECTO:	Línea trifásica de 33 kV en tresbolillo	
	PLANO:	<b>PLANIALTIMETRÍA TRAZA TRAMO 22-23</b>	
CÁTEDRA: Transmisión y distribución de la energía eléctrica	ESCALA Gral:	DIBUJÓ : Aguirre Matteo, C. Bignotti, Bruno Pezzelato, Claudio Vazquez, Cristhian	
	ESCALA Detalle:		
FECHA: Noviembre / 16	ARCHIVO:		

TIPO DE AISLACION	RS	RS	LP	RS								
TIPO ESTRUCTURA	RA30°	RA30°	S	S	S+1	S	S	S	S	S+1	S+1	RA90°
Nro. DE ESTRUCTURA	210	219	220	221	222	223	224	225	226	227	228	



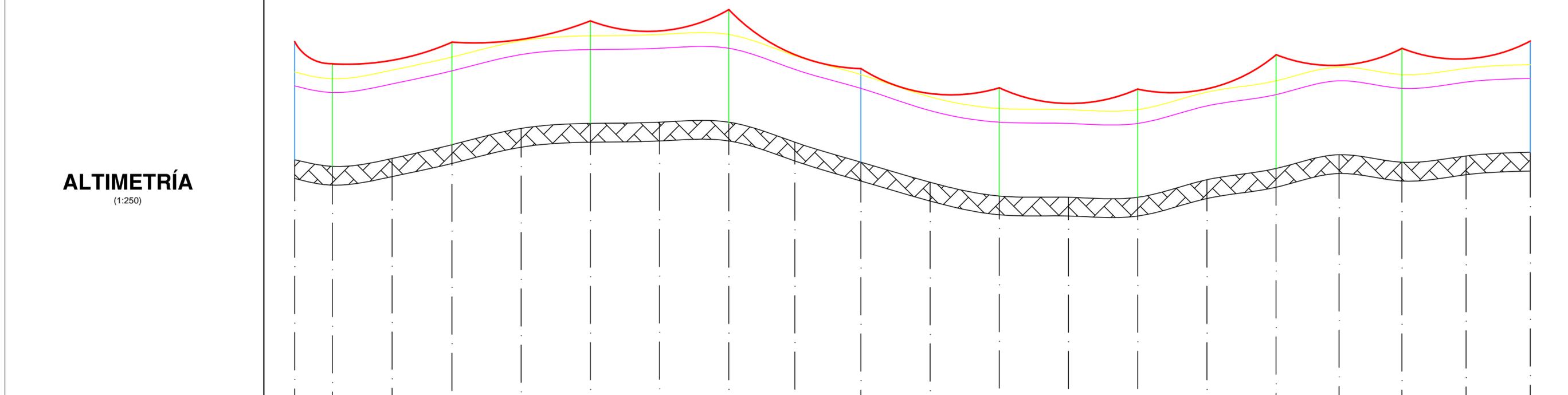
### PLANIMETRÍA

(1:2500)



### ALTIMETRÍA

(1:250)

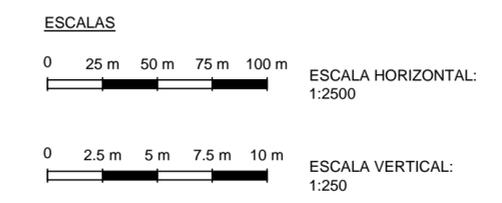


COTAS	51.6	51.1	51.7	52.8	54.1	54.5	54.6	54.5	53	51.4	49.8	48.7	48.6	49	50	50.9	52	51.4	51.9	52.2
PROGRESIVAS	0	30	75	125	180	235	290	345	397.5	450	505	560	615	670	725	780	830	880	931	982
PROGRESIVAS DE ESTRUCTURAS	0	30	95	125	110	235	110	345	105	450	110	560	110	670	110	780	100	880	102	982
VANOS		30																		

### REFERENCIAS

- Angulo de vértice
- Centro de calle
- Línea existente
- Línea eléctrica proyectada : 3x70 mm<sup>2</sup> 33 kV
- Línea de altura libre proyectada (7 m)
- Línea de altura libre mínima (5.9 m)
- Rosa de los vientos
- Alcantarilla
- km 01
- Tranquera - Ingreso

RS: Tipo de aislación retención simple  
 LP: Tipo de aislación line-post  
 h\_1: Altura libre mínima admisible a la calzada de camino y terreno libre: 5.9 m.



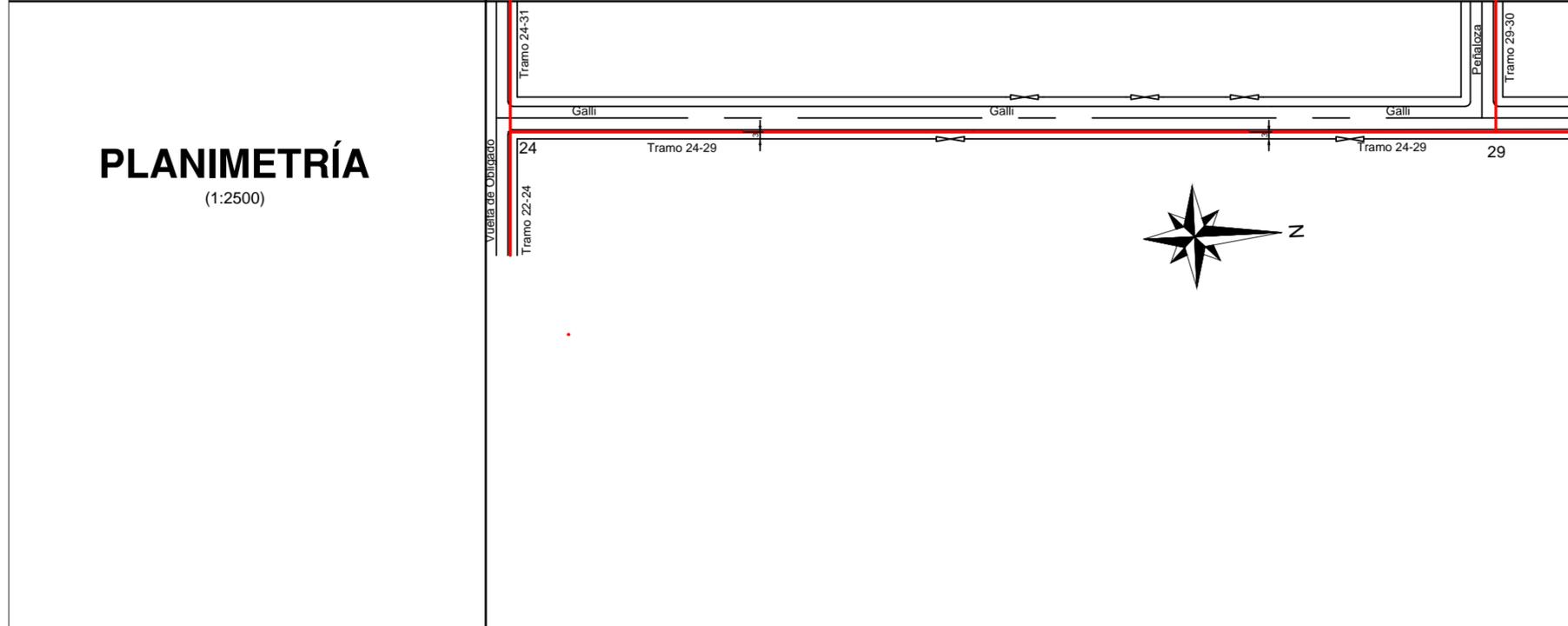
	PROYECTO:	Línea trifásica de 33 kV en tresbolillo	
	PLANO:	<b>PLANIALTIMETRÍA TRAZA TRAMO 22-24</b>	
CÁTEDRA: Transmisión y distribución de la energía eléctrica	ESCALA Gral:	DIBUJÓ : Aguirre Matteo, C. Bignotti, Bruno Pezzelato, Claudio Vazquez, Cristian	
	ESCALA Detalle:		
FECHA: Noviembre / 16	ARCHIVO:		

TIPO DE AISLACION	RS	LP	LP	LP	RS
TIPO ESTRUCTURA	RA90°	S+2,5	S+1,5	S+1,5	T
Nro. DE ESTRUCTURA	228	270	271	272	273
DISPOSICIÓN DE FUNDACIÓN Y ESTRUCTURA					



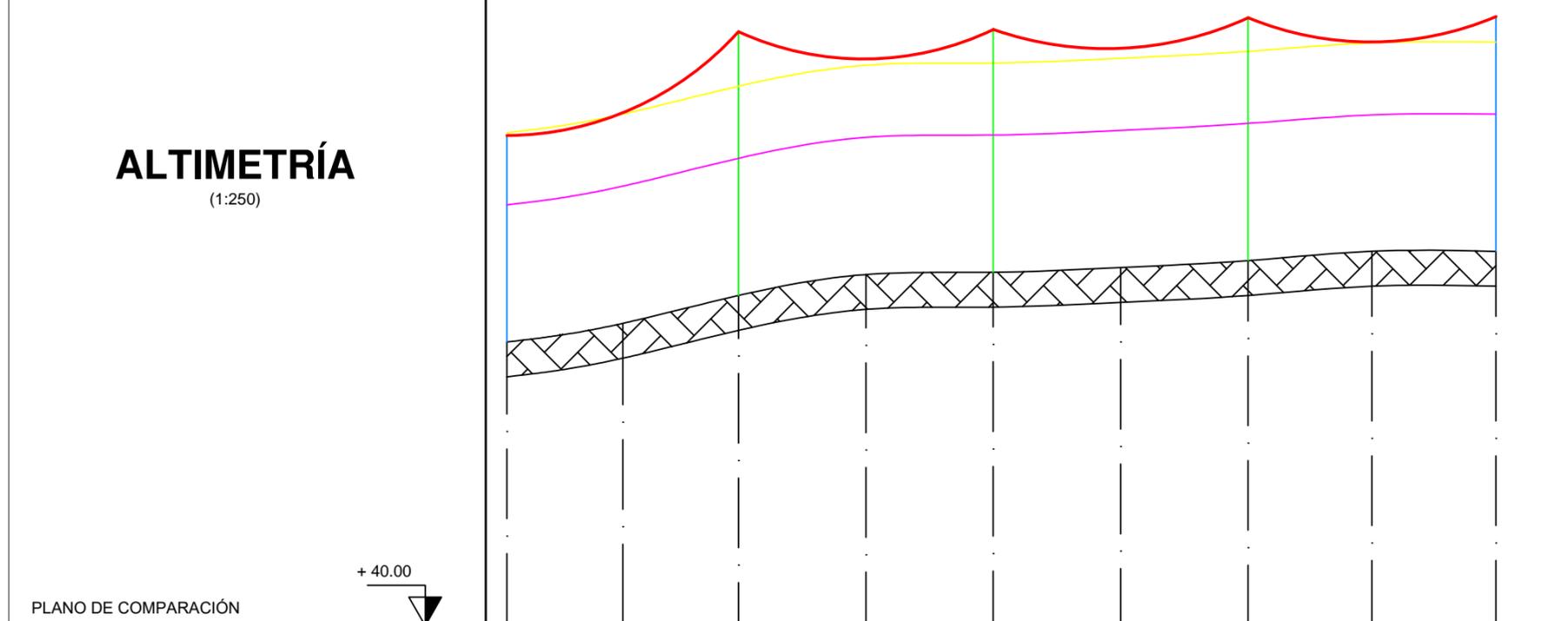
# PLANIMETRÍA

(1:2500)



# ALTIMETRÍA

(1:250)

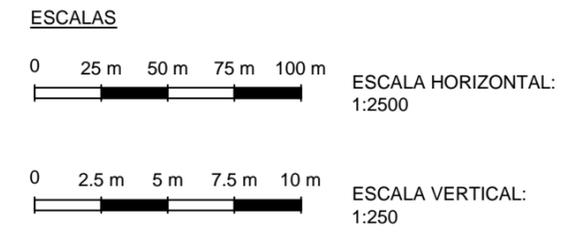


COTAS	52.2	53	54.2	55.1	55.2	55.4	55.7	56.1	56.1
PROGRESIVAS	0	50	100	155	210	265	320	373.5	427
PROGRESIVAS DE ESTRUCTURAS	0	100	210	320	427				
VANOS		100	110	110	107				

## REFERENCIAS

- Angulo de vértice
- Centro de calle
- Línea existente
- Línea eléctrica proyectada : 3x70 mm<sup>2</sup> 33 kV
- Línea de altura libre proyectada (9 m)
- Línea de altura libre mínima (5.9 m)
- Rosa de los vientos
- Alcantarilla
- km
- Tranquera - Ingreso

RS: Tipo de aislación retención simple  
 LP: Tipo de aislación line-post  
 h\_1: Altura libre mínima admisible a la calzada de camino y terreno libre: 5.9 m.



	PROYECTO:	Línea trifásica de 33 kV en tresbolillo	
	PLANO:	<b>PLANIALTIMETRÍA TRAZA TRAMO 24-29</b>	
CÁTEDRA: Transmisión y distribución de la energía eléctrica	ESCALA Gral:	DIBUJÓ : Aguirre Matteo, C. Bignotti, Bruno Pezzelato, Claudio Vazquez, Cristhian	
	ESCALA Detalle:		
FECHA: Noviembre / 16	ARCHIVO:		

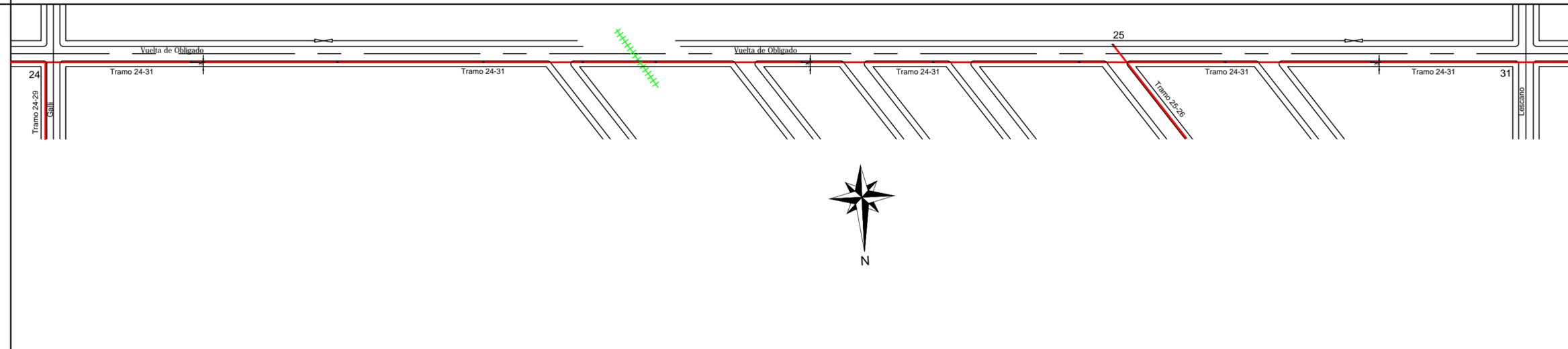
TIPO DE AISLACION	RS	LP	LP	LP	RS	RS	LP	LP	LP	LP	LP	LP
TIPO ESTRUCTURA	RA90°	S+1,5	S+1,5	S+1,5	R	R	S+1,5	S+1,5	S+1,5	S+1,5	S+2,5	S+2
Nro. DE ESTRUCTURA	228	229	230	231	232	233	234	235	236	237	238	239
DISPOSICIÓN DE FUNDACIÓN Y ESTRUCTURA												

ÁNGULO DE VÉRTICE



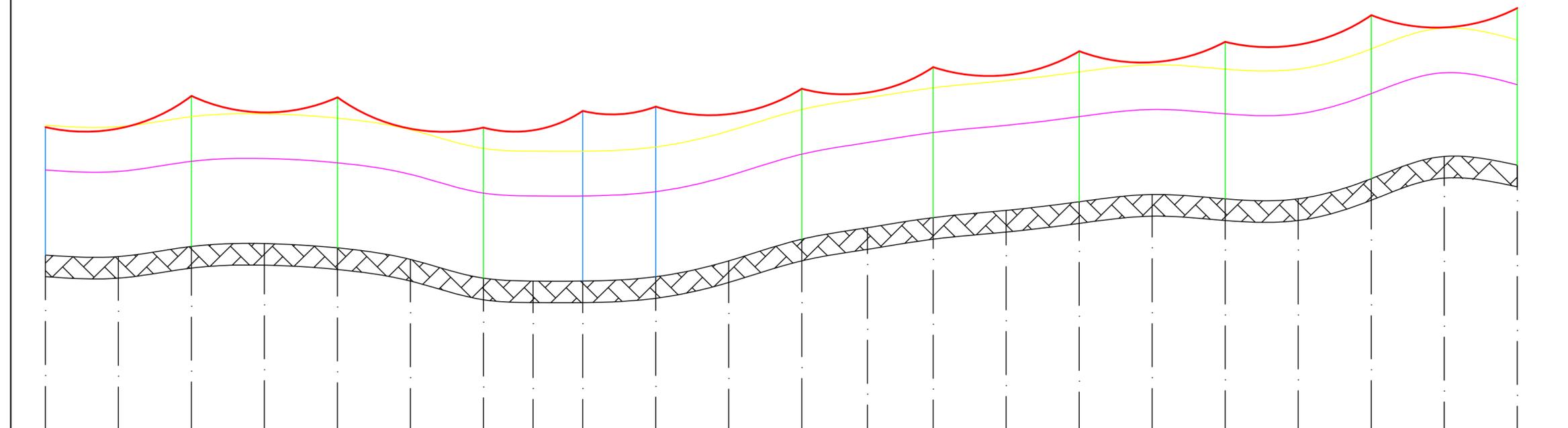
## PLANIMETRÍA

(1:2500)

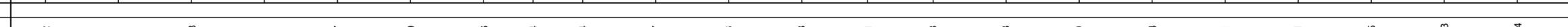


## ALTIMETRÍA

(1:250)



PLANO DE COMPARACIÓN

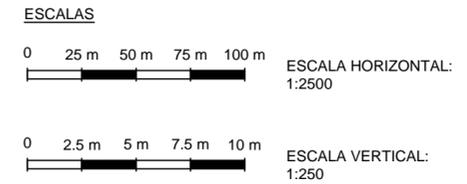


COTAS	52.2	52.1	52.8	53	52.7	51.9	50.6	50.4	50.4	50.7	51.8	53.3	54.1	54.8	55.3	55.9	56.4	56.1	56.1	57.5	59.03	58.44		
PROGRESIVAS	0	50	100	150	200	250	300	334	368	418	468	518	563	608	658	708	758	808	858	908	958	1008		
PROGRESIVAS DE ESTRUCTURAS	0	100	100	100	200	100	300	68	368	53	418	100	518	90	608	100	708	100	808	100	908	100	1008	
VANOS		100		100		100		68		53		100		90		100		100		100		100		1008

### REFERENCIAS

- V2: Angulo de vértice
- : Centro de calle
- : Línea existente
- : Línea eléctrica proyectada : 3x70 mm² 33 kV
- : Línea de altura libre proyectada (9 m)
- : Línea de altura libre mínima (5.9 m). En cruce de Ferrocarril es 8.5 m la altura libre mínima.
- : Rosa de los vientos
- : Alcantarilla
- : km
- : Tranquera - Ingreso

RS: Tipo de aislación retención simple  
 LP: Tipo de aislación line-post  
 h\_1: Altura libre mínima admisible a la calzada de camino y terreno libre: 9 m.



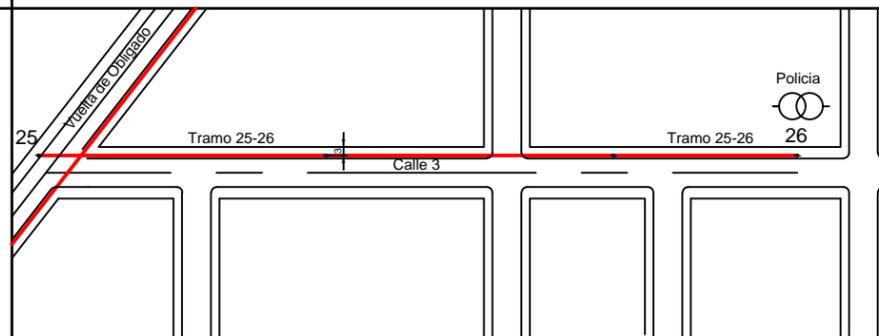
	PROYECTO:	Línea trifásica de 33 kV en tresbolillo
	PLANO:	<b>PLANIALTIMETRÍA TRAZA TRAMO 24-31</b>
CÁTEDRA: Transmisión y distribución de la energía eléctrica	ESCALA Gral:	DIBUJÓ : Aguirre Matteo, C. Bignotti, Bruno Pezzelato, Claudio Vazquez, Cristhian
FECHA: Noviembre / 16	ESCALA Detalle:	
	ARCHIVO:	

TIPO DE AISLACION	RS	LP	LP	RS
TIPO ESTRUCTURA	T	S+1.5	S+1.5	R
Nro. DE ESTRUCTURA	266	267	268	269
DISPOSICIÓN DE FUNDACIÓN Y ESTRUCTURA				

ÁNGULO DE VÉRTICE

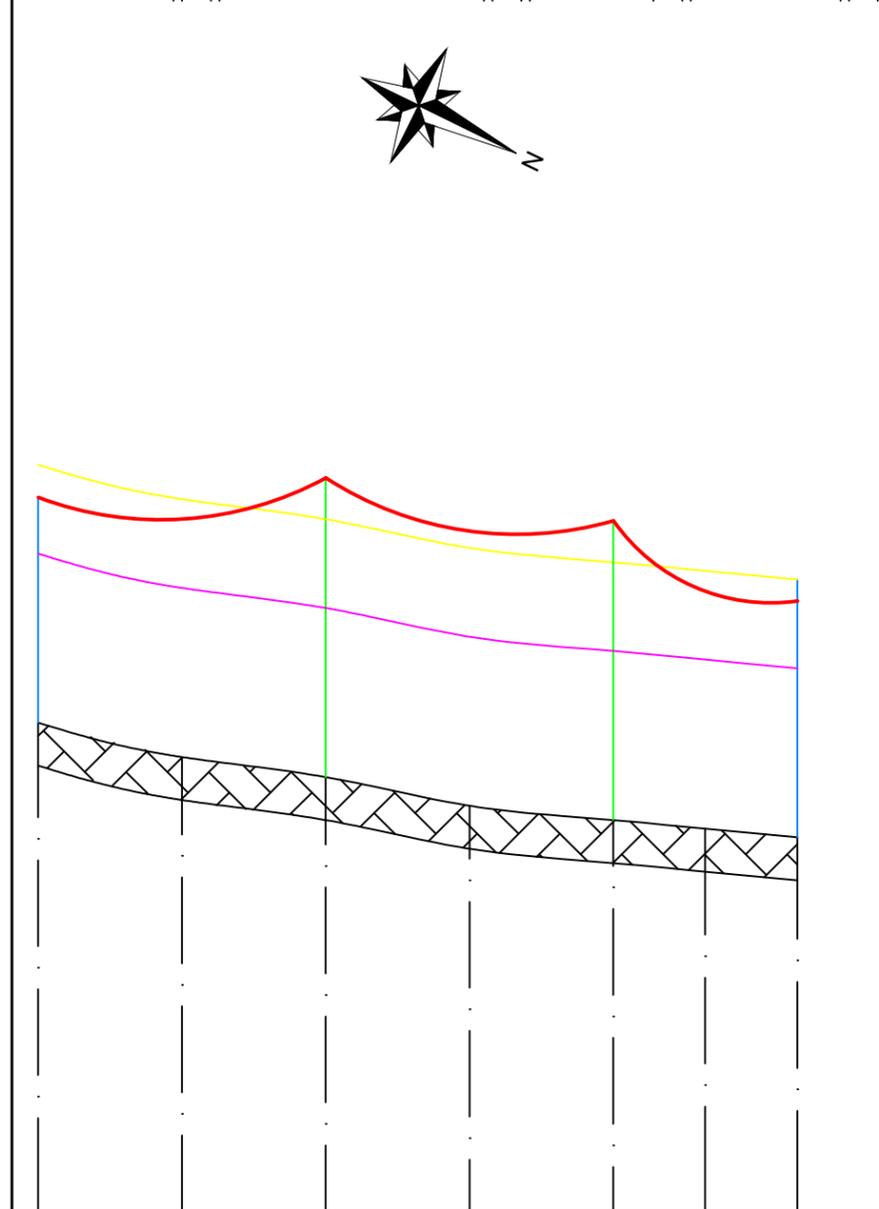
# PLANIMETRÍA

(1:2500)



# ALTIMETRÍA

(1:250)

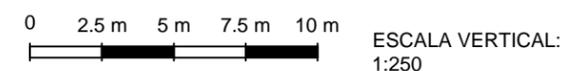
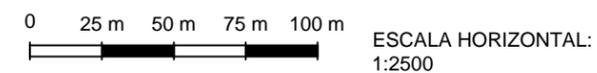


## REFERENCIAS

- Angulo de vértice
- Centro de calle
- Línea existente
- Línea eléctrica proyectada : 3x70 mm<sup>2</sup> 33 kV
- Línea de altura libre proyectada (9 m)
- Línea de altura libre mínima (5.9 m)
- Rosa de los vientos
- Alcantarilla
- km
- Tranquera - Ingreso

RS: Tipo de aislación retención simple  
 LP: Tipo de aislación line-post  
 h<sub>1</sub>: Altura libre mínima admisible a la calzada de camino y terreno libre: 5.9 m.

### ESCALAS



PLANO DE COMPARACIÓN



COTAS	57.1	55.9	55.2	54.2	53.7	53.4	53.1
PROGRESIVAS	0	50	100	150	200	232	264
PROGRESIVAS DE ESTRUCTURAS	0	100	200	264			
VANOS		100		100		64	



PROYECTO:

Línea trifásica de 33 kV en tresbolillo

PLANO:

**PLANIALTIMETRÍA TRAZA TRAMO 25-26**

CÁTEDRA: Transmisión y distribución de la energía eléctrica

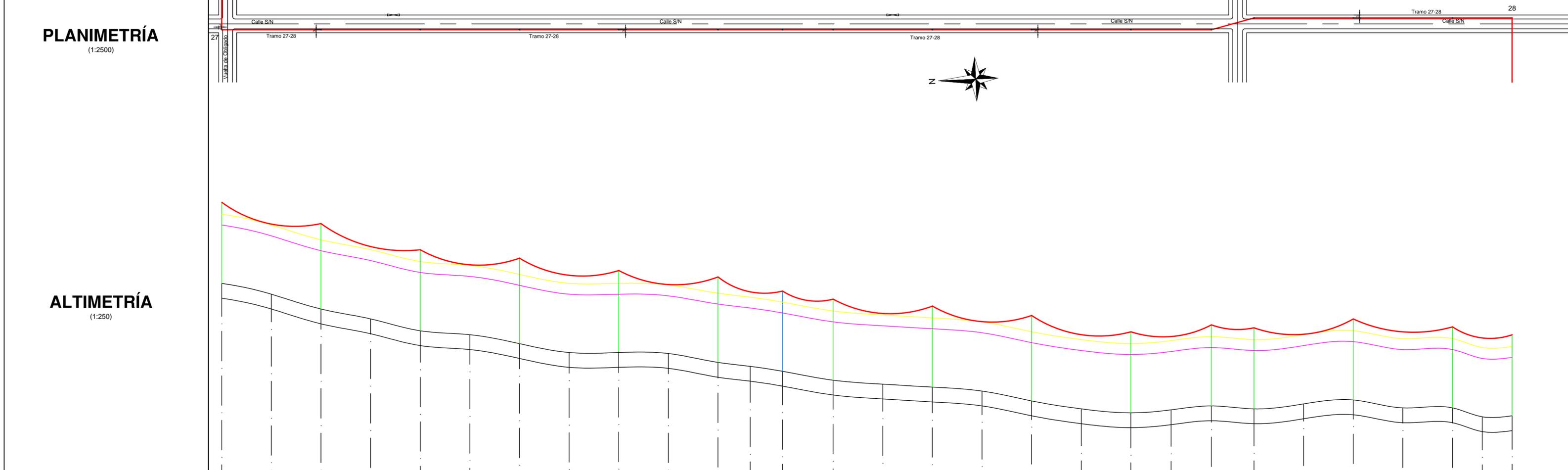
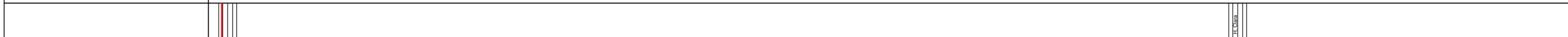
ESCALA Gral:  
ESCALA Detalle:

DIBUJÓ : Aguirre Matteo, C.  
Bignotti, Bruno  
Pezzelato, Claudio  
Vazquez, Cristhian

FECHA: Noviembre / 16

ARCHIVO:

TIPO DE AISLACION	RS	LP	LP	LP	LP	LP	LP	RS	RS	LP	LP	LP	RS	RS	LP	LP	RS
TIPO ESTRUCTURA	RA90°-0,5	S	S	S	S	S	S	R	R	S	S	S	RA16°-0,5	RA16°-0,5	S	S	RA90°-0,5
Nro. DE ESTRUCTURA	250	251	252	253	254	255	256	257	258	259	260	261	262	263	264	265	



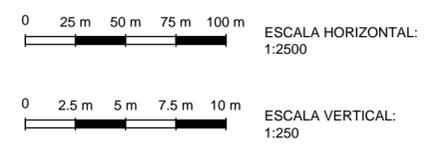
COTAS	51.7	50.6	49.1	48.1	46.9	46.5	45.6	44.7	44.8	44.6	43.7	43.3	42.8	41.9	41.5	41.2	40.8	39.8	39	38.6	38.9	39.3	39	39.5	39.9	39.1	38.6	38.2	38.3		
PROGRESIVAS	0	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	532.5	565	616	666	716	766	816	866	916	956.5	997	1040	1090	1140	1190	1240	1270	1300		
PROGRESIVAS DE ESTRUCTURAS	0	100	100	200	100	300	100	400	100	500	65	565	51	616	100	716	100	816	100	916	81	997	43	1040	100	1140	100	1240	60	1300	
VANOS		100		100		100		100		100		65		51		616		100		816		81		43		100		100		60	

#### REFERENCIAS

- Angulo de vértice
- Centro de calle
- Línea existente
- Línea eléctrica proyectada : 3x70 mm<sup>2</sup> 33 kV
- Línea de altura libre proyectada (7 m)
- Línea de altura libre mínima (5.9 m)
- Rosa de los vientos
- Alcantarilla
- km 01
- Tranquera - Ingreso

RS: Tipo de aislación retención simple  
 LP: Tipo de aislación line-post  
 h\_1: Altura libre mínima admisible a la calzada de camino y terreno libre: 5.9 m.

#### ESCALAS



	PROYECTO:	Línea trifásica de 33 kV en tresbolillo	
	PLANO:	<b>PLANIALTIMETRÍA TRAZA TRAMO 27-28</b>	
CÁTEDRA: Transmisión y distribución de la energía eléctrica	ESCALA Gral:	DIBUJÓ : Aguirre Matteo, C. Bignotti, Bruno Pezzelato, Claudio Vazquez, Cristhian	
	ESCALA Detalle:		
FECHA: Noviembre / 16	ARCHIVO:		

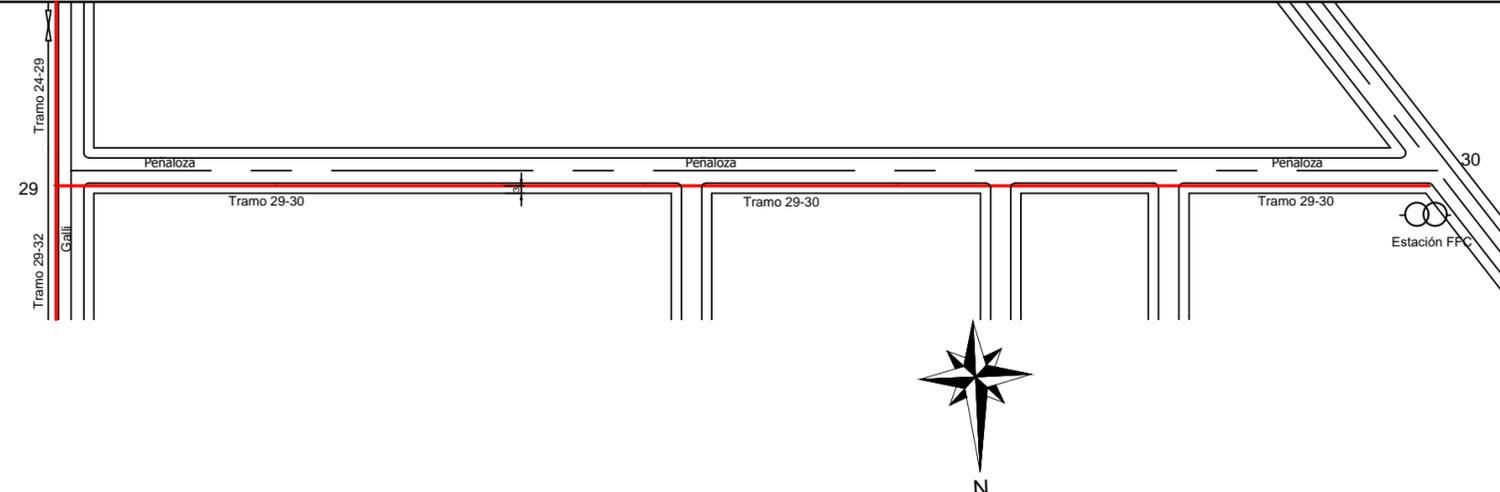
TIPO DE AISLACIÓN	LP	LP	LP	RS	LP	LP	RS
TIPO ESTRUCTURA	T	S+2	S+2	R	S+2	S+3	T
Nro. DE ESTRUCTURA	273	274	275	276	277	278	279
DISPOSICIÓN DE FUNDACIÓN Y ESTRUCTURA							

ANGULO DE VÉRTICE



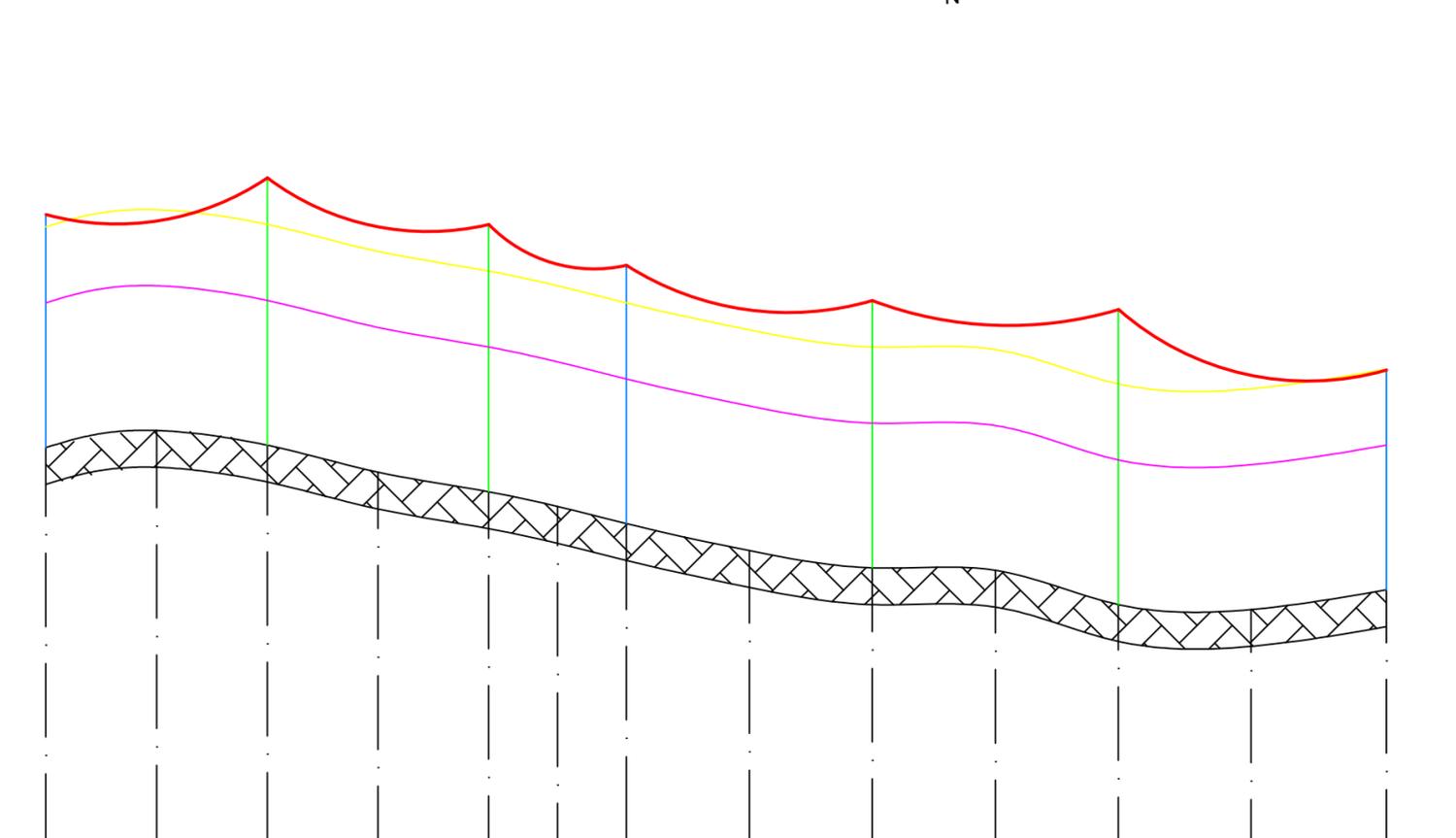
# PLANIMETRÍA

(1:2500)



# ALTIMETRÍA

(1:250)

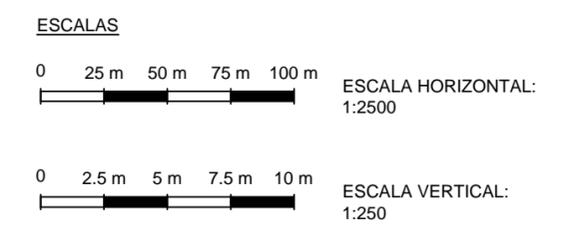


PLANO DE COMPARACIÓN													
COTAS	56.1	56.8	56.2	55.1	54.3	53.7	53	51.9	51.2	51.1	49.7	49.5	50.3
PROGRESIVAS	0	45	90	135	180	208	236	286	336	386	436	490	545
PROGRESIVAS DE ESTRUCTURAS	0	90	90	180	236	236	336	336	436	436	545	545	545
VANOS		90	90	90	56	56	100	100	100	100	109	109	109

## REFERENCIAS

- V2 Angulo de vértice
- Centro de calle
- Línea existente
- Línea eléctrica proyectada : 3x70 mm<sup>2</sup> 33 kV
- Línea de altura libre proyectada (9 m)
- Línea de altura libre mínima (5.9 m)
- Rosa de los vientos
- Alcantarilla
- km 01 km
- Tranquera - Ingreso

RS: Tipo de aislación retención simple  
 LP: Tipo de aislación line-post  
 h\_1: Altura libre mínima admisible a la calzada de camino y terreno libre: 5.9 m.



	PROYECTO:	Línea trifásica de 33 kV en tresbolillo	
	PLANO:	<b>PLANIALTIMETRÍA TRAZA TRAMO 29-30</b>	
CÁTEDRA: Transmisión y distribución de la energía eléctrica	ESCALA Gral:	DIBUJÓ : Aguirre Matteo, C. Bignotti, Bruno Pezzelato, Claudio Vazquez, Cristhian	
	ESCALA Detalle:		
FECHA: Noviembre / 16	ARCHIVO:		

TIPO DE AISLACIÓN	LP	RS	LP	LP	LP						
TIPO ESTRUCTURA	S	S	S	S	S	S	S	R	S	S	S
Nro. DE ESTRUCTURA	273	280	281	282	283	284	285	286	287	288	289



## PLANIMETRÍA

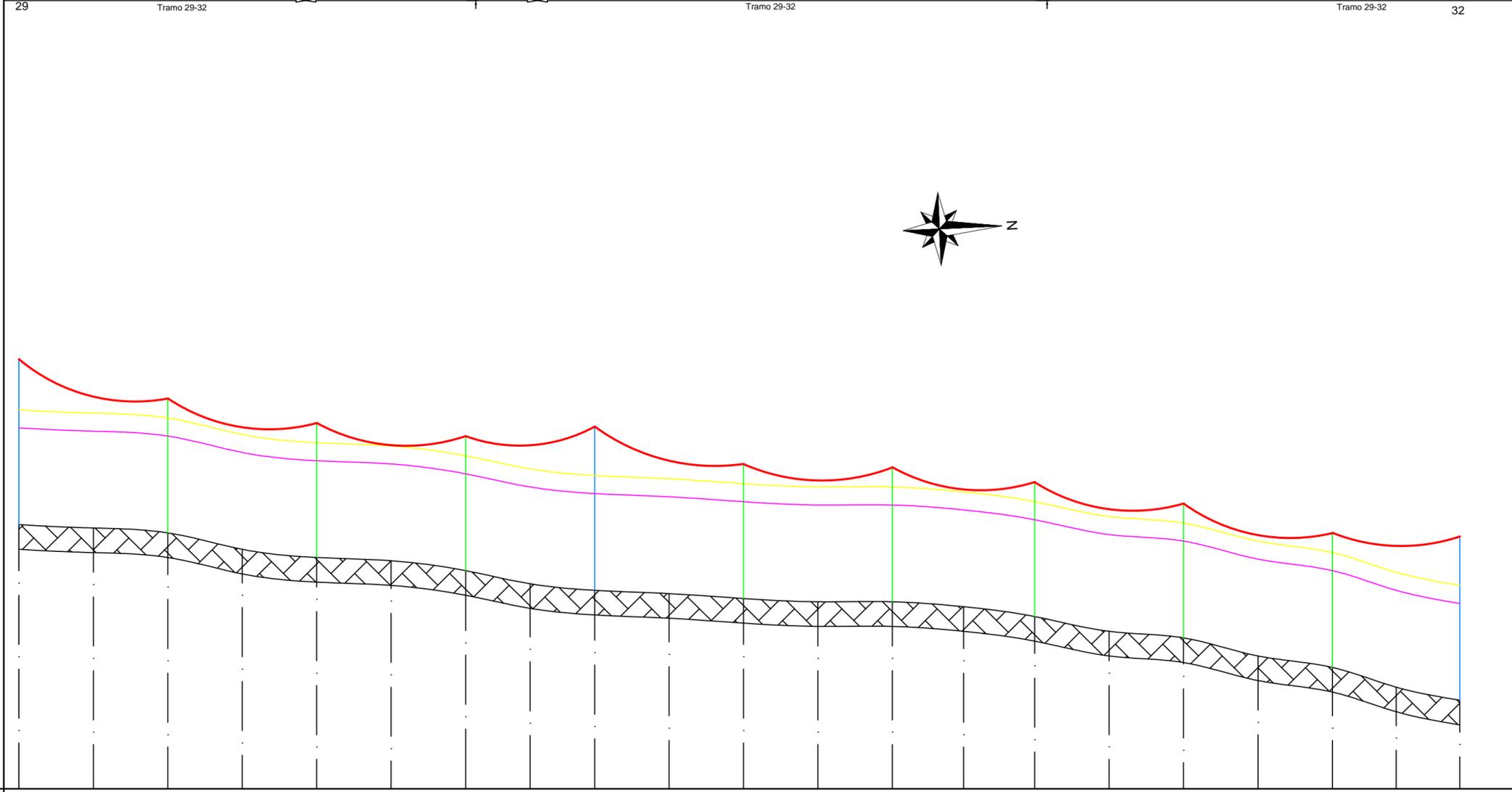
(1:2500)



Lopez Jose

## ALTIMETRÍA

(1:250)



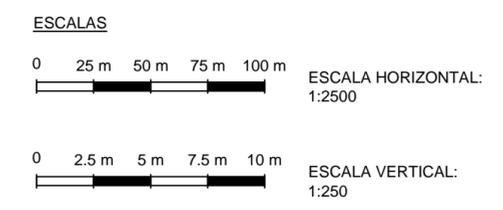
+ 40.00

PLANO DE COMPARACIÓN																						
COTAS	56.1	55.9	55.6	54.6	54.1	53.9	53.3	52.5	52.1	51.9	51.6	51.4	51.4	51.1	50.5	49.6	49.2	48.1	47.4	46.2	45.4	
PROGRESIVAS	0	45	90	135	180	225	270	309	348	393	438	483	528	571	614	659	704	749	794	832.5	871	
PROGRESIVAS DE ESTRUCTURAS	0		90		180		270		348		438		528		614		704		794		871	
VANOS		90		90		90		78		90		90		86		90		90		794		77

### REFERENCIAS

- Angulo de vértice
- Centro de calle
- Línea existente
- Línea eléctrica proyectada : 3x70 mm<sup>2</sup> 33 kV
- Línea de altura libre proyectada (7 m)
- Línea de altura libre mínima (5.9 m)
- Rosa de los vientos
- Alcantarilla
- km
- Tranquera - Ingreso

RS: Tipo de aislación retención simple  
 LP: Tipo de aislación line-post  
 h\_1: Altura libre mínima admisible a la calzada de camino y terreno libre: 5.9 m.

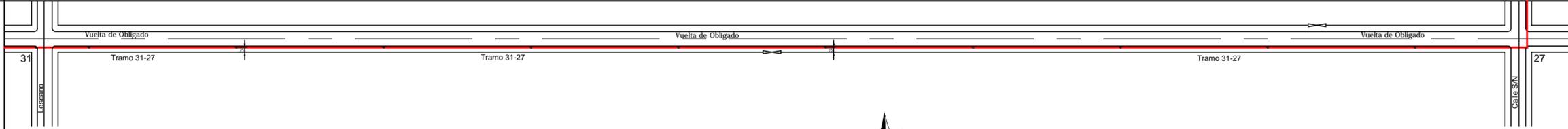


	PROYECTO:	Línea trifásica de 33 kV en tresbolillo	
	PLANO:	<b>PLANIALTIMETRÍA TRAZA TRAMO 29-32</b>	
CÁTEDRA: Transmisión y distribución de la energía eléctrica	ESCALA Gral:	DIBUJÓ : Aguirre Matteo, C. Bignotti, Bruno Pezzelato, Claudio Vazquez, Cristhian	
	ESCALA Detalle:		
FECHA: Noviembre / 16	ARCHIVO:		

TIPO DE AISLACION	LP	RS	LP	RS									
TIPO ESTRUCTURA	S+3	R	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	RA90°
Nro. DE ESTRUCTURA	239	240	241	242	243	244	245	246	247	248	249	250	
DISPOSICIÓN DE FUNDACIÓN Y ESTRUCTURA													
ÁNGULO DE VÉRTICE													

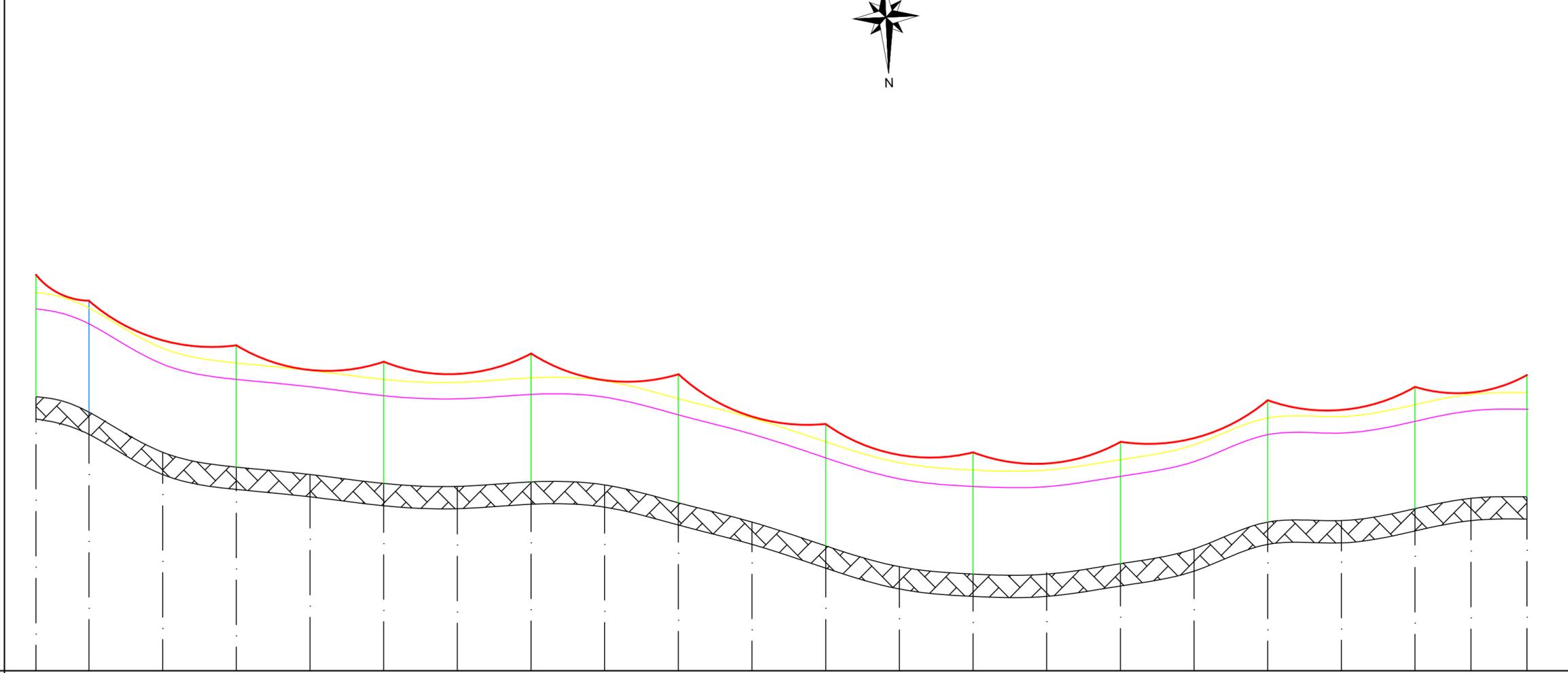
## PLANIMETRÍA

(1:2500)



## ALTIMETRÍA

(1:250)



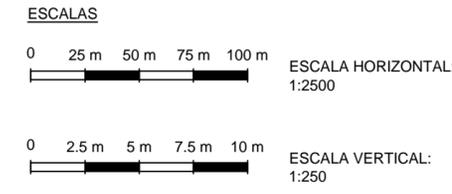
PLANO DE COMPARACIÓN

COTAS	58.44	57.4	54.7	53.7	53.2	52.6	52.4	52.7	52.5	51.3	50	48.4	47	46.5	46.6	47.2	48.2	50	50.1	50.9	51.6	51.7	
PROGRESIVAS	0	36	86	136	186	236	286	336	386	436	486	536	586	636	686	736	786	836	886	936	974	1012	
PROGRESIVAS DE ESTRUCTURAS	0	36		136		236		336		436		536		636		736		836		936		1012	
VANOS		36	100		100		100		100		100		100		100		100		100		936	76	1012

### REFERENCIAS

- V2 Angulo de vértice
- Centro de calle
- Línea existente
- Línea eléctrica proyectada : 3x70 mm² 33 kV
- Línea de altura libre proyectada (7 m)
- Línea de altura libre mínima (5.9 m)
- Rosa de los vientos
- Alcantarilla
- km
- Tranquera - Ingreso

RS: Tipo de aislación retención simple  
 LP: Tipo de aislación line-post  
 h\_1: Altura libre mínima admisible a la calzada de camino y terreno libre: 5.9 m.



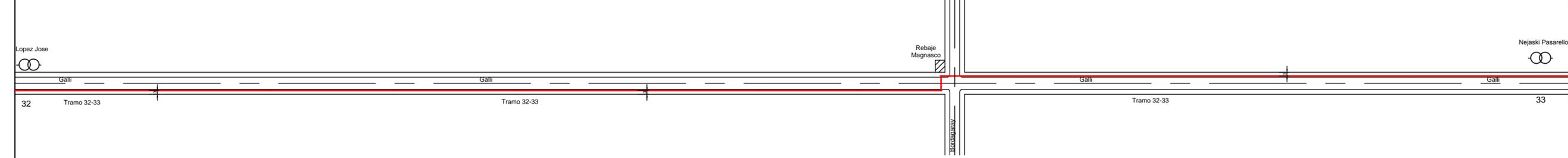
PROYECTO:	Línea trifásica de 33 kV en tresbolillo
PLANO:	<b>PLANIALTIMETRÍA TRAZA TRAMO 31-27</b>

CÁTEDRA: Transmisión y distribución de la energía eléctrica	ESCALA Gral:	DIBUJÓ : Aguirre Matteo, C. Bignotti, Bruno Pezzelato, Claudio Vazquez, Cristhian
	ESCALA Detalle:	
FECHA: Noviembre / 16	ARCHIVO:	

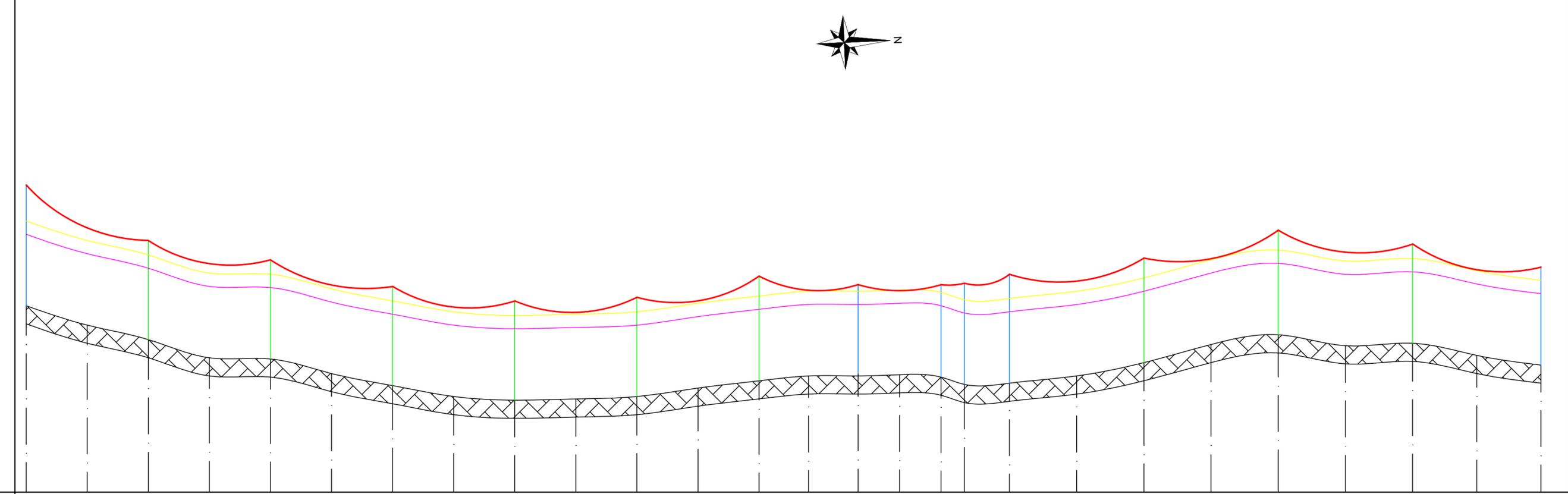
TIPO DE AISLACIÓN	LP	RS	RS	RS	RS	LP	LP	LP	LP						
TIPO ESTRUCTURA	S	S	S	S	S	S	S	R	RA90°	RA90°	R	S	S	S	S
Nro. DE ESTRUCTURA	289	290	291	292	293	294	295	296	297	298	299	300	301	302	303



### PLANIMETRÍA (1:2500)



### ALTIMETRÍA (1:250)

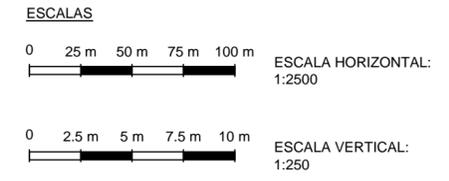


PLANO DE COMPARACIÓN																												
COTAS	45.4	43.8	42.6	41.1	41	39.8	38.8	37.9	37.6	37.7	37.9	38.6	39.2	39.6	39.8	39.7	39.5	38.9	39	39.6	40.7	42.2	43	42.1	42.3	41.3	40.5	
PROGRESIVAS	0	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	640.5	681	715	749	768	805	860	915	970	1025	1080	1135	1187.5	1240	
PROGRESIVAS DE ESTRUCTURAS	0		100		200		300		400		500		600		681		749	768	805		915		1025		1135		1240	
VANOS		100		100		100		100		100		100		81		68		19	37		110		110		110		105	

#### REFERENCIAS

- Angulo de vértice
- Centro de calle
- Línea existente
- Línea eléctrica proyectada : 3x70 mm² 33 kV
- Línea de altura libre proyectada (7 m)
- Línea de altura libre mínima (5.9 m)
- Rosa de los vientos
- Alcantarilla
- km
- Tranquera - Ingreso

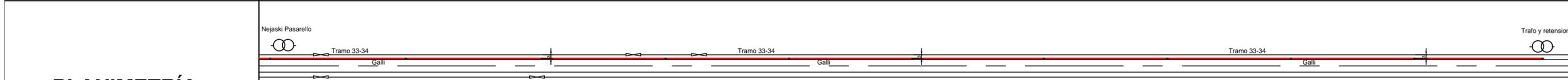
RS: Tipo de aislación retención simple  
 LP: Tipo de aislación line-post  
 h\_1: Altura libre mínima admisible a la calzada de camino y terreno libre: 5.9 m.



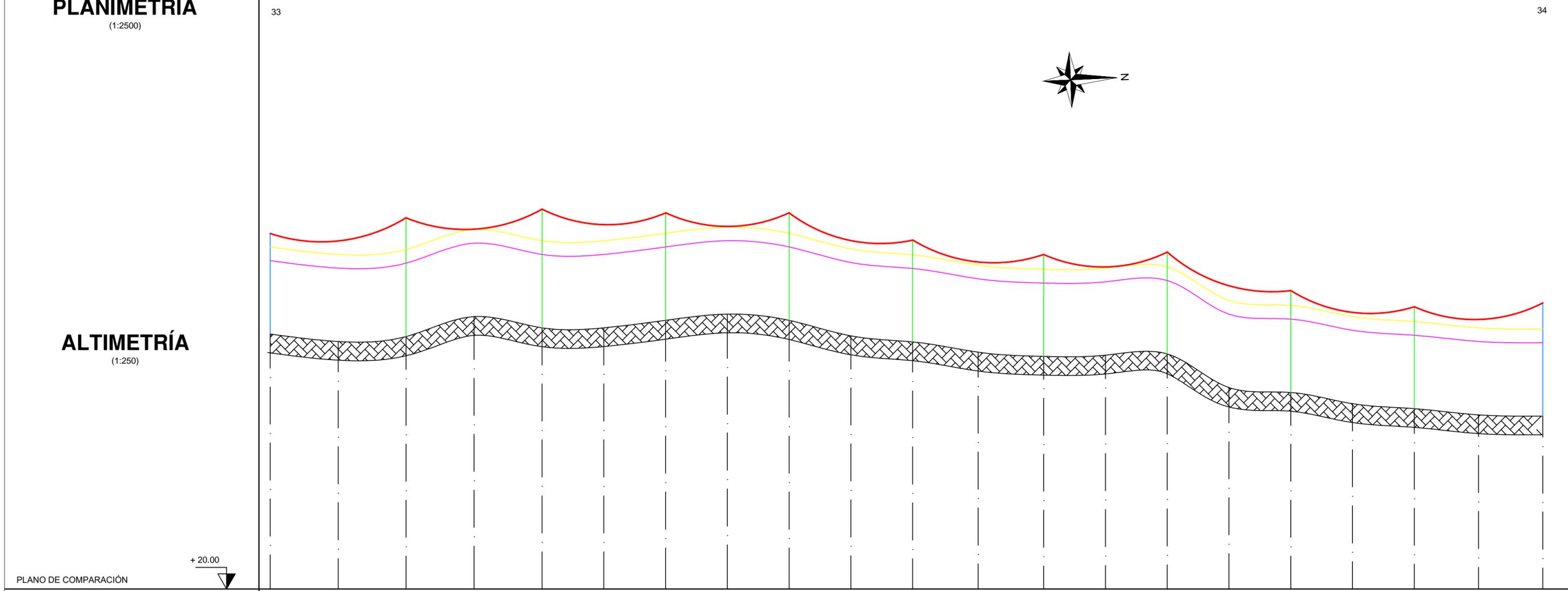
	PROYECTO:	Línea trifásica de 33 kV en tresbolillo	
	PLANO:	<b>PLANIALTIMETRÍA TRAZA TRAMO 32-33</b>	
CÁTEDRA: Transmisión y distribución de la energía eléctrica	ESCALA Gral:	DIBUJÓ : Aguirre Matteo, C. Bignotti, Bruno Pezzelato, Claudio Vazquez, Cristhian	
FECHA: Noviembre / 16	ESCALA Detalle:		
	ARCHIVO:		

TIPO DE AISLACION	LP	LP	LP	RS	LP	LP	LP	LP	LP	LP	RS
TIPO ESTRUCTURA	S	S+1	S+1	R+0.5	S	S	S	S	S	S	R
Nro. DE ESTRUCTURA	303	304	305	306	307	308	309	310	311	312	313
DISPOSICIÓN DE FUNDACIÓN Y ESTRUCTURA											

ÁNGULO DE VÉRTICE



**PLANIMETRÍA**  
(1:2500)



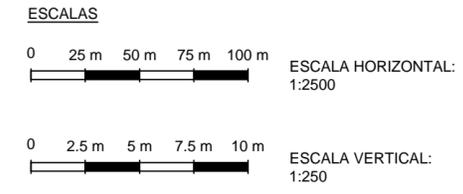
**ALTIMETRÍA**  
(1:250)

PLANO DE COMPARACIÓN																					
COTAS	40,5	39,9	40,3	41,9	41	41	41,6	42,1	41,6	40,35	39,86	39,04	38,7	38,8	38,9	36,2	35,8	34,9	34,5	34	33,9
PROGRESIVAS	0,00	55	110	165	220	270	320	370	420	470	520	573	626	676	726	776	826	876	926	978	1030
PROGRESIVAS DE ESTRUCTURAS	0,00	110	110	100	220	100	320	100	420	100	520	106	626	100	726	100	826	100	926	104	1030
VANOS		110	110	100	220	100	320	100	420	100	520	106	626	100	726	100	826	100	926	104	1030

**REFERENCIAS**

- Angulo de vértice
- Centro de calle
- Línea existente
- Línea eléctrica proyectada : 3x70 mm² 33 kV
- Línea de altura libre proyectada (7 m)
- Línea de altura libre mínima (5.9 m)
- Rosa de los vientos
- Alcantarilla
- km
- Tranquera - Ingreso

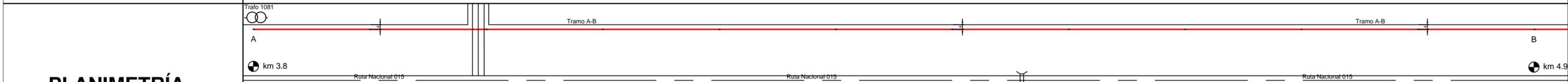
RS: Tipo de aislación retención simple  
 LP: Tipo de aislación line-post  
 h\_1: Altura libre mínima admisible a la calzada de camino y terreno libre: 5.9 m.



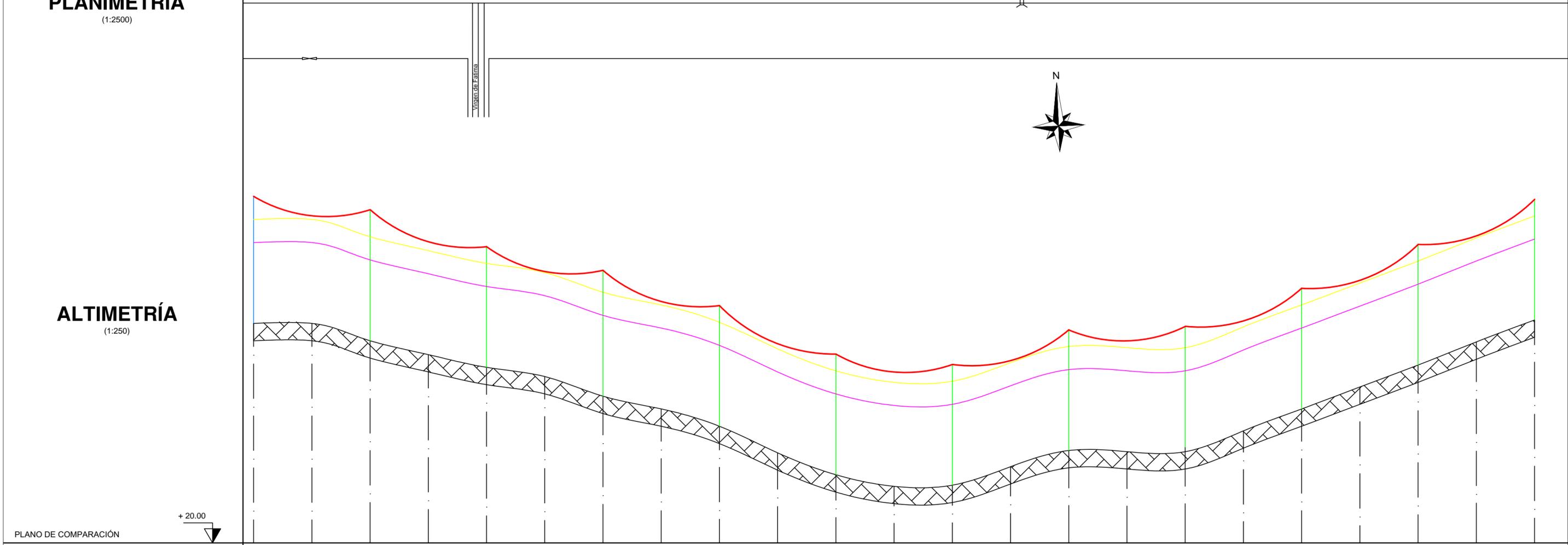
	PROYECTO:	Línea trifásica de 33 kV en tresbolillo	
	PLANO:	<b>PLANIALTIMETRÍA TRAZA TRAMO 33-34</b>	
CÁTEDRA: Transmisión y distribución de la energía eléctrica	ESCALA Gral:	DIBUJÓ : Aguirre Matteo, C. Bignotti, Bruno Pezzelato, Claudio Vazquez, Cristhian	
	ESCALA Detalle:		
FECHA: Noviembre / 16	ARCHIVO:		

TIPO DE AISLACION	RS	LP	LP	LP	LP	LP	LP	LP	LP	LP	LP	LP	RS
TIPO ESTRUCTURA	R	S+2,5	S+1,5	S+2	S+1,5	R+2,5							
Nro. DE ESTRUCTURA	314	315	316	317	318	319	320	321	322	323	324	325	
DISPOSICIÓN DE FUNDACIÓN Y ESTRUCTURA													

ÁNGULO DE VÉRTICE



**PLANIMETRÍA**  
(1:2500)



**ALTIMETRÍA**  
(1:250)

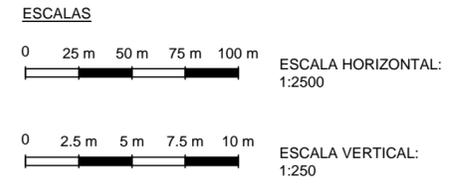
PLANO DE COMPARACIÓN																							
COTAS	39	39	37.5	36.3	35.2	34.4	32.7	31.6	30.1	27.8	25.9	24.9	25	26.6	28	29.9	28.3	29.7	31.6	33.5	35.4	37.4	39.3
PROGRESIVAS	0.00	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800	850	900	950	1000	1050	1100
PROGRESIVAS DE ESTRUCTURAS	0.00	100	100	100	200	100	300	100	400	100	500	100	600	100	700	100	800	100	900	100	1000	100	1100
VANOS		100	100	100	200	100	300	100	400	100	500	100	600	100	700	100	800	100	900	100	1000	100	1100

**REFERENCIAS**

- Angulo de vértice
- Centro de calle
- Línea existente
- Línea eléctrica proyectada : 3x70 mm<sup>2</sup> 33 kV
- Línea de altura libre proyectada (9 m)
- Línea de altura libre mínima (7 m)
- Rosa de los vientos
- Alcantarilla
- km
- Tranquera - Ingreso

RS: Tipo de aislación retención simple  
LP: Tipo de aislación line-post

h\_1: Altura libre mínima admisible a la calzada de camino y terreno libre: 7 m.



PROYECTO:	Línea trifásica de 33 kV en tresbolillo
PLANO:	<b>PLANIALTIMETRÍA TRAZA TRAMO A-B</b>

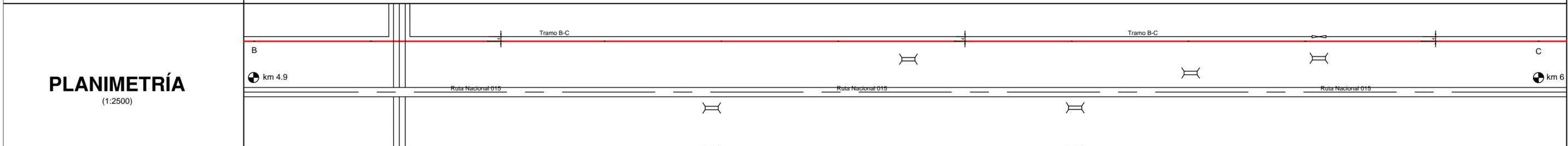
CÁTEDRA: Transmisión y distribución de la energía eléctrica  
FECHA: Noviembre / 16

ESCALA Gral:  
ESCALA Detalle:  
ARCHIVO:

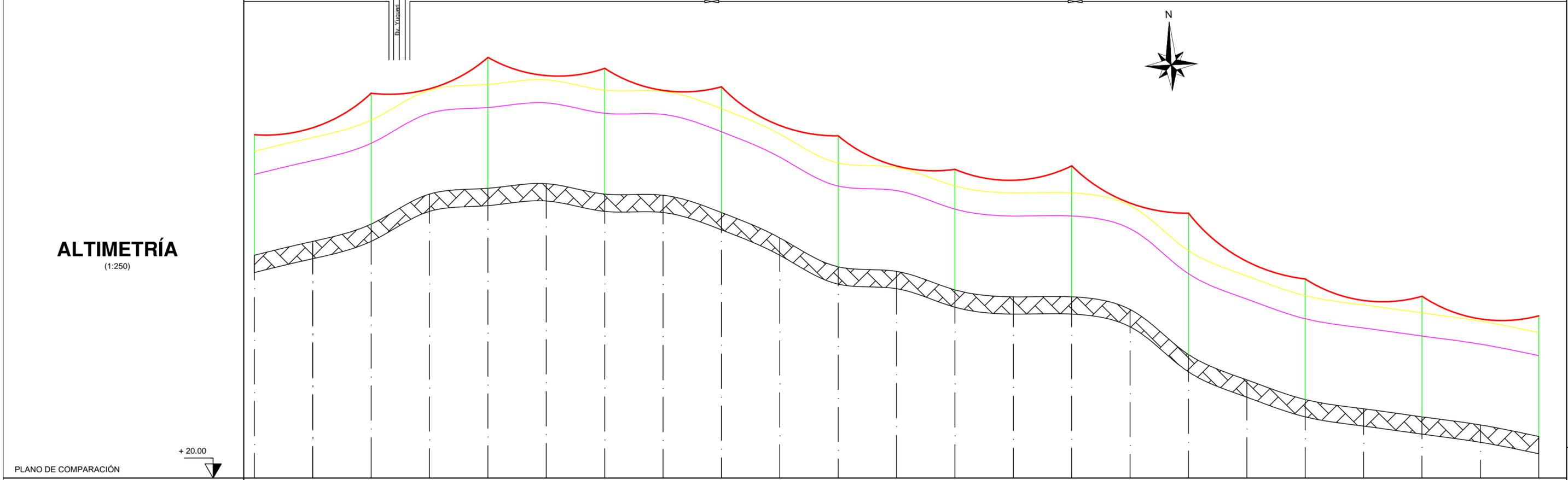
DIBUJÓ : Aguirre Matteo, C.  
Bignotti, Bruno  
Pezzelato, Claudio  
Vazquez, Cristhian

TIPO DE AISLACION	RS	LP	LP	LP	LP	LP	LP	LP	LP	LP	LP	LP	RS
TIPO ESTRUCTURA	R+2,5	S+2,5	S+2,5	S+2	S+2	S+2,5	S+1,5	S+2,5	S+3,5	S+1,5	S+1,5	R+2,5	
Nro. DE ESTRUCTURA	325	326	327	328	329	330	331	332	333	334	335	336	
DISPOSICIÓN DE FUNDACIÓN Y ESTRUCTURA													

ÁNGULO DE VÉRTICE



**PLANIMETRÍA**  
(1:2500)



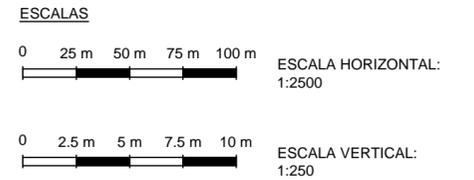
**ALTIMETRÍA**  
(1:250)

PLANO DE COMPARACIÓN																							
COTAS	39.3	40.5	42	44.6	45.1	45.5	44.6	44.5	43	40.8	38.3	37.9	36.3	35.7	35.7	34.6	30.7	28.5	26.8	26	25.3	24.6	23.6
PROGRESIVAS	0.00	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800	850	900	950	1000	1050	1100
PROGRESIVAS DE ESTRUCTURAS VANOS	0.00	100	100	100	200	100	300	100	400	100	500	100	600	100	700	100	800	100	900	100	1000	100	1100

**REFERENCIAS**

- Angulo de vértice
- Centro de calle
- Línea existente
- Línea eléctrica proyectada : 3x70 mm² 33 kV
- Línea de altura libre proyectada (9 m)
- Línea de altura libre mínima (7 m)
- Rosa de los vientos
- Alcantarilla
- km
- Tranquera - Ingreso

RS: Tipo de aislación retención simple  
 LP: Tipo de aislación line-post  
 h\_1: Altura libre mínima admisible a la calzada de camino y terreno libre: 7 m.



PROYECTO:	Línea trifásica de 33 kV en tresbolillo
PLANO:	<b>PLANALTIMETRÍA TRAZA TRAMO B-C</b>

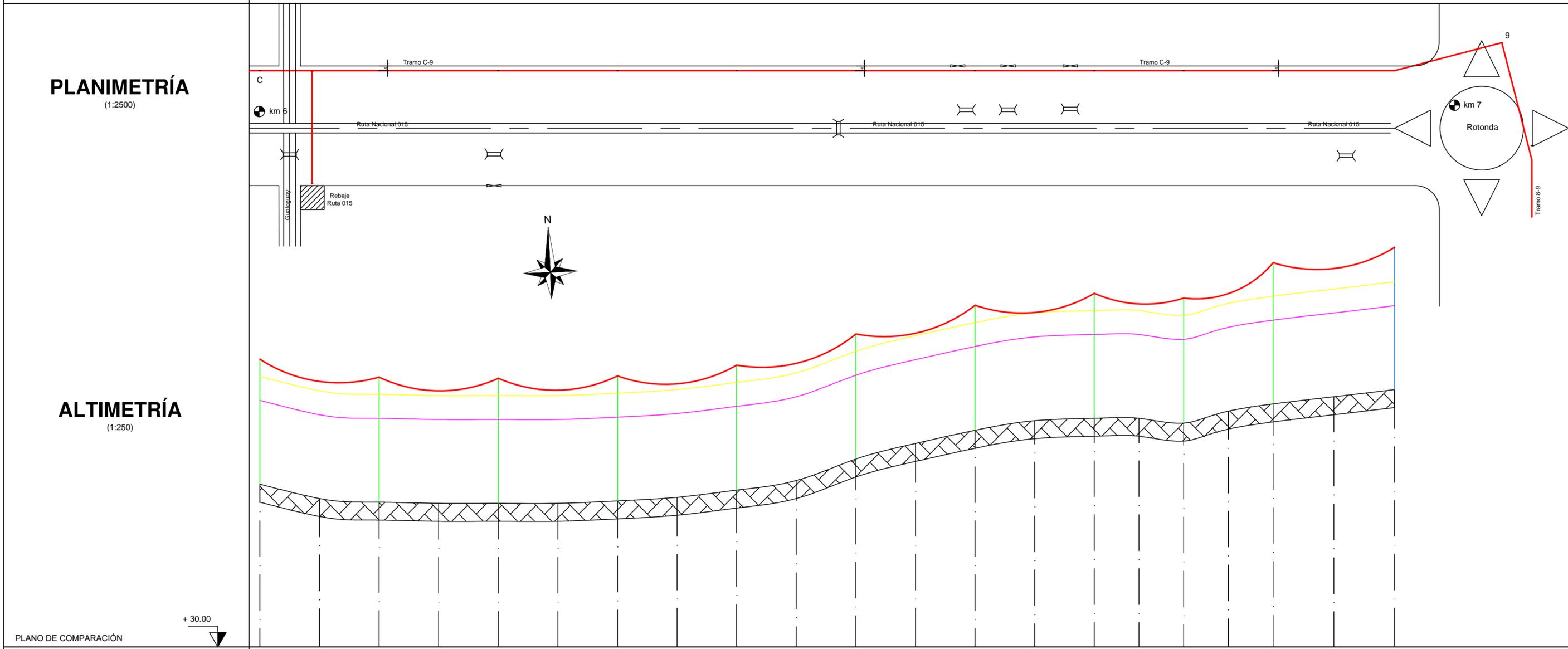
CÁTEDRA: Transmisión y distribución de la energía eléctrica  
 FECHA: Noviembre / 16

ESCALA Gral:  
 ESCALA Detalle:  
 ARCHIVO:

DIBUJÓ : Aguirre Matteo, C.  
 Bignotti, Bruno  
 Pezzelato, Claudio  
 Vazquez, Cristhian

TIPO DE AISLACION	RS	LP	RS	RS								
TIPO ESTRUCTURA	R+2,5	S+1,5	RA30°	R								
Nro. DE ESTRUCTURA	336	337	338	339	340	341	342	343	344	345	345	88
DISPOSICIÓN DE FUNDACIÓN Y ESTRUCTURA												

ÁNGULO DE VÉRTICE



PLANO DE COMPARACIÓN																					
COTAS	23.6	22.4	22.1	22	22	22	22.2	22.5	23.1	23.9	25.7	27	28.1	28.9	29.1	29.1	28.7	29.7	30.3	30.9	31.5
PROGRESIVAS	0.00	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700	737.5	775	812.5	850	901	952
PROGRESIVAS DE ESTRUCTURAS	0.00	100	100	100	200	100	300	100	400	100	500	100	600	100	700	75	775	75	850	102	952
VANOS		100	100	100	200	100	300	100	400	100	500	100	600	100	700	75	775	75	850	102	952

### REFERENCIAS

- Angulo de vértice
- Centro de calle
- Línea existente
- Línea eléctrica proyectada : 3x70 mm<sup>2</sup> 33 kV
- Línea de altura libre proyectada (9 m)
- Línea de altura libre mínima (7 m)
- Rosa de los vientos
- Alcantarilla
- km
- Tranquera - Ingreso

RS: Tipo de aislación retención simple  
 LP: Tipo de aislación line-post  
 h\_1: Altura libre mínima admisible a la calzada de camino y terreno libre: 7 m.

#### ESCALAS

0 25 m 50 m 75 m 100 m ESCALA HORIZONTAL: 1:2500

0 2.5 m 5 m 7.5 m 10 m ESCALA VERTICAL: 1:250

	PROYECTO:	Línea trifásica de 33 kV en tresbolillo	
	PLANO:	<b>PLANIALTIMETRÍA TRAZA TRAMO C-9</b>	
CÁTEDRA: Transmisión y distribución de la energía eléctrica	ESCALA Gral:	DIBUJÓ : Aguirre Matteo, C. Bignotti, Bruno Pezzelato, Claudio Vazquez, Cristian	
FECHA: Noviembre / 16	ESCALA Detalle:		
	ARCHIVO:		