



Escola Universitària d'Enginyeria  
Tècnica Industrial de Barcelona  
Consorci Escola Industrial de Barcelona

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

## **Volumen II**

Planos- Anexos

PROYECTO FINAL DE CARRERA



# **“SUMINISTRO DE POTENCIA ELÉCTRICA A UN TRAMO DE VÍA FERROVIARIA”**

PFC presentado para optar al título de Ingeniería  
Técnica Industrial especialidad Electricidad  
por **Juan Pineda Mata**  
DNI 46465844W

Barcelona, 12 de Enero de 2011

Tutor proyecto: Miquel Bonet  
Jordi Clua  
Departamento de EE (D709)  
Universitat Politècnica de Catalunya (UPC)



Escola Universitària d'Enginyeria  
Tècnica Industrial de Barcelona  
Consorci Escola Industrial de Barcelona

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

## Planos



# "SUMINISTRO DE POTENCIA ELÉCTRICA A UN TRAMO DE VÍA FERROVIARIA"

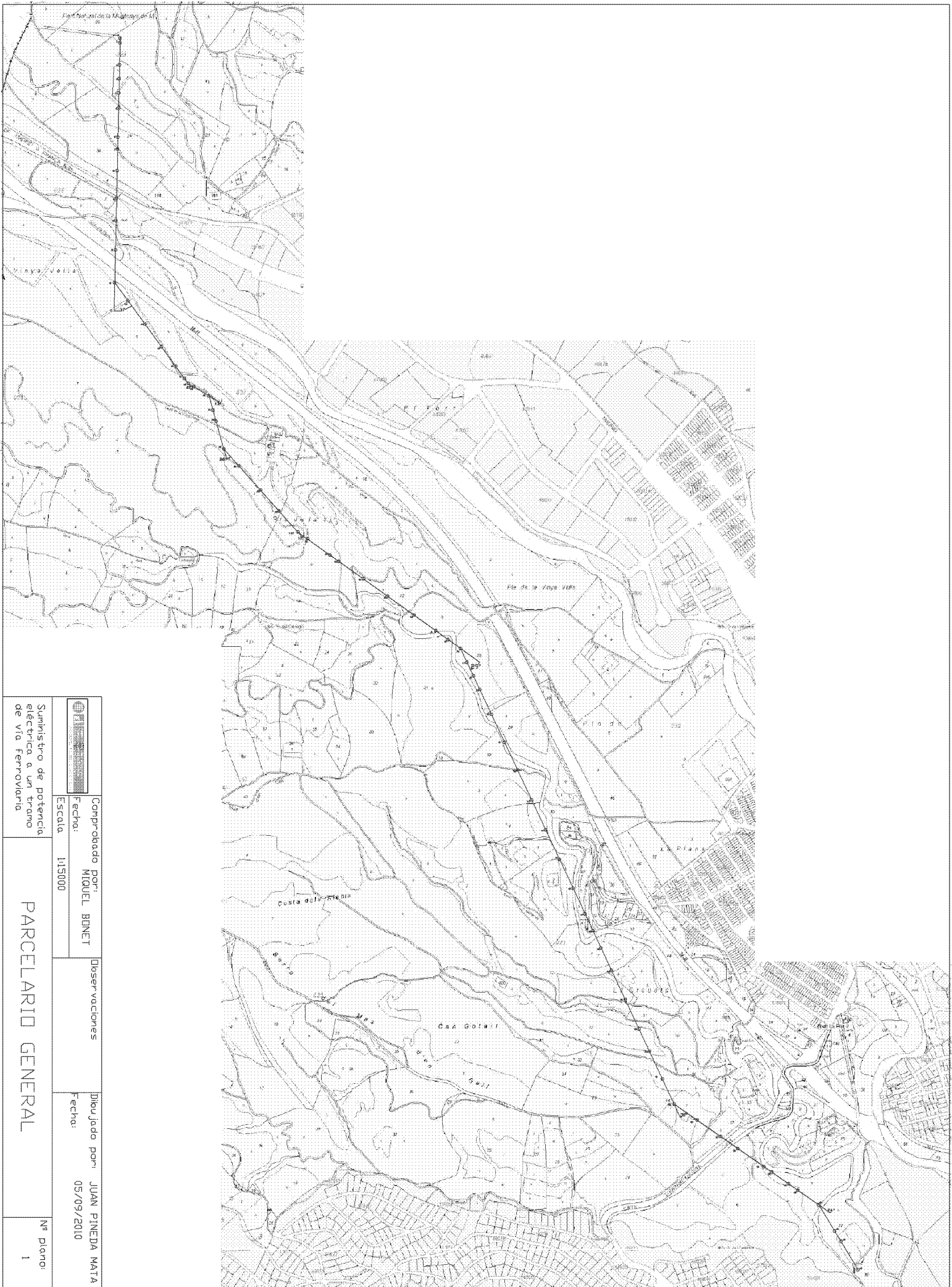
PFC presentado para optar al título de Ingeniero  
Técnico Industrial especialidad Electricidad  
por **Juan Pineda Mata**  
DNI 46455844W

Barcelona, 12 de Enero de 2011

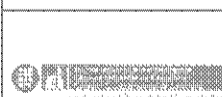
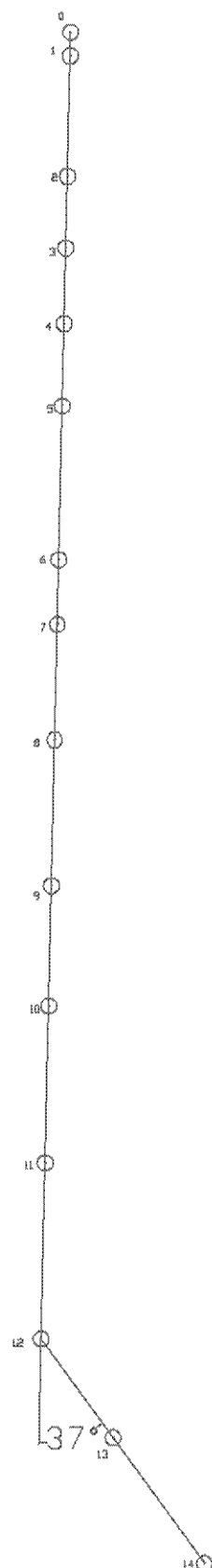
Tutor proyecto: Miquel Bonet  
Departamento de EE (D709)  
Universitat Politècnica de Catalunya (UPC)

## Planos

Parcelario general .....	1
Parcelario sección 1 .....	1.1
Parcelario sección 2 .....	1.2
Parcelario sección 3 .....	1.3
Parcelario sección 4 .....	1.4
Parcelario sección 5 .....	1.5
Sección del trazado .....	2
Entronque.....	3
Apoyo C2000 .....	4
Detalle cruceta T1.....	4.1
Cimentación .....	4.2
Puesta a tierra.....	4.3
Conjunto amarre .....	5
Grapa de amarre GA-2 .....	5.1
Aislador U70BS.....	5.2
Horquilla de bola HB-11.....	5.3
Rótula larga R-11-P.....	5.4



		Comprobat per:	Observacions:	Dibuixat per:	Nº plànol
Escala: 1:15000		Fecha: 05/09/2010		Fecha: 05/09/2010	1
Suministro de potencia eléctrica a un tramo de vía ferroviaria		PARCELARIO GENERAL			
MIGUEL BINET		JUAN PINEDA MATA			



Comprobado por:  
MIQUEL BONET  
Fecha:  
Escala 1:6000

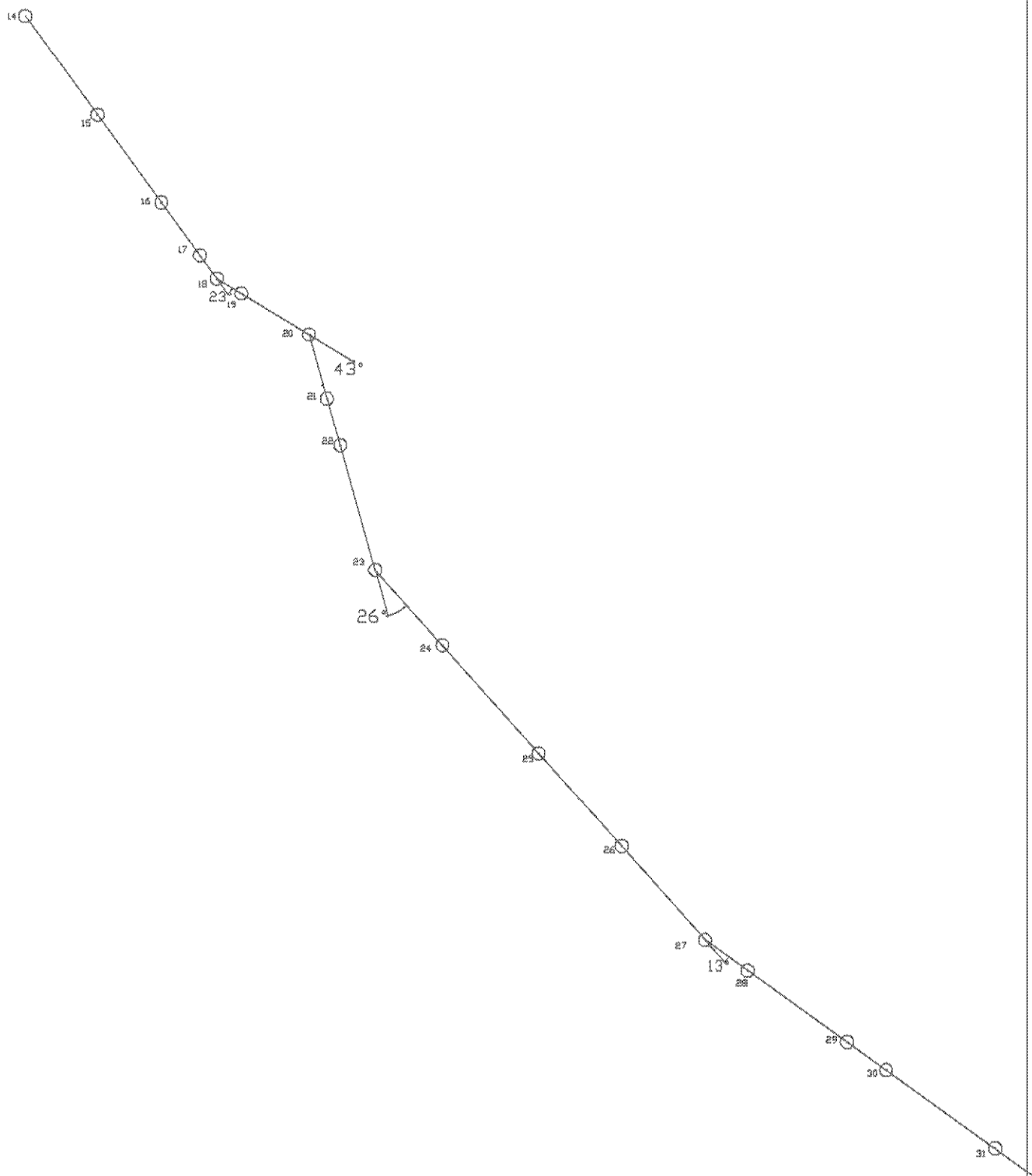
Observaciones


Dibujado por: JUAN PINEDA MATA  
Fecha: 15/09/10

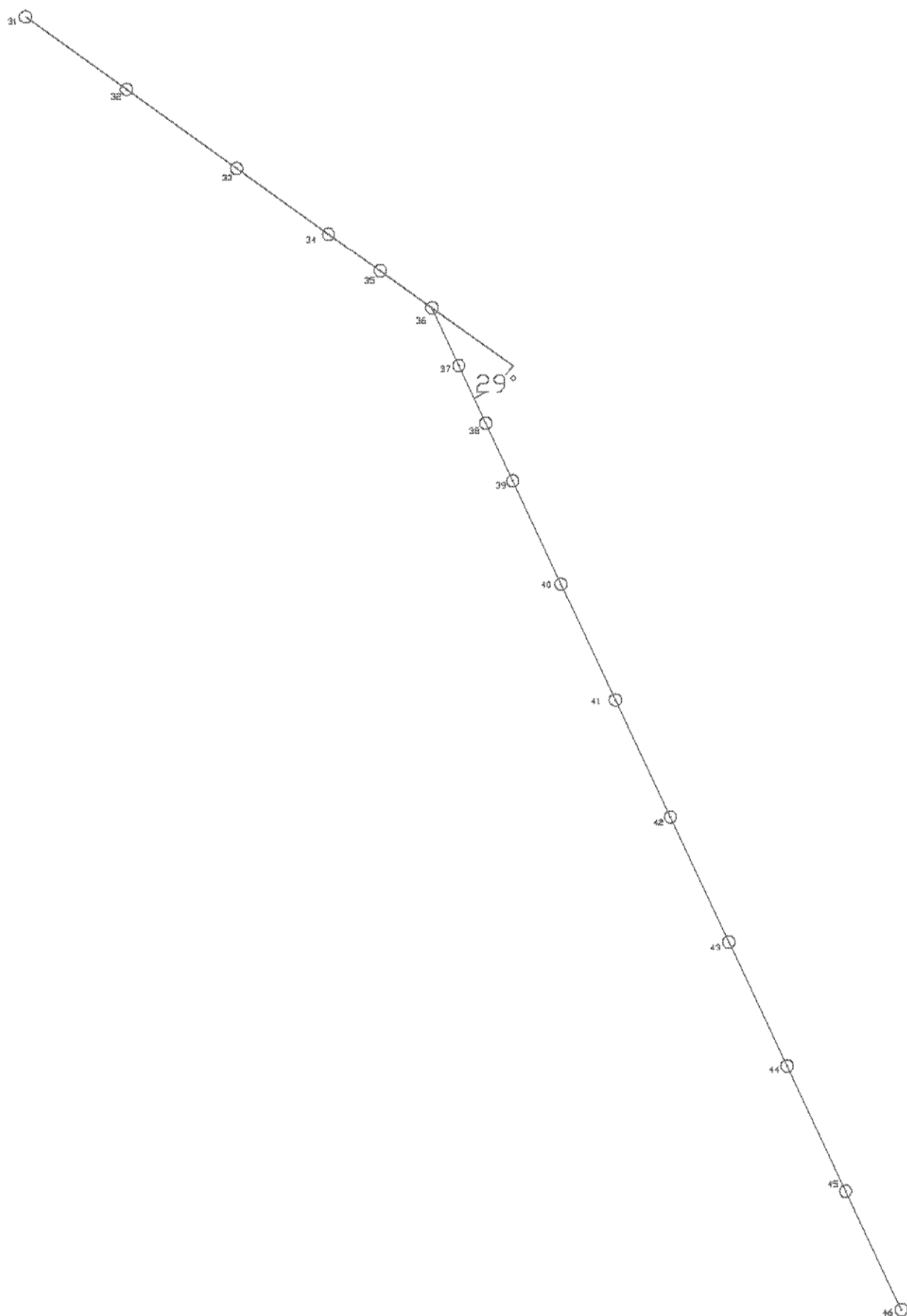
Suministro de potencia  
eléctrica a un tramo  
de vía ferroviaria

PLANO PARCELARIO SECCIÓN 1

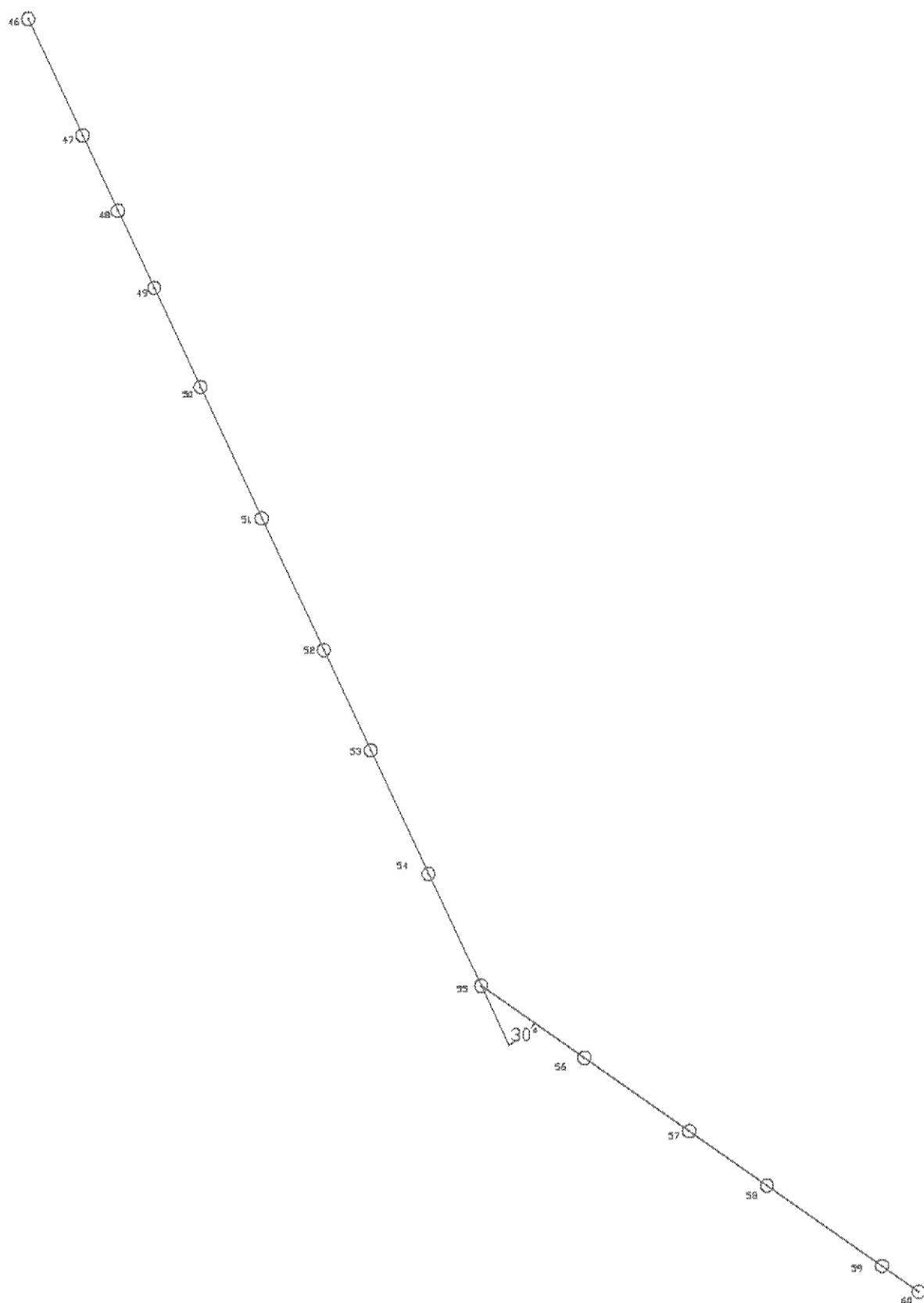
Nº plano:  
4.1.1



	Comprobado por: MIQUEL BONET	Observaciones	Dibujado por: JUAN PINEDA MATA
	Fecha:		Fecha: 15/09/10
	Escala: 1:6000		
Suministro de potencia eléctrica a un tramo de vía ferroviaria	PLANO PARCELARIO SECCIÓN 2		Nº plano: 4.1.2

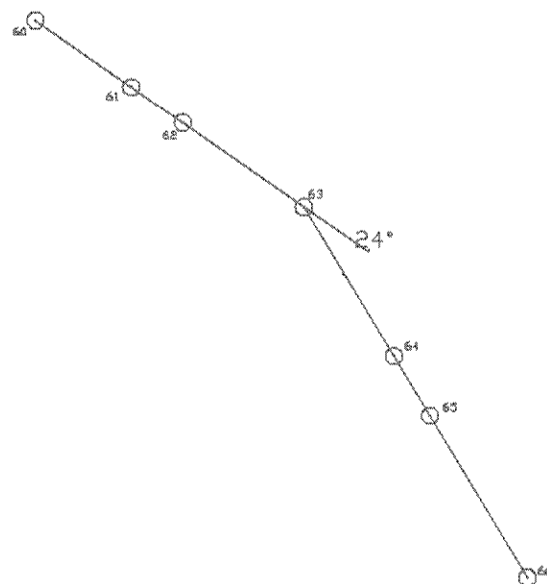


	Comprobado por: MIQUEL BONET	Observaciones	Dibujado por: JUAN PINEDA MATA
	Fecha: Escala: 1:6000		Fecha: 15/09/10
Suministro de potencia eléctrica a un tramo de vía ferroviaria	PLANO PARCELARIO SECCIÓN 3		Nº plano: 4.1.3

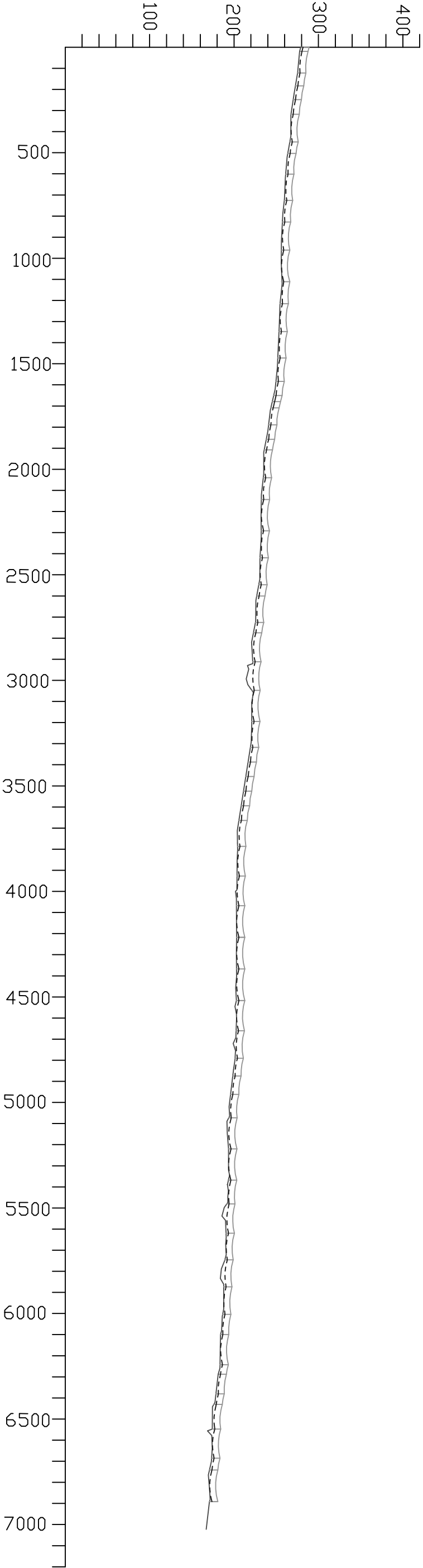



	Comprobado por: MIQUEL BONET	Observaciones	Dibujado por: JUAN PINEDA MATA
	Fecha:		Fecha: 15/09/10
Escala: 1:6000			
Suministro de potencia eléctrica a un tramo de vía ferroviaria		PLANO PARCELARIO SECCIÓN 4	
		Nº plano: 4.1.4	

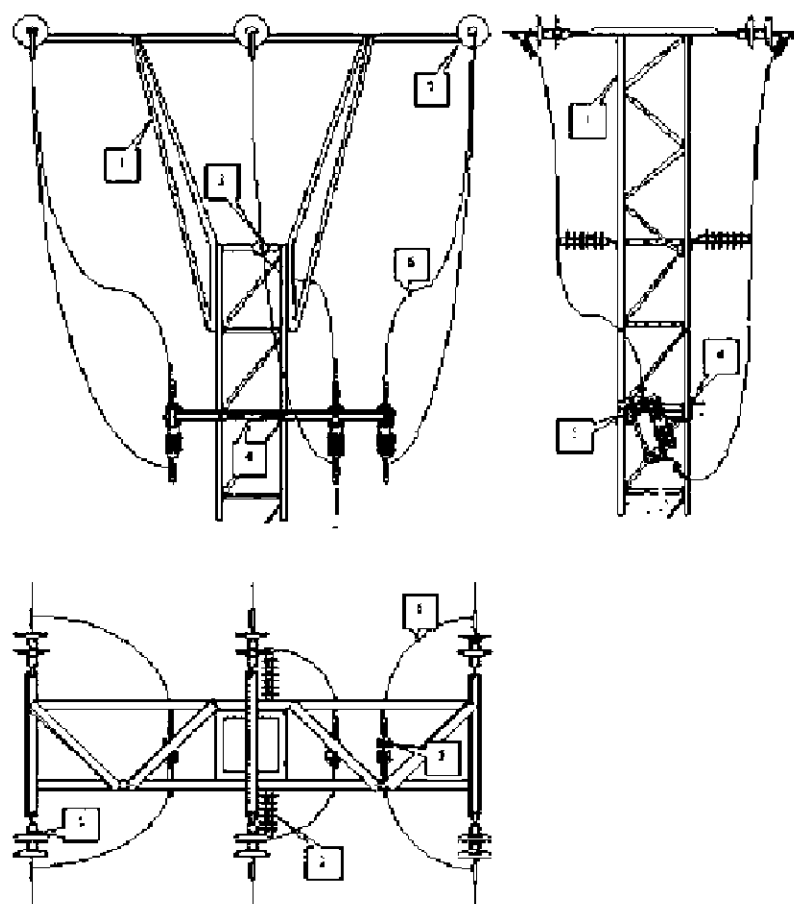




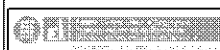
	Comprobado por: MIQUEL BONET	Observaciones	Dibujado por: JUAN PINEDA MATA
	Fecha: Escala 1:6000		Fecha: 15/09/10
Suministro de potencia eléctrica a un tramo de vía ferroviaria	PLANO PARCELARIO SECCIÓN 5		Nº plano: 4.1.5



<div><div><div><div><div>Ministerio de Infraestructura y Transportación</div></div><div><div>Escuela Universitaria de Ingeniería</div><div>Escuela Politécnica de Ingeniería</div></div></div><div><div>Escuela Politécnica de Ingeniería</div><div>Escuela Universitaria de Ingeniería</div></div></div></div>		Comprobado por: MIGUEL BONET		Observaciones	Dibujado por: JUAN PINEDA MATA
Fecha:		Fecha:			
Escala		Escala Horizontal 1:20000 Escala Vertical 1:5000			
Suministro de potencia eléctrica a un tramo de vía ferroviaria		SECCIÓN DEL TRAZADO			
					Nº plano: 2



Marca	Cantidad	Denominación
1	1	Cruceta Bóveda
2	6	Cadena de amarre
3	2	Aislador de composite
4	1	Angular L-70.5-1580
5	3	Cortacircuitos fusibles de expulsión
6	-	Puentes, según conductor
s/n	-	Tomillería, piezas de conexión



Comprobado por:  
Miquel Bonet

Fecha:

Escala:

Observaciones

Dibujado por:

Fecha:

Juan Pineda Mata

14/10/10

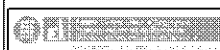
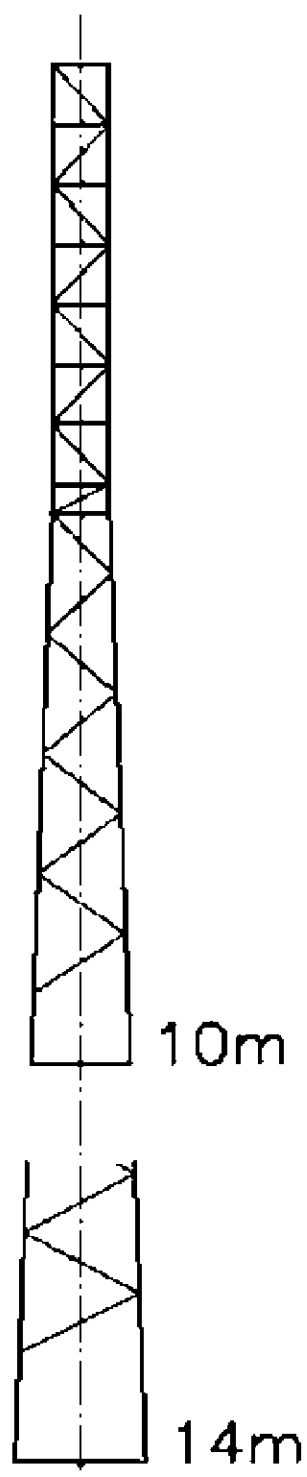
Suministro de potencia  
eléctrica a un tramo  
de vía ferroviaria

ENTRONQUE

Nº plano:

3

4,5 m



Comprobado por:  
Miquel Bonet

Fecha:

Escala:

Observaciones

Dibujado por:

Fecha:

Juan Pineda Mata

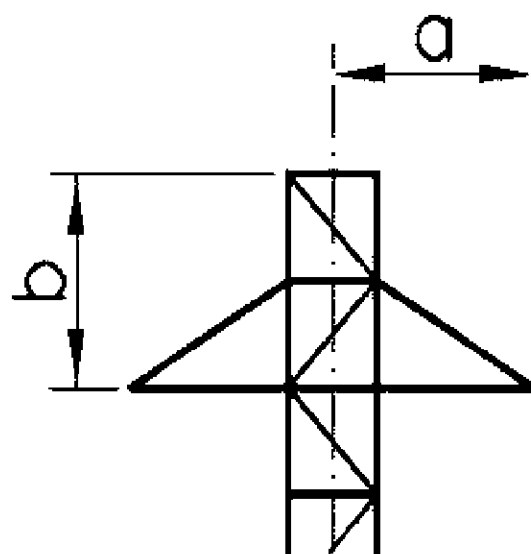
25/09/10

Suministro de potencia  
eléctrica a un tramo  
de vía ferroviaria

AP YO C2000

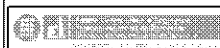
N  plano:

4



Tipo	Dimensiones (m)		Peso (kg)
	a	b	
T1	1,25	0,60	44

Tipo T



Comprobado por:  
Miquel Bonet

Fecha:

Escala:

Observaciones

Dibujado por:

Fecha:

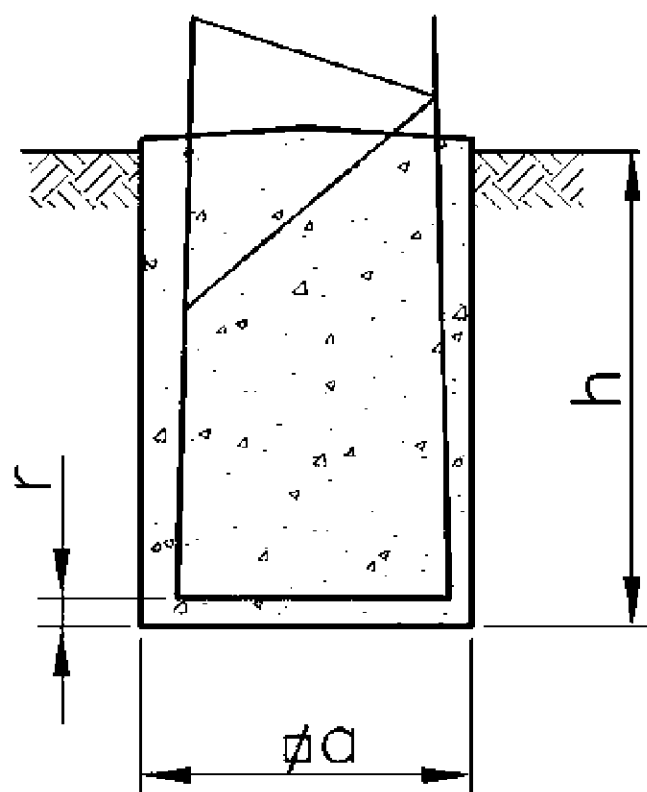
Juan Pineda Mata

14/09/10

Suministro de potencia  
eléctrica a un tramo  
de vía ferroviaria


DETALLE CRUCETA T1

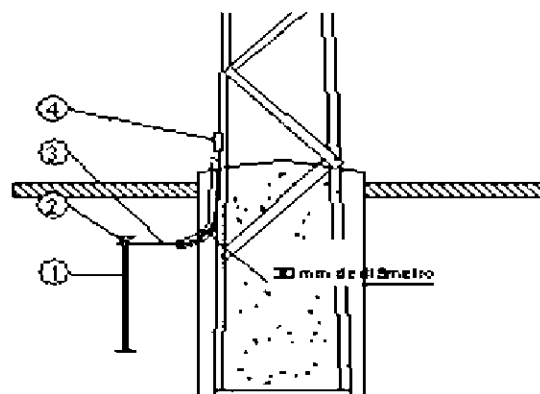
N  plano:  
4.1



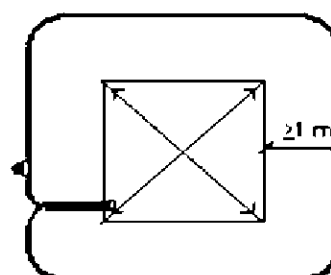
Altura (m)	Dim (m)	K=12 kg/cm <sup>3</sup>	
		C1000	C2000
14	a	0,88	1,10
	h	1,85	2,00
	v	1,43	2,42
	r	0,25	0,25

Los volúmenes indicados (v) corresponden a la zona embebida en el terreno.

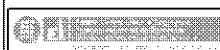
	Comprobado por: Miquel Bonet	Observaciones	Dibujado por: Juan Pineda Mata
	Fecha:		Fecha: 21/09/10
Escala			
Suministro de potencia eléctrica a un tramo de vía ferroviaria		CIMENTACIÓN	
		Nº plano: 4.2	



ZANFAS: 0,60 m de profundidad



Marca	Cantidad	Designación	Denominación
1	1 Unid.	PL 14-1500	Pica cilíndrica acero-cobre de 14,6 mm de diámetro y 1,5 m
2	1 Unid.	GC-P14,6/C50	Grapa de conexión para pica cilíndrica y cable de 50 mm <sup>2</sup> Cu
3	..... m	C 50	Cable de cobre de 50 mm <sup>2</sup>
4	1 Unid.	GCP/C16	Grapa de conexión paralela para cable de Cu



Comprobado por:  
Miquel Bonet

Fecha:

Escala:

Observaciones

Dibujado por:

Fecha:

Juan Pineda Mata

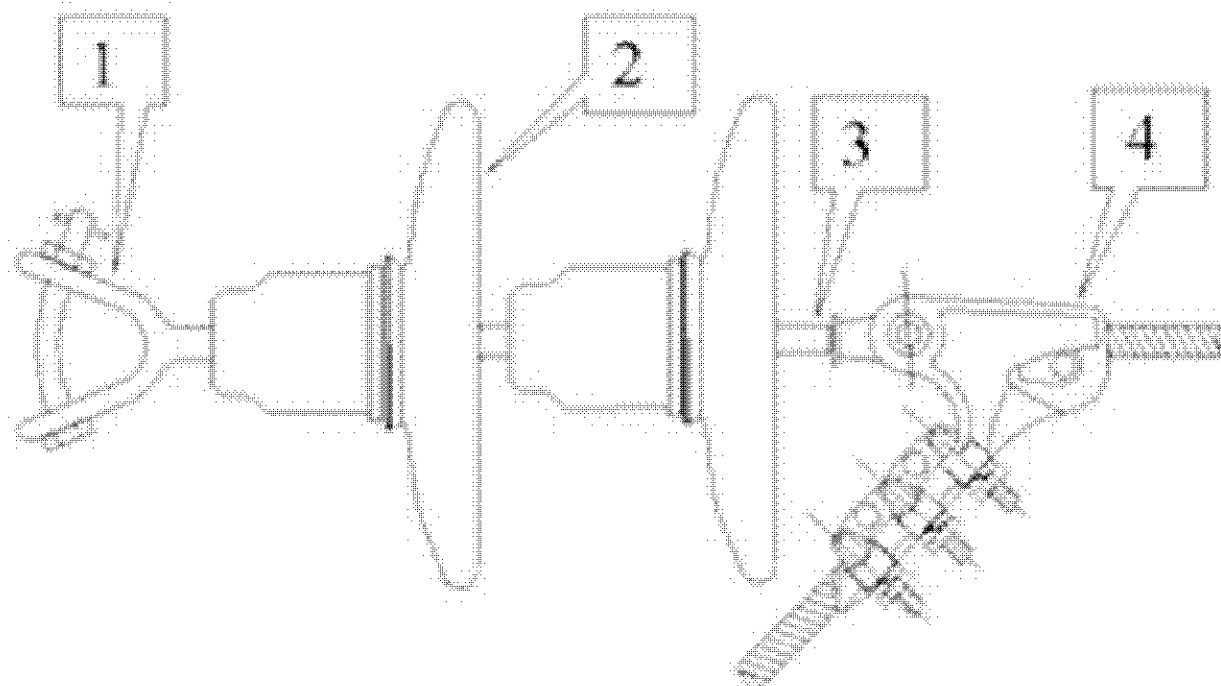
02/11/10

Suministro de potencia  
eléctrica a un tramo  
de vía ferroviaria


PUESTA A TIERRA

Nº plano:

4.3



Marca	Denominación
1	Horquilla bola HB-11
2	Aislador U70BS
3	Alojamiento de rótula protec. R-11-P
4	Grapa de amarre GA-2

	Comprobado por: Miquel Bonet	Observaciones	Dibujado por: Juan Pineda Mata
	Fecha:		Fecha:
Escala:			
Suministro de potencia eléctrica a un tramo de vía ferroviaria	CONJUNTO AMARRE		Nº plano: 5



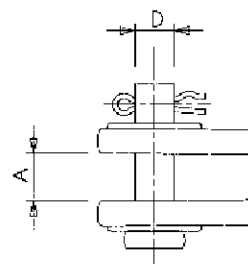
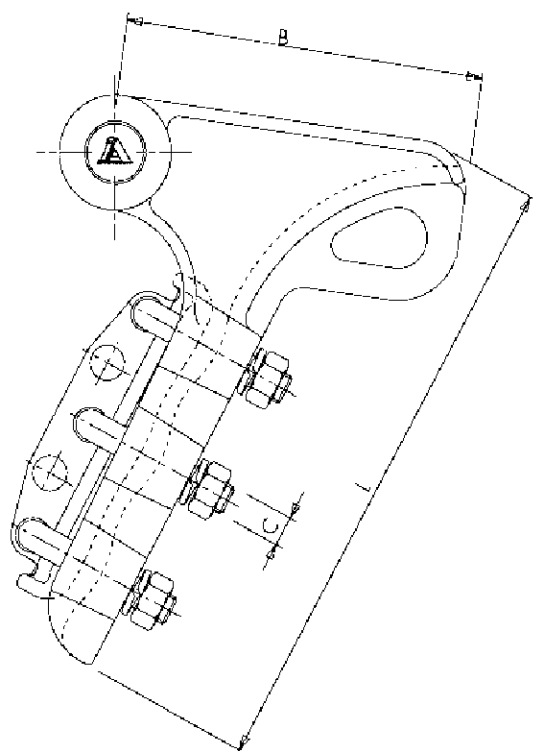


Fig. 1

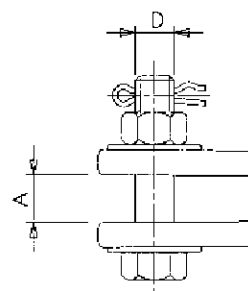
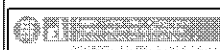


Fig. 2

Referencia Code Référence	Fig.	Ø Conductor Conducteur Ø Ø Conducteur		mm					Estribos U-bolts Elmiers	Par de apriete Tightening Torque Couple de Serrage (N·m)	Carga de rotura Ultimate strength Charge de rupture (daN)	Peso Weight Poids (Kg)
		Min.	Max.	A	B	C	D	L				
GA-1-FE	1	6	12,5	19	80	M-10	16	120	2	25	3.500	0,400
GA-1	1	6	10	19	125	M-12	16	155	2	35	4.000	0,700
GA-1T	2	6	10	19	125	M-12	M-16	155	2	35	4.000	0,700
GA-2	1	10	16	20	145	M-12	16	245	3	45	6.500	1,300
GA-2T	2	10	16	20	145	M-12	M-16	245	3	45	6.500	1,300
GA-3	1	16	20	24	168	M-12	16	340	4	50	8.500	1,800
GA-3/22T	2	16	22	28	194	M-12	M-16	345	4	50	8.500	2,050
GA-3T	2	16	20	24	168	M-12	M-16	340	4	50	8.500	1,800
GA-4T	2	20	31	39	245	M-14	M-16	460	5	80	13.000	4,300



Comprobado por:  
Miquel Bonet

Fecha:

Escala:

Observaciones

Dibujado por:

Fecha:

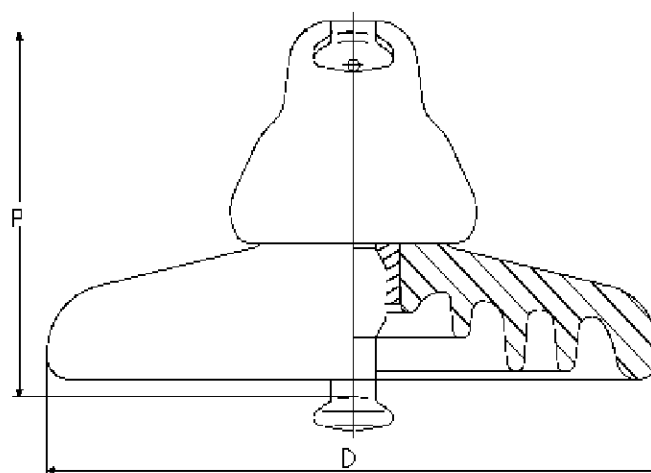
Juan Pineda Mata

11/11/10


Suministro de potencia  
eléctrica a un tramo  
de vía ferroviaria

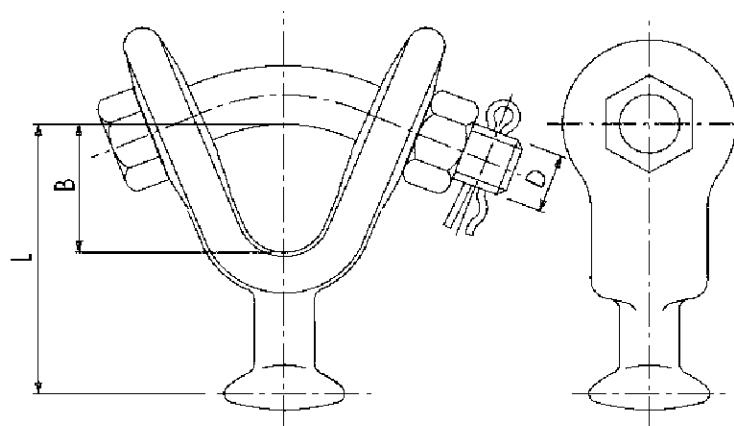
GRAPA DE AMARRE GA-2

Nº plano:  
5.1




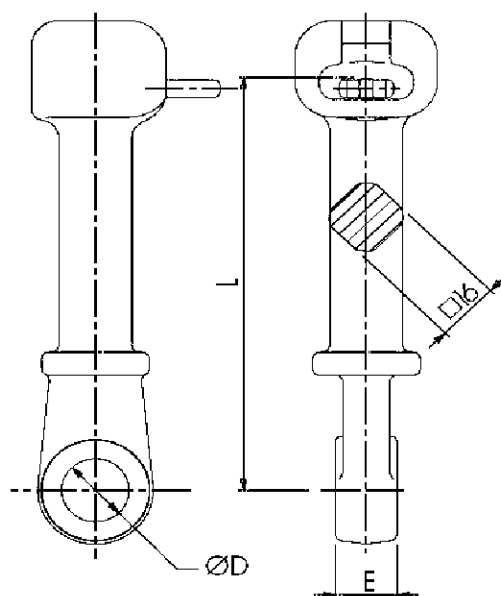
Diámetro (D)	Paso (P)
255 mm	127 mm

	Comprobado por: Miquel Bonet	Observaciones	Dibujado por: Juan Pineda Mata
	Fecha:		
	Escala:		Fecha: 12/11/10
Suministro de potencia eléctrica a un tramo de vía ferroviaria	AISLADOR U70BS		Nº plano: 5.2

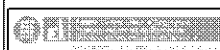


Referencia Code Référence	Norma C.E.I. I.E.C. Standard Norme C.E.I.	mm			Carga de rotura Ultimate strength Charge de rupture (daN)	Peso Weight Poids (Kg)
		B	D	L		
HB-11	11	32	M-12	64	5.000	0,310
HB-16	16	35	M-16	75	12.500	0,660
HB-16/18	16	35	M-18	75	12.500	0,700

	Comprobado por: Miquel Bonet	Observaciones	Dibujado por: Juan Pineda Mata
	Fecha:		Fecha: 21/11/10
Escala			Nº plano: 5.3
Suministro de potencia eléctrica a un tramo de vía ferroviaria			
HORQUILLA DE BOLA HB-11			



Referencia Code Référence	Fig	Norma C.E.I. IEC Standard Norme C.E.I.	mm				Carga de rotura Ultimate strength Charge de rupture (daN)	Peso Weight Poids (Kg)
			D	E	F	L		
R-11-P	1	11	17,5	16	---	115	5.000	0,400



Comprobado por:  
Miquel Bonet

Fecha:

Escala:

Observaciones

Dibujado por:

Fecha:

Juan Pineda Mata

30/11/10

Suministro de potencia  
eléctrica a un tramo  
de vía ferroviaria

ROTULA LARGA R-11-P

Nº plano:

5.4



Escola Universitària d'Enginyeria  
Tècnica Industrial de Barcelona  
Consorci Escola Industrial de Barcelona

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

## Anexos



# "SUMINISTRO DE POTENCIA ELÉCTRICA A UN TRAMO DE VÍA FERROVIARIA"

PFC presentado para optar al título de Ingeniero  
Técnico Industrial especialidad Electricidad  
por **Juan Pineda Mata**  
DNI 46455844W

Barcelona, 12 de Enero de 2011

Tutor proyecto: Miquel Bonet  
Departamento de EE (D709)  
Universitat Politècnica de Catalunya (UPC)

## Anexos

<b>Anexo nº 1</b> .....	<b>44</b>
<b>Anexo nº 2</b> .....	<b>45</b>
<b>Anexo nº 3</b> .....	<b>46</b>
<b>Anexo nº 4</b> .....	<b>49</b>
<b>Anexo nº 5</b> .....	<b>50</b>
<b>Anexo nº 6</b> .....	<b>52</b>
<b>Anexo nº 7</b> .....	<b>53</b>
<b>Anexo nº 8</b> .....	<b>54</b>

## Anexo nº 1

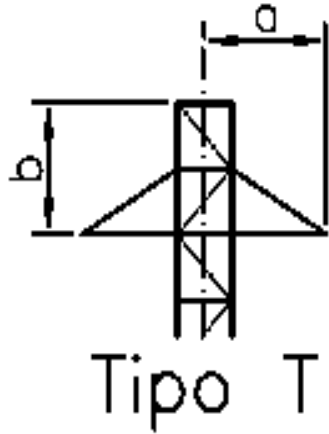
Relación de los propietarios afectados por el paso de la línea.

Nº Propietario de la parcela	Apoyos ubicados en la parcela
029-d	nº 0, nº 1
029-0	nº 2, nº 3
029-7-a	nº 4
029-8-b	nº 5
029-29-a	nº 6, nº 7
029-30-a	nº 8
028-2-c	nº 9
028-2-f	nº 10
027-2-f	nº 11
027-1-f	nº 12
027-g	nº 13, nº 14, nº 15
027-n	nº 16
027-d	nº 17
027-o	nº 18, nº 19, nº 20, nº 21, nº 22
026-2-T	nº 23, nº 25, nº 26
026-2-d	nº 24
026-k	nº 27
026-g	nº 28, nº 29, nº 30
024-27-a	nº 31, nº 32
024-27-b	nº 33, nº 34
024-31-a	nº 35
024-28-a	nº 36, nº 37, nº 38, nº 39

Nº Propietario de la parcela	Apoyos ubicados en la parcela
024-28-a	nº 36, nº 37, nº 38, nº 39
024-28-a	nº 40, nº 41
023-9-a	nº 42
023-9-b	nº 43
023-4-d	nº 44
023-6-l	nº 45
023-6-a	nº 46, nº 47
023-3-d	nº 48
023-7-a	nº 49
023-7-b	nº 50
023-8-b	nº 51
023-12-a	nº 52, nº 53
023-16-b	nº 54
023-14-c	nº 55, nº 56
023-15-a	nº 57
016-6-c	nº 58
016-6-a	nº 59, nº 60, nº 61, nº 63
016-6-p	nº 62
016-17-a	nº 64
016-17-b	nº 65
016-18	nº 66

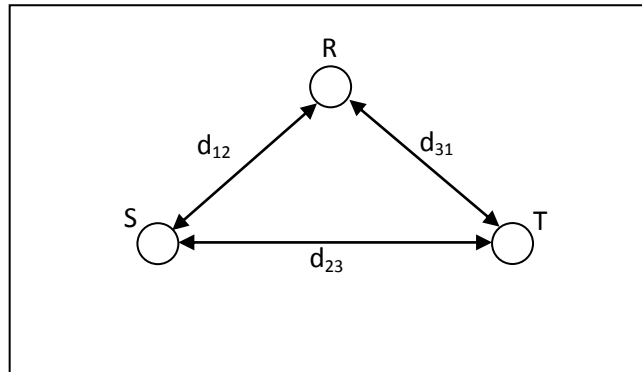
## Anexo nº 2

Cálculo del Diámetro Medio Geométrico.



Distancia <a>	1,25 metros
Distancia <b>	0,60 metros

Por lo tanto:



$$d_{12} = \sqrt{0.6^2 + 1.25^2} = 1.3865 \text{ m}$$

$$d_{23} = 1.25 + 1.25 = 2.5 \text{ m}$$

$$d_{31} = \sqrt{0.6^2 + 1.25^2} = 1.3865 \text{ m}$$

$$DMG = \sqrt[3]{d_{12} * d_{23} * d_{31}} = \sqrt[3]{1.3865^2 * 2.5} = 1.6875 \text{ m}$$



## Anexo nº 3

Tablas relacionadas con la elección del aislador.

Nivel de contaminación	Ejemplos de entornos típicos	Línea de fuga específica nominal mínima mm/kV <sup>1)</sup>
I Ligero	Zonas sin industrias y con baja densidad de viviendas equipadas con calefacción.	16.0
II Medio	Zonas con industrias que no producen humo especialmente contaminante	20.0
III Fuerte	Zonas con elevada densidad de industrias	25.0
IV Muy fuerte	Zonas con polvo conductor	31.0
<sup>1)</sup> Línea de fuga mínima de aisladores entre fase y tierra relativas a la tensión más elevada de la red (fase-fase)		

**Tabla 1 Líneas de fuga recomendadas**

Tensión más elevada para el material ( $U_m$ ) kV (valor eficaz)	Tensión soportada normalizada de corta duración a frecuencia industrial kV (valor eficaz)	Tensión soportada normalizada a los impulsos tipo rayo kV (valor de cresta)
3,6	10	20 40
7,2	20	40 60
12	28	60 75 95
17,5	38	75 95
24	50	95 125 145
36	70	145 170
52	95	250
72,5	140	325
123	(185)	450
	230	550
145	(185)	(450)

	230	550
	275	650
	(230)	(550)
170	275	650
	325	750
	(275)	(650)
245	(325)	(750)
	360	850
	395	950
	469	1050

Tabla 2 Nivel de aislamiento normalizado para la gama I ( $1\text{kV} < U_m \leq 245\text{ kV}$ )



INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**Norma IEC**

**Aisladores estándar**

Carga mínima de rotura mecánica	KN	40	70
---------------------------------	----	----	----



Carga rotura mecánica (KN)		40			70	
Modelo catálogo		E-40-100	E-40-110	E-40E-110	E-70-127	E-70-146
Clase IEC-305		U40B			U70BS	U70BL
Datos Dimensionales	Paso (P) mm.	100	110	110	127	146
	Diámetro (D) mm.	175	175	255	255	255
	Línea de fuga mm.	185	185	320	320	320
	Unión normalizada IEC 120	11	11	11	16A	16A
Valores eléctricos	Tensión soportada a frecuencia industrial en seco (KV)	50	50	70	70	70
	bajo lluvia (KV)	32	32	40	40	40
	Tensión soportada a impulso de choque en seco (KV)	70	70	100	100	100
	Tensión de perforación en aceite (KV)	110	110	130	130	130
Información de embalaje	Peso neto aproximado por unidad (Kg.)	1,65	1,65	3,2	3,4	3,4
	embalaje n° de un/caja madera	6	6	6	6	6

Tabla 3 Características del aislador. Fabricante: La Granja

MODELOS ESTANDAR TENSIONES SOPORTADAS						
N°	ØxP: 175 x 100 mm			ØxP: 255 x 127 mm		
	A	B	C	A	B	C
1	50	32	70	70	40	100
2	92	54	133	120	72	190
3	130	78	195	165	105	260
4	165	102	255	205	135	320
5				245	165	380
6				285	195	435
7				325	225	490

Tabla 4 Modelos estándar de tensiones soportadas

## Anexo nº 4

Hipótesis de sobrecarga para el cálculo de tensiones y flechas del conductor.

ZONA A			
Hipótesis	Temperatura(°C)	Sobrecarga viento	Sobrecarga hielo
Tracción máxima de viento	-5	Según el apartado 3.1.2 mínimo 120 o 140 km/h, según la tensión de la línea	No se aplica

Tabla 5 Condiciones de las hipótesis que limitan la tracción máxima admisible

### Flechas máximas de los conductores y cables de tierra

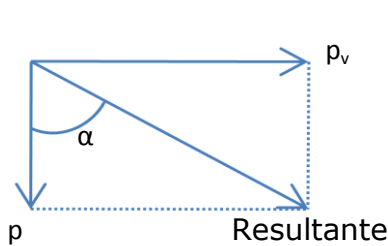
De acuerdo con la clasificación de las zonas de sobrecarga definidas en el apartado 3.1.3 de la ITC-LAT 07, se determinará la flecha máxima, en la Zona A, de los conductores en las hipótesis siguientes:

1. Hipótesis de viento.- Sometidos a la acción de su peso propio y a una sobrecarga de viento, según el apartado 3.1.2, para una velocidad de viento de 120 km/h a la temperatura de + 15 °C.
2. Hipótesis de temperatura.- Sometidos a la acción de su peso propio, a la temperatura máxima previsible, teniendo en cuenta las condiciones climatológicas y de servicio de la línea. Para los conductores de fase como para los cables de tierra, esta temperatura no será en ningún caso inferior a + 50 °C.
3. Hipótesis de hielo.- No se aplica en la zona A.

## Anexo nº 5

Parámetros necesarios para hallar las distancias de seguridad.

- Cálculo del ángulo de oscilación del conductor debido a la acción del viento, para hallar el parámetro  $\langle K \rangle$ .



$$\begin{aligned} \operatorname{tg} \alpha &= \frac{p_v}{p} = 0,1853 \\ \alpha &= 10.5 \end{aligned}$$

Angulo de oscilación	Valores de K	
	$U_n > 30 \text{ kV}$	$U_n \leq 30 \text{ kV}$
Superior a $65^\circ$	0.7	0.65
Entre $40^\circ$ y $65^\circ$	0.65	0.6
Inferior a $40^\circ$	0.6	0.55

**Tabla 6 Valores de K respecto al ángulo de oscilación del conductor**

- Tablas referentes a las ecuaciones de cálculo de distancias.

Categoría de la línea	Tensión nominal de la línea ( $U_n$ ) kV	Tensión más elevada de la línea ( $U_s$ ) kV
3ª Categoría	3	3.6
	6	7.2
	10	12
	15	17.5
	20	24
	25	30
	30	36
2ª Categoría	45	52
	66	72.5
1ª Categoría	110	123
	132	145
	150	170
Categoría especial	220	245
	400	420

**Tabla 7 Relación de tensiones y categorías de línea**

Tensión más elevada de la línea $U_s$ (kV)	$D_{el}$ (m)	$D_{pp}$ (m)
3.6	0.08	0.10
7.2	0.09	0.10
12	0.12	0.15
17.5	0.16	0.20
24	0.22	0.25
30	0.27	0.33
36	0.35	0.40
52	0.60	0.70
72.5	0.70	0.80
123	1.00	1.15
145	1.20	1.40
170	1.30	1.50
245	1.70	2.00
420	2.80	3.20

**Tabla 8 Relación de parámetros  $D_{el}$  y  $D_{pp}$  según la tensión de la línea**

Tabla de valores de $K'$	
Líneas categoría especial	0.85
Resto de líneas	0.75

**Tabla 9 Valor de  $K'$  según la categoría de la línea**

## Anexo nº 6

### Acciones a considerar en el cálculo mecánico de los soportes.

Tipo de apoyo	Tipo de esfuerzo	1ª Hipótesis (viento)	1ª Hipótesis (desequilibrio de tracciones)	4ª Hipótesis (rotura de conductores)
Amarre de alineación o Amarre de ángulo	V	Cargas permanentes (apdo. 3.1.1) considerando los conductores y cables de tierra sometidos a una sobrecarga de viento (apdo. 3.1.2) correspondiente a una velocidad mínima de 120 ó 140 km/h según la categoría de la línea.		
	T	Esfuerzo del viento (apdo. 3.1.2) para una velocidad mínima de 120 ó 140 km/h según la categoría de la línea, sobre: -Conductores y cables de tierra. -Apoyo. SOLO ÁNGULO: Resultante de ángulo (apdo. 3.1.6)	ALINEACIÓN: No aplica. ÁNGULO: Resultante de ángulo (apdo. 3.1.6)	
	L	No aplicar	Desequilibrio de tracciones (apdo. 3.1.4.2)	Rotura de conductores y cables de tierra (apdo. 3.1.5.2)
Anclaje de alineación ó anclaje de ángulo	V	Cargas permanentes (apdo. 3.1.1) considerando los conductores y cables de tierra sometidos a una sobrecarga de viento (apdo. 3.1.2) correspondiente a una velocidad mínima de 120 ó 140 km/h según la categoría de la línea.		
	T	Esfuerzo del viento (apdo. 3.1.2) para una velocidad mínima de 120 ó 140 km/h según la categoría de la línea, sobre: -Conductores y cables de tierra. -Apoyo. SOLO ÁNGULO: Resultante de ángulo (apdo. 3.1.6)	ALINEACIÓN: No aplica. ÁNGULO: Resultante de ángulo (apdo. 3.1.6)	
	L	No aplicar	Desequilibrio de tracciones (apdo. 3.1.4.3)	Rotura de conductores y cables de tierra (apdo. 3.1.5.3)
Fin de línea	V	Cargas permanentes (apdo. 3.1.1) considerando los conductores y cables de tierra sometidos a una sobrecarga de viento (apdo. 3.1.2) correspondiente a una velocidad mínima de 120 ó 140 km/h según la categoría de la línea.	No aplicar	Cargas permanentes (apdo. 3.1.1) considerando los conductores y cables de tierra sometidos a una sobrecarga de viento (apdo. 3.1.2) correspondiente a una velocidad mínima de 120 ó 140 km/h según la categoría de la línea.
	T	Esfuerzo del viento (apdo. 3.1.2) para una velocidad mínima de 120 ó 140 km/h según la categoría de la línea, sobre: -Conductores y cables de tierra. -Apoyo.		No aplicar
	L	Desequilibrio de tracciones (apdo. 3.1.4.4)		Rotura de conductores y cables de tierra (apdo. 3.1.5.4)
Para la determinación de las tensiones de los conductores y cables de tierra se considerarán sometidos a una sobrecarga de viento (apdo. 3.1.2) correspondiente a una velocidad mínima de 120 ó 140 km/h según la categoría de la línea y a la temperatura de -5 °C.				
V=Esfuerzo Vertical		T=Esfuerzo Transversal		L=Esfuerzo Longitudinal

**Tabla 10 Apoyos de líneas situadas en zona A**

## Anexo nº 7

### Interruptor-seccionador tripolar a cuernos 35kV- 400A



<b>Normas</b>	IEC 60694 (1996)
<b>Fabricante/marca</b>	Indelmec S.A.
<b>Tipo</b>	Tripolar a cuerno
<b>Modelo</b>	33kV-400A
<b>Tensión Nominal</b>	33 kV
<b>Tensión máxima de servicio</b>	35 kV
<b>Tensión de ensayo a frecuencia industrial</b> <i>a 50 Hz durante un minuto., en seco y bajo lluvia</i>	
• Seccionador cerrado	70 kVef
• Seccionador abierto	80 kVef
<b>Tension de ensayo con onda de impulso</b> <i>1,2/50 microsegundos:</i>	
• Seccionador cerrado	170 kV cresta
• Seccionador abierto	195 kV cresta
<b>Intensidad nominal</b>	400 A
<b>Frecuencia nominal</b>	50 Hz
<b>Tipo de Contactos</b>	Lineales
<b>Tipo de comando y accionamiento</b>	a manija
<b>Tipo y características de los bloqueos</b>	a candado
<b>Separacion entre fases</b>	1100 mm
<b>Accesorios</b>	Varillaje y Comando
<b>Peso (Embalado y con accesorios p/ montaje)</b>	210 Kg
<b>Largo</b>	242 cm
<b>Ancho</b>	103 cm
<b>Alto</b>	82 cm
<b>Montaje</b>	Horizontal
<b>Aislador de porcelana</b>	MN 6



## Anexo nº 8

### Proyecto Final de Carrera 1

#### Índice

Índice.....	54
1. Prefacio .....	57
1.1. Motivación.....	57
2. Introducción .....	57
2.1 Objetivo .....	58
2.2 Viabilidad .....	58
3. Trazado .....	59
4. Normativa de catenaria convencional FGC.....	65
4.1. Objeto de la norma.....	65
4.2. Campo de aplicación. ....	65
4.3. Características generales de la catenaria. ....	65
4.4. Definiciones.....	67
4.4.1. Gálibo de poste .....	67
4.4.2. Desplome del poste o contraflecha.....	67
4.4.3. Descentramiento de la catenaria.....	67
4.4.4. Vano .....	67
4.4.5. Altura de la catenaria o del sistema.....	68
4.4.6. Altura de los hilos de contacto .....	68
4.4.7. Solape entre catenarias en los seccionamientos .....	68
4.4.8. Pendiente de los hilos de contacto.....	68
4.4.9. Separación entre catenarias en el seccionamiento.....	68
4.4.10. Separación entre el hilo de contacto y el tubo de atirantado ...	68
4.4.11. Altura del accionamiento del seccionador .....	68
4.4.12. Posición de los tacones de doble ménsula y tirantes en seccionamientos y agujas.....	69
4.4.13. Pendolado .....	69
4.4.14. Posición del poste de aguja .....	69

4.4.15. Elevación del brazo curvo e.b.c.....	69
4.4.16. Distancia mínima a tierra .....	69
4.4.17. Descargadores de antenas .....	69
4.4.18. Pórtico rígido .....	70
4.4.19. Pórtico funicular.....	70
4.5. Magnitudes: valores elementos de medición. Nominales y tolerancias. .....	70
4.5.1. Gálibo de poste .....	70
4.5.2. Desplome del poste o contraflecha .....	72
4.5.3. Descentramiento de la catenaria .....	74
4.5.4. Vano .....	75
4.5.5. Altura de la catenaria o del sistema.....	76
4.5.6. Altura de los hilos de contacto. ....	77
4.5.7. Solape entre catenarias en los seccionamientos .....	78
4.5.8. Pendiente de los hilos de contacto.....	79
4.5.9. Separación entre catenarias en los seccionamientos .....	80
4.5.10. Separación entre el hilo de contacto y el tubo de atirantado ...	81
4.5.11. Altura del accionamiento del seccionador .....	82
4.5.12. Posición de los tacones de doble ménsula y tirantes en seccionamientos y agujas.....	82
4.5.13. Pendolado .....	83
4.5.14. Posición del poste de aguja .....	84
4.5.15. Elevación del brazo curvo de atirantado (E.B.C.) .....	85
4.5.16. Distancia mínima a tierra .....	86
4.5.17. Descargadores de antenas .....	86
4.5.18. Portico rígido .....	87
4.6. Identificación y trazabilidad .....	88
4.6.1. Identificación y localización de los elementos de la línea aérea de contacto. LAC. ....	88
5. Tipos de catenarias. ....	92
5.1 Catenaria de vía general.....	92
5.2 Catenaria en túnel. ....	96
5.3 Catenaria en estación. ....	97
6. Alimentación a la catenaria. ....	100
7. Seccionamientos eléctricos. Seccionamientos de aire.....	102

8. Macizos para vía general.....	103
9. Bibliografía de consulta.....	106

## 1. Prefacio

### 1.1. Motivación

Para la obtención del título de ingeniero se necesita la realización de un proyecto final de carrera, que es la consecución de la globalidad de los estudios impartidos. Esta afirmación provoca mucho respeto entre el estudiantado, incluso pánico, debido a que a la dificultad del proyecto se le suma la dificultad de elegir un tema para desarrollar.

En mi caso el tema lo tenía muy claro, debía de tener relación con el ferrocarril, ya que me puede servir como trampolín profesional pues llevo tiempo buscando trabajo relacionado con el tema en cuestión. Partiendo de esta base, elegí realizar una línea catenaria que proporcione potencia eléctrica a un tramo de vía ferroviaria.

A la motivación anterior se le tiene que añadir la motivación de poder acabar mi carrera con una intensificación, más en concreto, con la de "Instalaciones eléctricas automatizadas y sistemas de potencia", que mejora ostensiblemente mi currículum profesional.

## 2. Introducción

La idea de la realización de este proyecto surge de la necesidad, como ciudadano y usuario de Ferrocarrils de la Generalitat de Catalunya (de aquí en adelante FGC), de viajar entre Terrassa y Martorell en transporte público, desde las poblaciones situadas en la línea Llobregat-Anoia, sin tener la obligación de pasar por la ciudad de Barcelona y tener que hacer transbordo entre las estaciones de Plaça Espanya y Plaça Catalunya. Además, se añade la necesidad de comunicación directa mediante línea ferroviaria de dos zonas potencialmente industrializadas.

## **2.1 Objetivo**

El objetivo de este proyecto es la realización de una línea catenaria de suministro eléctrico para ferrocarriles. El trazado de la línea, que se va a realizar en este proyecto, está pensado para que se adhiriera a las instalaciones de FGC y, en concreto, sirve como enlace entre Martorell y Terrassa, poblaciones que pertenecen a líneas de FGC distintas. Martorell pertenece a la línea Llobregat-Anoia y Terrassa, a la línea Barcelona-Vallés.

## **2.2 Viabilidad**

En la actualidad, tanto el transporte público como el transporte de mercancías entre estas dos zonas de la provincia está sometido a una ruta demasiado larga, ya que hace un rodeo a la montaña que descarta muchas de las iniciativas de transporte mediante ferrocarril.

La necesidad de comunicar dos zonas altamente urbanizadas e industrializadas, con la probable ubicación de un CIM por parte de La Generalitat de Catalunya en la zona de Abrera, hace viable la conexión mediante vía férrea.

En mi opinión es un trazado viable ya que aprovecha recorridos y obras existentes, como son:

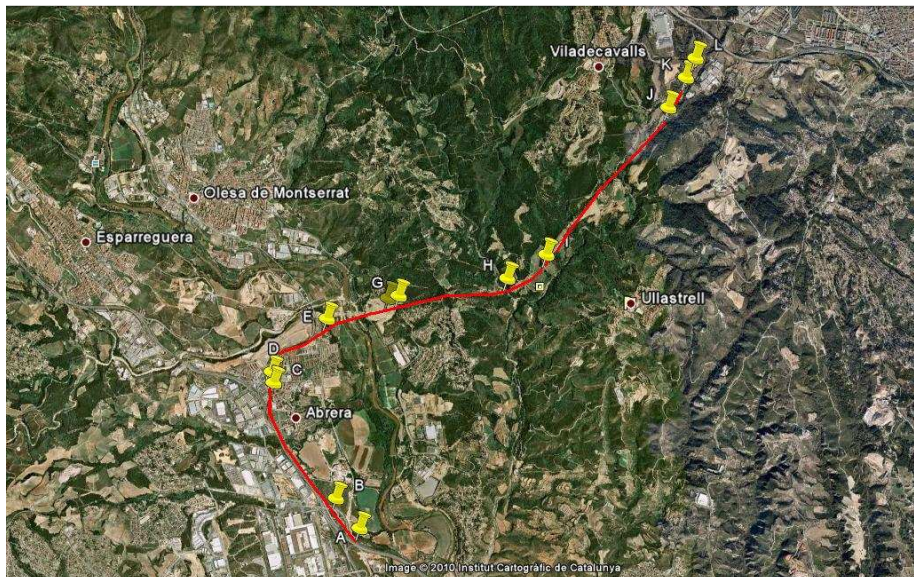
- Varios túneles desde Abrera hasta Terrassa, que son parte del trayecto previsto para albergar la Autovía Orbital de Barcelona. Sólo sería necesaria la ampliación de estos.
- Un viaducto sobre el río Llobregat y otro sobre la riera de Gaia, en este proyecto se contempla la posibilidad de construir viaductos paralelos a los ya existentes de la B-40.
- El trayecto subterráneo entre el enlace en Martorell y el viaducto sobre el Llobregat va por debajo de la Autovía A2 y la carretera comarcal C-55, esta última está en proceso de reestructuración según fuentes del Ayuntamiento de Abrera.

### 3. Trazado

El trazado elegido para la creación de la línea de ferrocarril, que ira desde un punto intermedio de la estación de Martorell Enllaç y Abrera hasta la nueva estación en Terrassa llamada Can Mir-Terrassa, tiene una distancia de 10,02 km dividido en diversos segmentos para diferenciar los tipos de vía:

- Catenaria general
- Catenaria en túnel
- Catenaria en estación

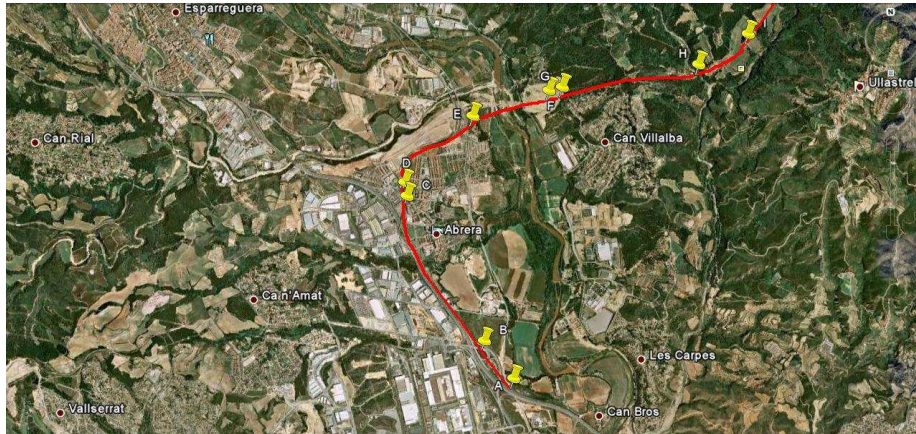
El trazado escogido para esta línea ferroviaria es “especulativo”, debido a la falta de conocimiento de materias de Ingeniería Civil, por esta razón tanto el trazado elegido como la viabilidad de este, son puramente subjetivos. De todos modos, he recibido consejos generales de un arquitecto que, actualmente, trabaja en el Área Metropolitana de Barcelona.



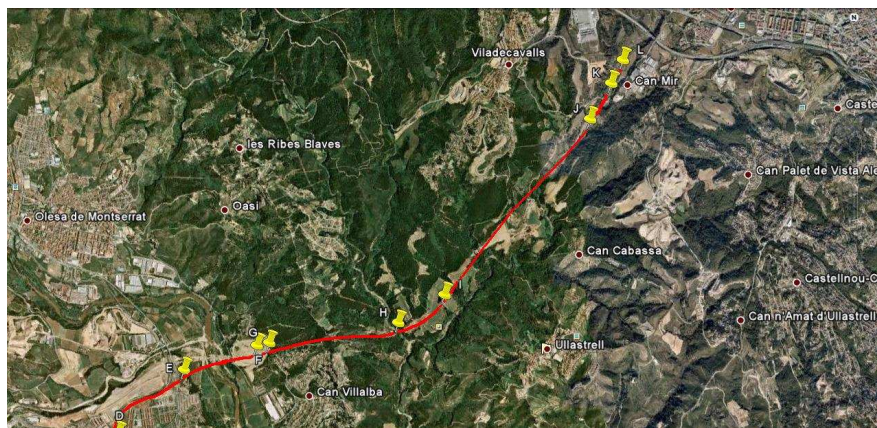
**Ilustración 1 imagen de vista general de la línea**

En las siguientes imágenes se puede apreciar más claramente el recorrido dividido en dos tramos.





**Ilustración 2 imagen de vista parcial. Tramo 1 del recorrido.**



**Ilustración 3 imagen de vista parcial. Tramo 2 del recorrido.**

La situación del punto A se debe a las circunstancias del terreno, ya que es una zona lo suficientemente llana y libre de edificaciones como para situar aquí el enlace del nuevo tramo de vía, además el recorrido ferroviario ya existente presenta, en este punto, una pequeña curva que favorecería el acceso a un nuevo recorrido desde la tangente de la curva.

Tras salvar los accesos a la A2 mediante la creación de pequeños puentes, en el punto B se sitúa la entrada al túnel que circula por debajo de la autovía, a partir de aquí la línea catenaria será bajo túnel y, por lo tanto, sigue sus parámetros específicos.



**Ilustración 4 vista detallada del tramo definido entre los puntos A y B.**

Entre el punto C y D se encuentra situada una nueva parada en la población de Abrera, nombrada Abrera-Rebato



**Ilustración 5 vista detallada del tramo definido entre los puntos C y D.**

En el punto E, donde se encuentra la salida del túnel y posterior entrada al viaducto sobre el río Llobregat, la catenaria pasa a ser de tipo general, ya que los viaductos no alteran el tipo de catenaria.

La situación del punto F indica un extremo del viaducto. Entre los puntos F y G hay un tramo de vía sobre el terreno y, por lo tanto, la catenaria vuelve a ser de tipo general.

La situación del punto G indica un extremo del túnel de Can Villalba, por lo tanto, aquí la catenaria pasa a ser otra vez bajo túnel.





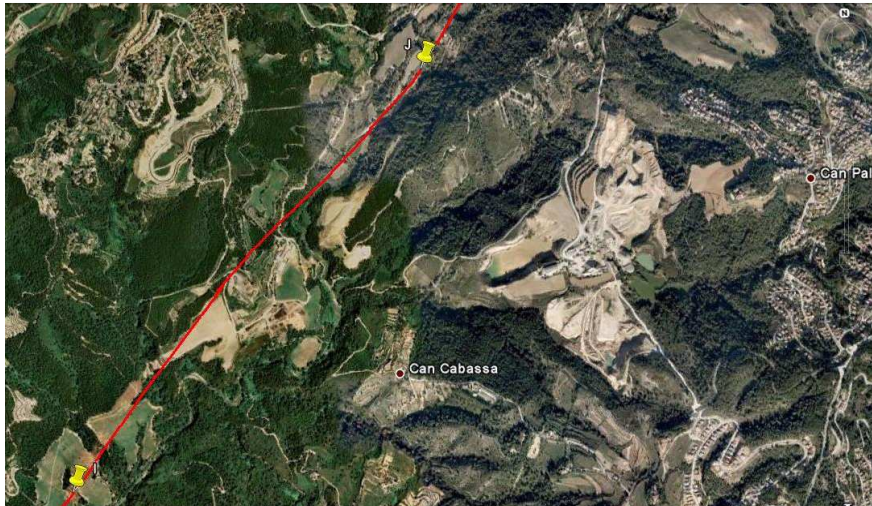
**Ilustración 6 vista detallada de los tramos entre los puntos E – F y F – G.**

El punto H indica la posición de un extremo del túnel de Can Villalba y posterior entrada al viaducto de la riera de Gaia, donde la catenaria vuelve a ser de tipo general.

El punto I se sitúa en el otro extremo del viaducto sobre la riera de Gaia y un extremo del túnel de Can Cabassa, el tipo de catenaria a instalar desde este punto I hasta el punto J es de tipo túnel.



**Ilustración 7 vista detallada del tramo definido entre los puntos H y I.**



**Ilustración 8 vista detallada del tramo definido entre los puntos I y J.**

En el punto J se encuentra el otro extremo del túnel de Can Cabassa y desde aquí hasta el punto K hay que instalar catenaria de tipo general.

Los puntos K y L señalan los extremos de la nueva estación de Can Mir, entre los cuales la catenaria tiene las características de una estación.



**Ilustración 9 vista detallada de los tramos J – K y K – L.**

A continuación se muestra un cuadro de distancias entre puntos del trayecto:

Tramo	A	----	B	<b>510</b>	<b>metros</b>
Tramo	B	----	C	<b>1790</b>	<b>metros</b>
Tramo	C	----	D	<b>150</b>	<b>metros</b>
Tramo	D	----	E	<b>1130</b>	<b>metros</b>
Tramo	E	----	F	<b>880</b>	<b>metros</b>
Tramo	F	----	G	<b>150</b>	<b>metros</b>
Tramo	G	----	H	<b>1490</b>	<b>metros</b>
Tramo	H	----	I	<b>620</b>	<b>metros</b>
Tramo	I	----	J	<b>2550</b>	<b>metros</b>
Tramo	J	----	K	<b>450</b>	<b>metros</b>
Tramo	K	----	L	<b>300</b>	<b>metros</b>

<sup>1</sup>

A continuación se muestra un cuadro descriptivo de tipos de catenaria en la línea:

Tipo de catenaria	Distancia en metros
Catenaria general	2610
Catenaria bajo túnel	7110
Catenaria en estación	300

<sup>2</sup>

---

<sup>1</sup> Cuadro de distancias entre tramos

<sup>2</sup> Cuadro de tipos de catenaria en la línea.

## **4. Normativa de catenaria convencional FGC.**

### **4.1. Objeto de la norma.**

La presente norma tiene por objeto unificar, definir y fijar conceptos y sus magnitudes, así como, las condiciones en que se han de llevar a cabo los trabajos de medición de los parámetros, que definen la geometría de la catenaria convencional instalada en FGC.

### **4.2. Campo de aplicación.**

Será de aplicación a todos los trabajos de verificación de los parámetros, que definen la geometría de este tipo de línea aérea de contacto, de las que actualmente prestan o en un futuro prestarán servicio en las vías electrificadas de FGC tales como:

- Obras de remodelación de vía que afecten a la catenaria
- Trabajos de renovación de catenaria
- Obras de nuevas electrificaciones
- Mantenimiento.

### **4.3. Características generales de la catenaria.**

La catenaria es simple, poligonal y atirantada, formada por un sustentador apoyado de cobre y dos hilos de contacto, sin flecha inicial de los hilos de contacto.

La alimentación es con corriente continua a una tensión de 1.500V.

Está formada por un sustentador de cobre de 153 mm<sup>2</sup> de sección, dos hilos de contacto ovalados de 107 mm<sup>2</sup> de sección y un feeder de acompañamiento de 225 mm<sup>2</sup> de sección. Pendolado de distribución equidistante y equipotencial.



La Altura nominal del sistema es de 0.853 m, (siendo) variable en pasos superiores, túneles, etc. En estaciones, las catenarias de vías generales y de circulación serán, a ser posible, de 0.853m, pudiendo ser las del resto de las vías de cualquier otro tipo.

El Vano máximo adoptado es de 45 m en recta. En curva, variable de acuerdo con el radio de la misma.

No obstante en las nuevas electrificaciones y con el objeto de economizar equipos, podrá disponerse de catenaria de 1.400 de altura nominal y vano máximo de 60 m(ts)

La Altura nominal del hilo de contacto, respecto al plano de rodadura, es de 5.00 m

Descentramiento de  $\pm 20$  cm en todos los apoyos.

La longitud máxima del cantón de compensación es de 1.200m, con compensación mediante balancín para el sustentador y los hilos de contacto.

Agujas aéreas del tipo tangencial en el punto 90. Para vías secundarias, que no interfieren con la general o bien son vías de depósito o estacionamiento, pueden disponerse agujas cruzadas en el punto 55.

Ménsulas, tipo RENFE; conjuntos Ca-1 RT y Ca-10RT con rótula, tanto en ménsula como en tirante, con tensor de regulación en este último. En equipos de estación (pórticos rígidos) pueden instalarse Ca-RTE-TIE y Ca-10RTE-TIE.

Aisladores que cumplan las E.T. correspondientes y con una línea mínima de fuga de 300 mm, preferentemente de herraje externo.

Cable de tierra es de aluminio-acero o aluminio, realizando la toma de tierra, como máximo, cada 3 Km

Los descargadores de antena están instalados en el perfil anterior o posterior al punto fijo, con toma de tierra para cada uno y con bajada directa a tierra, (y) conectada además al cable de tierra.

Las tomas de tierra son en anillo alrededor del apoyo, mediante un mínimo de cuatro picas unidas entre sí o bien un electrodo profundo o un tiesto enterrado, en función de la resistividad del terreno, con una resistencia de difusión inferior a 10 ohmios.

En vía general, en trayectos y en estaciones, la catenaria se sustentará mediante postes normalizados tipos Xb., Z. y H. En estaciones, donde exista insuficiencia de gálibo en entrevías para la ubicación de postes en las mismas, se utilizarán pórticos rígidos. Si se considera adecuado, por condicionantes externos y de accesibilidad, se colocarán postes H. En este caso, se tendrán en cuenta las deformaciones que puedan resultar como consecuencia de los esfuerzos actuantes a torsión; por lo que no deben instalarse en puntos de aguja, elevación de aguja o semieje de seccionamiento.

#### **4.4. Definiciones.**

##### **4.4.1. Gálibo de poste**

Distancia mínima entre las caras enfrentadas del poste y del carril más próximo a él.

##### **4.4.2. Desplome del poste o contraflecha.**

Desplazamiento de la cabeza del poste sin carga respecto a su posición vertical, en dirección perpendicular a la vía y en sentido contrario a ella.

##### **4.4.3. Descentramiento de la catenaria.**

Separación existente entre el eje del pantógrafo y el eje del hilo de contacto. Dado que la catenaria es poligonal y atirantada, el descentramiento del sustentador es el mismo que el de los hilos de contacto al estar ambos elementos en el mismo plano vertical.

Generalmente con este concepto se hace referencia al existente en los apoyos y en el centro del vano.

##### **4.4.4. Vano**

Separación existente entre los ejes de dos postes consecutivos que sustentan la misma línea aérea de contacto, considerada en el sentido longitudinal de la vía.

#### **4.4.5. Altura de la catenaria o del sistema**

Distancia, medida verticalmente, entre el eje del sustentador y el eje longitudinal de los hilos de contacto en el punto de fijación del sustentador.

#### **4.4.6. Altura de los hilos de contacto**

Distancia entre el plano de rodadura y los hilos de contacto.

#### **4.4.7. Solape entre catenarias en los seccionamientos**

Longitud de la zona de frotamiento por el pantógrafo, común a las dos catenarias del seccionamiento, realizado simultáneamente y en situación estática.

#### **4.4.8. Pendiente de los hilos de contacto**

Relación existente entre la diferencia de altura de los hilos de contacto y la longitud del vano expresado en tanto por mil.

#### **4.4.9. Separación entre catenarias en el seccionamiento**

Es la distancia mínima entre las dos catenarias en el seccionamiento.

#### **4.4.10. Separación entre el hilo de contacto y el tubo de atirantado**

Es la distancia entre el tubo de atirantado y los hilos de contacto, medida verticalmente.

#### **4.4.11. Altura del accionamiento del seccionador**

Es la altura de la base del accionamiento del mando del seccionador respecto a la cara superior del macizo, correspondiente al poste donde está instalado.

#### **4.4.12. Posición de los tacones de doble ménsula y tirantes en seccionamientos y agujas**

Es la posición horizontal, que en el montaje adoptará el soporte para dos ménsulas, o dos tirantes giratorios, en seccionamientos o agujas (piezas AI-17 o AI-18).

#### **4.4.13. Pendolado**

Distribución de las péndolas a lo largo de cada vano, en lo que se refiere a longitud de las mismas y separación entre ellas.

#### **4.4.14. Posición del poste de aguja**

Valor de la separación entre los ejes del carril de la vía directa y desviada en un aparato de vía que se toma como referencia para el montaje de las agujas aéreas de la catenaria. Punto donde se monta el poste o pórtico en el que se sitúan los equipos de los que se sustentan y atirantan las dos catenarias correspondientes a la zona de agujas.

#### **4.4.15. Elevación del brazo curvo e.b.c**

Distancia vertical entre el eje del punto de amarre del brazo y los hilos de contacto.

#### **4.4.16. Distancia mínima a tierra**

Es la distancia mínima entre elementos en tensión y tierra.

#### **4.4.17. Descargadores de antenas**

Son aparatos a través de los cuales se producen las descargas a tierra y evitan los efectos de las sobre tensiones, originadas en la línea aérea de contacto por los agentes atmosféricos eléctricos o por descargas disruptivas, provocadas por maniobras de apertura y cierre en subestaciones o locomotoras eléctricas. El tipo empleado es el llamado de antenas, formado por dos varillas acodadas de acero inoxidable colocadas sobre un aislador en plano vertical, pudiendo disponer de una varilla central aislada (antipájaros)



#### 4.4.18. Pórtico rígido

Elemento constructivo formado por un dintel metálico indeformable instalado entre los dos postes que conforman un mismo perfil para soportar la/s catenaria/s. Las catenarias se suspenden del dintel mediante equipos normalizados.

#### 4.4.19. Pórtico funicular

Elemento constructivo formado por cables de acero instalados generalmente entre dos postes, (funicular, transversal de suspensión y transversal de atirantado) para soportar la/s catenaria/s. Estas se suspenden mediante conjuntos normalizados.

### 4.5. Magnitudes: valores elementos de medición. Nominales y tolerancias.

#### 4.5.1. Gálibo de poste

##### 4.5.1.1. Valores y tolerancias

El valor nominal y las tolerancias admitidas, según los casos, son los que se recogen en la tabla siguiente:

Postes Xb				
Ancho vía	Alineación	Valor nominal	Tolerancia	
1435	Recta o curva exterior	2.052	+0.20	- 0.20
	Curva interior	2.052	+0.20	- 0.10
	Curva interior R<300	2.252	+0.20	- 0.10
1000	Recta o curva exterior	2.269	+0.20	- 0.20
	Curva interior	2.269	+0.20	- 0.10
	Curva interior R<300	2.469	+0.20	- 0.10

Postes H				
Ancho vía	Alineación	Valor nominal	Tolerancia	
1435	Recta o curva exterior	2.162	+0.20	-0.20
	Curva interior	2.162	+0.20	-0.10
	Curva interior R<300	2.362	+0.20	-0.10
1000	Recta o curva exterior	2.379	+0.20	-0.20
	Curva interior	2.379	+0.20	-0.10
	Curva interior R<300	2.579	+0.20	-0.10

3

En estaciones los valores nominales serán tomados como valores mínimos. En el caso del montaje de postes en andenes, el valor del gálibo mínimo será de cinco metros al eje de la vía, siempre y cuando el andén supere dicha dimensión.

En situaciones singulares se estará a lo dispuesto en las disposiciones fijadas de los gálibos correspondientes a cada línea, o lo que decida la Dirección Facultativa de Obra.

#### 4.5.1.2. Elementos de medida

La medición se lleva a cabo mediante flexómetro y, a nivel del plano medio de rodadura.

<sup>3</sup> Tabla de gálibo de poste y ancho de vía (dimensión en m)

### 4.5.1.3 Procedimiento

Se efectuará desde la cara interior del poste a la cara exterior del carril más próximo. Se realizará al efectuar el izado del poste o cuando se modifique la posición de la vía.

Se aplicará a todos los postes.

## 4.5.2. Desplome del poste o contraflecha

### 4.5.2.1. Valores y tolerancias

Este valor es función del tipo de poste y de su ubicación respecto a la vía, según el trazado de esta, siendo su función compensar la deformación que se produce en el extremo libre, (cabeza de poste) una vez cargado, por efecto del momento mecánico que en él se produce. Los valores que se establecen, para postes sin carga, son los siguientes:

Alineación	Poste X-H		Poste Z-H	
	Valor nominal	Tolerancia	Valor nominal	Tolerancia
Recta	5	±1	0	
Curva exterior	8	±1	0	
Curva interior	0		0	
Pórtico funicular	-	-	8	±1
Pórtico rígido	-	-	0	

4

<sup>4</sup> Tabla de desplome (Dimensiones en cm)

En casos singulares se tendrá en cuenta lo especificado y calculado en cada uno de los Proyectos Constructivos.

#### **4.5.2.2. Elemento de medida**

La medición se hará con plomada, nivel, flexómetro y rotulador-marcador de 1 mm de espesor máximo.

#### **4.5.2.3. Procedimiento**

Se realizará o midiendo el desplazamiento del eje de la cabeza del poste respecto a la vertical de su eje en su base, o midiendo el desplazamiento del eje del poste y su vertical entre dos cartelas o marcas consecutivas.

En este caso el valor obtenido de la medición deberá corresponderse con el valor obtenido mediante la aplicación de la siguiente fórmula:

$$D = (d * L)/h$$

Siendo:

d = Valor del desplome entre cartelas sucesivas

h = Separación entre dos cartelas o marcas

D = Desplome

L = Altura libre del poste

Esta separación se llevará a cabo una vez izado el poste y previamente a la aplicación de alguna carga sobre él. Será de aplicación a todos los postes.

### 4.5.3. Descentramiento de la catenaria

#### 4.5.3.1. Valores y tolerancias

Los valores nominales y las tolerancias de montaje admitidos para descentramiento según sea el tipo de catenaria son:

	Recta		Curva	
Alineación	Valor nominal	Tolerancia	Valor nominal	Tolerancia
En apoyos	20	+3,-1	25	±2
En centro vano	-	-	<15	

5

#### 4.5.3.2. Elementos de medida

Este parámetro se medirá con el pantógrafo portátil de medida, medidor digital portátil o con vehículo auscultador.

#### 4.5.3.3. Procedimiento

Se medirá desde el eje del pantógrafo hasta la parte exterior del hilo de contacto más lejano. Se aplicará en todos los perfiles y, en curva además, en el centro de cada vano.

<sup>5</sup> Tabla de valores nominales y las tolerancias de montaje admitidos para descentramiento según sea el tipo de catenaria

## 4.5.4.Vano

### 4.5.4.1. Valores y tolerancias

El valor nominal de cada vano queda determinado por el radio de curvatura de la alineación de la vía en planta y el descentramiento de los hilos de contacto en los apoyos y en el centro del vano, según la siguiente condición:

Donde V es el valor del vano, R el radio de la curva,  $d_1$  el descentramiento en los apoyos y  $d_2$  el descentramiento en el centro del vano.

En el caso de que  $d_1 = d_2 = d$ , tendremos:

$$V^2 = 8fR$$

Siendo f la flecha del tramo de segmento circular de la vía, con un valor igual o menor a 40 cm

El valor máximo admitido en alineación recta y curva, de radio igual o mayor que el que cumpla la condición geométrica anterior, es de 45 m y la diferencia máxima admitida entre dos vanos consecutivos es de 10m

Para los valores nominales del descentramiento admitidos en esta norma se tiene la siguiente distribución del valor a adoptar por cada vano en función del radio:

Radio	Vano
$R > 600$	45
$500 < R < 630$	40
$380 < R < 500$	35
$280 < R < 380$	30
$190 < R < 280$	25
$125 < R < 190$	20

6

<sup>6</sup> Tabla de distribución de vanos en función del radio (Dimensiones en metros)

#### 4.5.4.2. Elemento de medida

La medición se efectuará con cinta métrica, odómetro (rueda de medir) o medidor digital portátil.

#### 4.5.4.3. Procedimiento

Se llevará a cabo entre las caras del mismo lado de dos postes consecutivos, y se realizará una vez izados los mismos.

### 4.5.5. Altura de la catenaria o del sistema

#### 4.5.5.1. Valores y tolerancias

Los valores nominales y las tolerancias admitidas, según los casos, son los recogidos en la tabla siguiente:

Valor nominal			Tolerancia
1400	853	462	±10

<sup>7</sup>

En trayectos y estaciones, siempre que lo permita el montaje, se instalará la catenaria de 853. No obstante en zonas de grandes rectas podrá adoptarse la de 1400, aunque es posible instalar cualquier otro tipo en dependencia de la altura o gálibo disponible. En caso de montaje de alguna de las otras se intercalará la

---

<sup>7</sup> Tabla de altura de catenaria (Dimensiones en mm)

transición o transiciones necesarias, con el fin de que el paso de un sistema a otro se realice paulatinamente. Su valor teórico se corresponde con la distancia entre el eje del sustentador y el de los hilos de contacto.

#### **4.5.5.2. Elementos de medida**

La medición se efectuará mediante flexómetro.

#### **4.5.5.3. Procedimiento**

Se medirá según la vertical existente entre el eje del sustentador en su punto más elevado y el punto correspondiente a la ranura de los hilos de contacto. Se aplicará en todos los perfiles.

#### **4.5.6. Altura de los hilos de contacto.**

##### **4.5.6.1. Valores y tolerancias**

Es la distancia entre la parte inferior de los hilos de contacto y el plano de rodadura. Puede estar comprendida entre un mínimo de 4,60 m y un máximo de 6,00 m. La norma general es que se mantenga en el entorno de los 5,00 m

Cuando haya que modificar la altura de los hilos de contacto por algún motivo (túneles, pasos superiores, etc.), se realizará, de tal forma que se cumplan las prescripciones relativas al punto 5.8 "Pendiente de los Hilos de Contacto".

En general, se puede admitir una tolerancia  $\pm 1$  cm



#### **4.5.6.2. Elementos de medida**

La medición se realizará mediante el pantógrafo de medida, medidor digital portátil, vehículo auscultador o sistemas homologados.

#### **4.5.6.3. Procedimiento**

Se medirá desde el plano de rodadura hasta la parte inferior de los hilos de contacto. Se realizará en todos los perfiles.

### **4.5.7. Solape entre catenarias en los seccionamientos**

#### **4.5.7.1. Valores y tolerancias**

Los valores establecidos para cada tipo de catenaria y seccionamientos podrán oscilar entre 10 Y 20 m en situación estática.

#### **4.5.7.2. Elementos de medida**

La medición se efectuará mediante vehículo auscultador, pantógrafo de medida y cinta métrica, o bien, con regla, nivel y cinta métrica.

#### **4.5.7.3. Procedimiento**

Se medirá desde el punto donde empiezan a rozar simultáneamente las dos catenarias hasta el punto donde terminan, en un seccionamiento. Se verificará en todos los seccionamientos.

## 4.5.8. Pendiente de los hilos de contacto

### 4.5.8.1. Valores y tolerancias

El valor nominal y su tolerancia, expresados en tanto por mil, se indican en el siguiente cuadro:

Valor nominal	Tolerancia
10	±0,5

<sup>8</sup>

La diferencia de pendientes entre dos vanos adyacentes, no excederá de 1,5 por mil. En las transiciones (cambio de orientación de las pendientes) el valor nominal será de 5‰.

### 4.5.8.2. Elementos de medida

La medición se verificará con cinta métrica y pantógrafo de medida, medidor digital portátil, vehículo auscultador o cualquier otro sistema homologado.

### 4.5.8.3. Procedimiento

Se medirán las alturas de los hilos de contacto de dos apoyos consecutivos, así como la longitud del vano correspondiente. Se hallará la diferencia entre dichas alturas y se dividirá entre la longitud del vano, según la siguiente fórmula:

$$P = \frac{(h_2 - h_1)}{V}$$

Siendo:

---

<sup>8</sup> Tabla de valor nominal y su tolerancia en pendiente de los hilos de contacto, (tantos por mil)

P el valor de la pendiente,  $h_1$  y  $h_2$  los valores de las alturas de los hilos de contacto en dos apoyos consecutivos y V la longitud del vano entre los apoyos.

## 4.5.9. Separación entre catenarias en los seccionamientos

### 4.5.9.1. Valores y tolerancias

Los valores nominales y sus tolerancias, expresados en cm, se indican en el siguiente cuadro:

Seccionamiento	Valor nominal	Tolerancia
De lámina de aire	40	+0 y -10
De cantón	< 40	+0 y -15

<sup>9</sup>

### 4.5.9.2. Elementos de medida

La medición de este parámetro se realizará mediante el pantógrafo portátil de medida, flexómetro o medidor digital portátil.

### 4.5.9.3. Procedimiento

Se obtiene midiendo la distancia mínima entre los sustentadores o entre los hilos de contacto en el seccionamiento, y se aplicará en todos los seccionamientos.

---

<sup>9</sup> Tabla de valores nominales y su tolerancia en separación de catenarias en los seccionamientos (en cm)

## 4.5.10. Separación entre el hilo de contacto y el tubo de atirantado

### 4.5.10.1. Valores y tolerancias

El valor nominal y su tolerancia, expresados en cm, se indican el siguiente cuadro:

Valor nominal	Tolerancia
25	$\pm 2$

<sup>10</sup>

### 4.5.10.2. Elementos de medida

Esta medida se efectuará con el flexómetro.

### 4.5.10.3. Procedimiento

Se tomará la distancia medida verticalmente entre la parte inferior del tubo de atirantado y la parte superior de los hilos de contacto. Se aplicará en todos los perfiles que contengan tubo de atirantado, y se realizará, además de en los puntos indicados en el campo de aplicación, siempre que se observe visualmente alguna anomalía en el equipo o se verifique alguna operación de modificación en el mismo.

---

<sup>10</sup> Tabla del valor nominal y su tolerancia en la separación entre hilo de contacto y tubo de atirantado ( en cm)

## **4.5.11. Altura del accionamiento del seccionador**

### **4.5.11.1. Valores y tolerancias**

El armario del accionamiento deberá estar situado a una altura sobre el nivel del macizo o suelo de aproximadamente 1,10 m de forma que, para el caso de mando manual, resulte cómodo.

Como norma general, estará situado en la cara posterior del poste, no obstante podrá colocarse lateralmente por condicionantes de obra.

### **4.5.11.2. Elementos de medida**

Esta distancia se medirá con un flexómetro.

### **4.5.11.3. Procedimiento**

Se efectuará midiendo desde la cara superior del macizo o suelo hasta la base de la caja del accionamiento. Se realizará en todos ellos, una vez instalados.

## **4.5.12. Posición de los tacones de doble ménsula y tirantes en seccionamientos y agujas**

### **4.5.12.1. Valores y tolerancias**

Las piezas Al-17 ó Al-18 estarán colocadas horizontalmente y, por tanto, perpendiculares a la vertical del poste correspondiente. Se admite una tolerancia de  $\pm 0.5$  cm de desplazamiento vertical en el extremo de las citadas piezas sobre la posición horizontal teórica de las mismas.

#### **4.5.12.2. Elementos de medida**

Este parámetro se controlará mediante nivel, regla y flexómetro.

#### **4.5.12.3. Procedimiento**

Se comprobará el paralelismo y la horizontalidad de las piezas Al-17 ó Al-18 del tacón y del tirante, poniendo la regla en posición horizontal en el centro de cada pieza y midiendo la desviación sobre la vertical en el extremo de la misma. Se aplicará en todos los perfiles donde se instale este tipo de conjunto.

#### **4.5.13. Pendolado**

##### **4.5.13.1. Valores y tolerancias**

Consiste en la colocación de las péndolas a lo largo de los vanos en la Línea Aérea de Contacto.

La longitud de las mismas, así como la separación entre ellas, depende del tipo de catenaria a instalar y del vano correspondiente, pero deberá considerarse una separación de 5 metros entre las correspondientes al mismo hilo.

La tolerancia será de  $\pm 3$  mm, por lo que se refiere a la longitud, y de  $\pm 35$  mm, en cuanto a la separación entre ellas.

##### **4.5.13.2. Elementos de medida**

Tanto la longitud de las péndolas, como la separación entre ellas se medirán con flexómetro.

#### **4.5.13.3. Procedimiento**

La longitud se medirá desde el eje del sustentador hasta el eje de los hilos de contacto.

La separación se medirá entre los ejes de las péndolas.

#### **4.5.14. Posición del poste de aguja**

##### **4.5.14.1. Valores y tolerancias**

Este punto se identifica midiendo la distancia entre los carriles de un mismo lado de las vías que forman la aguja. Se distinguen dos tipos de agujas: las cruzadas y las tangenciales, según se crucen o no los hilos de contacto. Para las agujas tangenciales, se realizará en el entorno del punto 90, y para las cruzadas en el 55, es decir, cuando los valores de las distancias citadas anteriormente sean de 90 y 55 cm, respectivamente. La tolerancia será de +15 y -10 cm

##### **4.5.14.2. Elementos de medida**

La medida de este parámetro se verificará con flexómetro.

##### **4.5.14.3. Procedimiento**

Se realizará midiendo la distancia entre las caras del mismo lado de los carriles de las vías directa y desviada en el punto donde está ubicado el perfil.

## 4.5.15. Elevación del brazo curvo de atirantado (E.B.C.)

### 4.5.15.1. Valores y tolerancias

Los valores nominales y sus tolerancias, expresadas en mm, se indican en el siguiente cuadro:

Tipo de brazo	Valor nominal	Tolerancia
F10	80	+10 y -15
F14	94	+10 y -15

<sup>11</sup>

Se ha tenido en cuenta, para el cálculo de la tolerancia, la colgadura de la grifa, evitando que ésta tome una posición inclinada, respecto a la alineación del pantógrafo y de la sección plana del hilo de contacto.

### 4.5.15.2. Elementos de medida

Este parámetro se medirá con regla, nivel y flexómetro.

### 4.5.15.3. Procedimiento

Se situará la regla con el nivel por debajo de los hilos de contacto, y se medirá con el flexómetro la distancia vertical entre el eje del punto de amarre del brazo y la parte superior de la regla. Esta medición se realizará en todos los perfiles donde se hayan instalado brazos curvos.

---

<sup>11</sup> Tabla de valores nominales y sus tolerancias en al elevación del brazo curvo atirantado ( en mm)



## **4.5.16. Distancia mínima a tierra**

### **4.5.16.1. Valores y tolerancias**

La separación entre los elementos en tensión eléctrica y tierra será:

Ambas partes fijas: 0,150m

Una parte móvil: 0,250 m

### **4.5.16.2. Elementos de medida**

Esta distancia se comprobará con flexómetro.

### **4.5.16.3. Procedimiento**

Se efectuará midiendo la mínima distancia entre las partes afectadas.

## **4.5.17. Descargadores de antenas**

### **4.5.17.1. Valores y tolerancias**

Estos elementos estarán colocados en cabeza de poste o en la ménsula. En cualquier caso se ha de cumplir que la distancia mínima entre el sustentador o feeder de acompañamiento y la antena del descargador sea, por lo menos, de 0.150 m

Las varillas se situarán formando un ángulo de 80 grados sexagesimales, con una tolerancia de  $\pm 2$  sexagesimales. La distancia en la parte más cercana (distancia explosora) será de 7 mm, con una tolerancia de  $\pm 2$  y -0 mm Si se trata de un descargador con antena neutra, la distancia entre ellas será de 4 mm.

#### 4.5.17.2. Elementos de medida

Las medidas de este parámetro se realizarán con flexómetro, galga de 7 mm ó de 4 mm según el caso, y plantilla o transportador de ángulos.

#### 4.5.17.3. Procedimiento

El ángulo se comprobará con la plantilla o transportador de ángulos y la distancia de separación de las antenas se medirá con la galga. La distancia mínima entre el sustentador y la antena del descargador se realizará con flexómetro. Se comprobará en cada uno de los instalados.

#### 4.5.18. Portico rígido

##### 4.5.18.1. Valores y tolerancias

El dintel deberá instalarse perpendicularmente a las vías generales.

En planta, el dintel deberá estar alineado, permitiéndose una flecha del 0,30 % de la longitud del mismo.

En alzado, deberá mantenerse horizontal, permitiéndose una flecha de 0,25 % de su longitud. Estos datos se recogen en la tabla siguiente:

Posición del dintel	Planta	Alzado
Flecha	$\leq 0,30\%$ L	$\leq 0,50\%$ L

<sup>12</sup>

Siendo: L la longitud del dintel.

<sup>12</sup> Tabla de valores y tolerancias en la colocación del dintel

#### **4.5.18.2. Elementos de medida**

Este control se realizará con cuerda, regla de 5 metros y nivel.

#### **4.5.18.3. Procedimiento**

El control en planta de la posición del dintel se realizará colocando la cuerda tensa a todo lo largo del mismo, apoyándola en sus extremos en su parte lateral. Se medirá con el flexómetro la flecha que se produzca con respecto a la alineación de la cuerda.

El control en alzado se verificará situando una regla de cinco metros en el centro del dintel, se nivelará y se medirá la flecha existente.

### ***4.6. Identificación y trazabilidad***

La identificación de las instalaciones y la trazabilidad de su mantenimiento y de su estado se aplicará a todos sus equipos/elementos y a los registros de calidad asociados a su mantenimiento, de manera que se facilite:

- Su identificación y localización unívoca.
- La trazabilidad de los trabajos realizados en ellos. Conocer su estado de conformidad o no-conformidad mediante la verificación de los controles de inspecciones realizados, así como las tendencias de sus registros.

#### **4.6.1. Identificación y localización de los elementos de la línea aérea de contacto. LAC.**

Para la identificación de las instalaciones de catenaria se nombrarán los perfiles (postes) que les sirven de apoyo, exceptuando a los seccionadores cuya denominación será acorde a lo establecido en los esquemas eléctricos vigentes.

Dentro de un mismo trayecto ó estación (en general tramo) todos los elementos identificables forman un conjunto homogéneo, de modo que en tramos distintos existirán puntos de la instalación designados con el mismo nombre, diferenciándose por la referencia al código ó nombre del tramo donde se hallen ubicados.

Para identificar los perfiles de apoyo de la catenaria se procederá, como regla general, a numerarlos de 1 a N, según el sentido de avance de la kilometración en la línea donde se encuentre el tramo objeto. El primer perfil a denominar en el tramo - perfil número 1 - será:

- En tramo tipo Trayecto - vía general -: el primer perfil tras el anclaje de salida del último cantón (seccionamiento) del tramo tipo estación anterior.
- En tramo tipo Estación: el perfil de anclaje de entrada del primer cantón (seccionamiento) de dicha estación.

Partiendo de la regla general, se distinguen dos particularizaciones a la hora de identificar los perfiles de catenaria:

1. Tramo tipo Trayecto - vía general -: el criterio para la denominación de los postes difiere en función del número de vías según el cuadro que se muestra a continuación:

NUMERO DE VIAS	DENOMINACIÓN DE LOS PERFILES DE CATENARIA
1	-Secuencial, acorde a la regla general (,2,3,,,,,N)
2	-Secuencial impar para vía 1 (1,3,5,,,N-1) -Secuencial par para la vía 2 (2,4,6,,,N)
Más de 2	<p>-Secuencial impar para el poste de la vía identificada como impar (del mismo modo que en el caso de dos vías).</p> <p>-Secuencial par para el poste de la vía identificada como par (del mismo modo que en el caso de dos vías)</p> <p>NOTA: estos dos epígrafes son de aplicación tanto para los perfiles sencillos (tipo vía general), como para perfiles compuestos (pórticos), independientemente del número de vía.</p> <p>-En el caso de haber perfiles independientes para la/s vía/s central/es, éstos se numeraran de la</p>

	<p>siguiente manera:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Caso de tramo con tres vías (una vía central). Se le dará el mismo número que a la vía exterior identificada como impar añadiéndole una C ej.:87C).</li> <li>• Caso de tramo con cuatro vías (dos vías centrales): La vía adyacente a la identificada como impar se identifica del mismo modo que en caso del tramo con tres vías. La adyacente a la identificada como par se identifica utilizando el mismo criterio, es decir, refiriéndose a la identificación del perfil par e j.: 88C. (Con carácter particular, en caso de estar soportadas de un solo poste las catenarias de las dos vías centrales, éste se numerará como el caso de tres vías.</li> </ul>
--	---

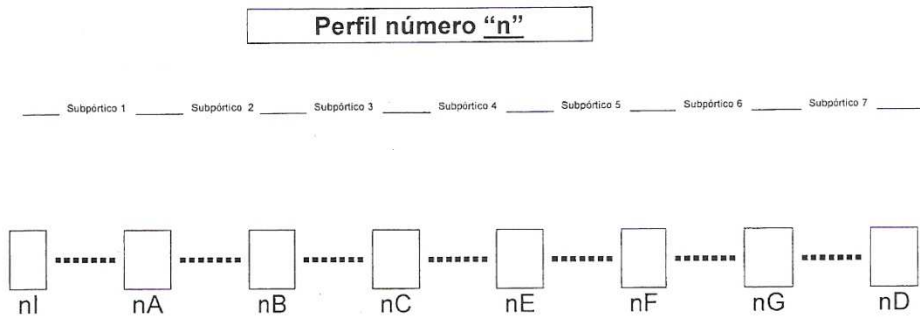
13

2. Tramo fijo Estación: La identificación de los perfiles se hará con carácter general, independientemente del número de vías y del tipo de perfil - sencillo o compuesto -, numerándolos secuencialmente de 1 a N.

A este número se le añadirá una I, si el poste está a la izquierda de la vía que le afecta, mirando hacia el sentido de avance de la kilometración; se le añadirá una O, si está a la derecha de la vía que le afecta, según el criterio anterior.

En el caso de perfiles compuestos (pórticos) todos los postes que soportan la misma unidad de perfil, es decir que se encuentran en la misma línea transversal al haz de vías, tendrán el mismo número secuencial, añadiéndole una I y una D a los extremos según la regla expresada en el párrafo anterior. Si hay un poste central a la numeración que le corresponda se le añadirá una C, y si hay más de uno se le añadirá una letra, alfabéticamente ascendente de izquierda a derecha mirando hacia el sentido de avance de la kilometración, excepto la D y la I que identifican los postes extremos. En el gráfico adjunto se muestra un ejemplo de este último caso.

<sup>13</sup> Tabla de denominación de los perfiles de catenaria según el número de vías



Independientemente del tipo de tramo objeto para la identificación de los perfiles de catenaria, en caso de haber un poste que no entre en la línea incremental de la secuencia de numeración, por ejemplo, un poste con un anclaje de catenaria y sin ménsula, un perfil de aguja aparte de una sucesión de pórticos, etc; su identificación se hará adjudicándole el mismo número que el perfil inmediatamente anterior, en la misma vía o dentro de la secuencia seguida, seguido del sufijo BIS.

En caso de montar un perfil nuevo dentro de un tramo ya identificado en su totalidad, para evitar la remuneración de la parte de tramo comprendida entre el nuevo perfil y el final, se numerará siguiendo lo especificado en el párrafo anterior.

La identificación de los apoyos para las instalaciones de catenaria se realizará rotulándolos, de acuerdo a las reglas especificadas anteriormente, con un tipo de letra de tamaño no inferior a 60 mm Dicha rotulación se hará en una de las caras laterales de poste a una altura no inferior a 1400 mm Se utilizará pintura negra indeleble y resistente a la intemperie.

## 5. Tipos de catenarias.

### 5.1 Catenaria de vía general

La catenaria a emplear en la electrificación de las vías generales a cielo abierto será simple, poligonal y atirantada en todos sus puntos, dotada de compensación automática de la tensión mecánica del sustentador e hilos de contacto.

Estará formada por un cable sustentador de cobre de  $153 \text{ mm}^2$ , dos hilos de contacto de  $107 \text{ mm}^2$  más un feeder de acompañamiento de cobre de  $225 \text{ mm}^2$ . Todo ello constituye una sección conductora útil de  $592 \text{ mm}^2$  que deberá ser respetada en todo momento ante cualquier cambio de circuito eléctrico establecido.

La altura de la catenaria será de 853 mm. No obstante podrán adaptarse tipos de catenaria mayores, en beneficio de la economía del número de perfiles a instalar, en aquellos tramos de vía recta que se convenga, en ese caso se utilizarán catenarias de altura 1.400 mm o bien 1.253 mm.

La altura sobre el plano de rodamiento medio será de 5.00 metros, con un mínimo de 4.60 metros y un máximo de 5.50 metros. Las transiciones de altura por concurrencia de puntos singulares no superarán la pendiente máxima de 10 por mil, este valor se reducirá al 5 por mil en las zonas de cambio de orientación de las pendientes.

Se emplearán postes de acero galvanizado del tipo Xb que corresponda según los esfuerzos existentes. Estos, salvo circunstancias excepcionales serán X2b y X3b con una altura libre de 7 metros. Del mismo modo, en aquellos puntos de esfuerzos sobredimensionados se emplearán postes X4b. Estos tipos de postes podrán ser sustituidos por postes H en aquellos puntos que se determinen bien por falta de gálibo, bien por atender a circunstancias especiales, la relación entre ambos tipos está indicada en la tabla de equivalencias.

Cada tipo de poste tiene en correspondencia un dimensionado de su macizo de fundación, tanto en desmonte como terraplén, quedando estos inicialmente determinados en condiciones de implantación normales como sigue:

Tipo de poste	Tipo de macizo	Volumen m <sup>3</sup>
X2b	D3-T4	1,75 / 3,120
X3b	D4-T5	2,06 / 3,588
X4b	D6-T7	2,665 / 4,620

14

El gálibo normal de ubicación del poste con respecto al eje de la vía será de 3,00 m medidos entre el centro del poste y el centro de la vía. En curva interior de radio < 300 m esta cota será de 3,20 con la finalidad de centrar al máximo los equipos.

Las ménsulas a emplear serán las de tipo RENFE, giratorias con tirantes igualmente giratorios designadas como 81 rt Y 82rt, soportadas por piezas AI-17 ó AI-18 en seccionamientos y agujas.

La catenaria se descentrará en todos sus puntos, alternativamente en recta y curva de radio > 2.500 metros con un valor máximo de 20 cm frente al poste, con ello en el centro del vano el descentramiento será aproximadamente nulo. Para curvas de radio comprendido entre 2.500 y 1.500 metros el descentramiento frente al poste será siempre de 20 cm y en este caso el centro del vano podrá no sobrepasar el punto cero del pantógrafo. En curvas de radios menores que 1.500 metros, el descentramiento se repartirá entre los 25 cm frente al poste y los 15 cm en el centro del vano en el sentido contrario.

Los vanos máximos a emplear en recta serán los determinados por el tipo de catenaria empleado: 60 m para catenaria de 1400 mm, 50 m para catenaria de 1.253 mm, ó bien, 45 m para catenaria de 853 mm. Ello condiciona únicamente la posición de la suspensión del cable sustentador. En curva, el vano corresponderá a una cuerda sobre la vía que tenga una flecha igual o menor a 40 cm

Teniendo en cuenta la diferencia en la flexibilidad y la función de la longitud, en los diferentes valores de los vanos, esta diferencia de longitud no superará los 10 metros entre dos vanos adyacentes.

<sup>14</sup> Tabla de relación entre el tipo de poste, el tipo de macizo y el volumen en m<sup>3</sup>



La compensación automática del sustentador e hilos de contacto será conjunta mediante balancín y poleas de relación 1:5 , Cu 32 Rt, pudiendo emplearse en caso necesario, condicionado por el gálibo, poleas de relación 1 :3.

La longitud máxima de compensación será de 1.200 m, instalándose tanto al sustentador como a los hilos de contacto un punto fijo que no tiene necesariamente que estar en el centro del cantón de compensación, no superando el tramo mayor los 600 m, aún siendo preferible su posición central.

Para aquellas longitudes de compensación menores de 600 m, se instalará el equipo de regulación en un solo extremo, que en el caso de vía doble estará en coincidencia con el sentido normal de circulación de los trenes.

La tensión mecánica nominal para el sustentador será de 1.200,0 Kg. y de 900,0 Kg. cada hilo de contacto. El resultado conjunto de ambas tensiones mecánicas supone un valor real de 3.000 Kg. lo que implica, en el caso de la razón de regulación fijada de 1:5, el empleo de 20 rodela de contrapeso Rt 19.

Los equipos de regulación de tensión y seccionamiento de anclaje, dispondrán de eje de seccionamiento, es decir, estarán constituidos por 4 vanos con 5 apoyos para longitudes de vano iguales o mayores de 35 m. Cuando se trate de vanos de 35 m o menores se dispondrán de dos ejes de seccionamiento.

Se interconectarán tanto los sustentadores como los hilos de contacto en ambos extremos del equipo, respetando siempre la igualdad de secciones conductoras.

Este mismo criterio es válido para los seccionamientos eléctricos o de aire situados a la entrada o salida de las estaciones o puntos de seccionamiento en los trayectos que se determinen.

El feeder de acompañamiento se instalará sobre conjuntos Ct-12 ó Ct-14 por la cara exterior a la vía del poste. Las conexiones entre este y el sustentador se efectuarán cada 4 vanos ó 180 m reduciéndose a 120 m en los tramos de rampas superiores al 10 por mil.

El pendolaje será del tipo equipotencial, por lo que no serán precisas alimentaciones Co-1 entre sustentador e hilos de contacto. Su reparto será distribuido a lo largo del vano, con una distancia entre péndolas del mismo hilo de 5 m para los vanos múltiplos de 5 y la distancia correspondiente para los que no los son. Las dos mitades del vano serán idénticas por simetría. De acuerdo con la ley de elevación de los hilos de contacto, no será necesario el pendolado de las colas de anclaje después de su nodo de elevación.

Los conjuntos de suspensión serán los adecuados a la traza y necesidad del tipo Ca-4-1 horizontal y Ca-2-1 en curva. Estos conjuntos pueden emplearse acoplados a una silleta del tipo R-4 en los apoyos de los seccionamientos para catenaria de 853. De utilizarse catenaria de 1.400 los conjuntos de suspensión serán del tipo Ca-6.

Los conjuntos de atirantado dispondrán de aisladores de herraje externo y serán del tipo Ca-7 para el atirantado fuera y, del tipo Ca-8 para el atirantado dentro. En curvas de radio  $< 600$  m los atirantados serán flotantes del tipo Ca-27 ó Ca-28 con brazos de atirantado curvos del tipo F-10 y alargadera regulable del tipo N-13.

Todos los apoyos del tramo estarán unidos eléctricamente mediante un cable de tierra de aluminio LA-110, este cable estará suspendido en cada perfil mediante la correspondiente grapa de amarre, cuando se trate de perfiles en alineación o con ángulos inferiores a  $5^\circ$ . Si el ángulo es superior, será preceptivo efectuar un amarre previo del cable y conectar el puente flojo resultante al poste

Este cable de tierra dispondrá de continuidad total a lo largo del tramo, sin que sea interrumpido por obstáculos de la infraestructura o cambio de alineación de los apoyos.

Se dispondrán bajadas exclusivas a tierra como máximo cada 3 km, independientemente para cada vía si se trata de un tramo de doble vía.

Como medida de protección contra sobretensiones de origen interno ó externo se emplearán explosores de antenas que se ubicarán en el perfil correspondiente al anclaje del punto fijo, si existe, o bien como máximo cada 1.200 m si se trata de un tramo no compensado.

Estos descargadores (pararrayos) se conectarán al feeder de acompañamiento, si existe, instalado en el mismo perfil. De no ser así, se conectarán al sustentador e hilos de contacto de la forma más directa posible. La antena de tierra se conectará a un pozo de tierra mediante cable de cobre entubado en envoltorio no metálica y conectado, además, al cable de tierra mediante una conexión en cruz. Pueden disponerse de descargadores con antena neutra y aisladores de compuesto. En el primer caso, la distancia disruptiva será de 7 mm entre antenas y en el segundo, de 4 mm entre la neutra y cada una de las activas.

En los pasos superiores o entradas y salidas de túneles, que sean accesibles para las personas, se dispondrán de viseras de protección sobre todos y cada uno de los conductores de la catenaria. Estas viseras serán del tipo V-14 adaptadas para

voladizo o no de acero galvanizado. Opcionalmente podrán ser de material aislante sintético. En el caso de las primeras estarán conectadas al cable de tierra.

Los puentes, las marquesinas, los pasos superiores metálicos y demás construcciones metálicas próximas a la línea aérea de contacto, que eventualmente puedan ponerse a la tensión de esta, deben protegerse conectándose al carril como método de protección más seguro. Esta conexión no será directa sino mediante un descargador de intervalo.

Todos y cada uno de los perfiles dispondrá de una señal indicadora de riesgo eléctrico.

## ***5.2 Catenaria en túnel.***

La catenaria a emplear en túnel no diferirá en su composición de la indicada para la vía general a cielo abierto. Del mismo modo, si existen vías secundarias deberán cumplir lo especificado para las vía secundarias de estación.

La altura sobre el plano de rodamiento medio será de 4,60 m

Con la condición anterior, el tipo de catenaria a emplear estará en función de la altura y gálibo del túnel.

En túneles cuya altura lo permita, la catenaria será de 853 mm, por lo que el vano máximo en recta será de 45 m En curva, se atenderá al mismo criterio de replanteo que en vía general a cielo abierto.

Con la misma imposición de altura, podrá utilizarse catenaria de 452 mm y vano máximo de 30 m en recta. Del mismo modo, se empleará catenaria de 263 mm y vano máximo de 20 m en recta. Excepcionalmente, podrá utilizarse catenaria de 219 mm, o bien trolley en paralelo, la mínima longitud posible.

En la catenaria en túnel no será necesario instalar compensación de la tensión mecánica. No obstante, si se trata de túneles de poca longitud, se procurará que actúen a modo de punto fijo mediante todas sus suspensiones. De no ser posible esta función de punto fijo, por condicionantes de replanteo, sus conjuntos de suspensión dispondrán de polea para el sustentador. No obstante, las tensiones mecánicas de los conductores a 20 °C serán las previstas para la vía general a cielo abierto.

Los conjuntos de suspensión serán del tipo Ct-4 con la finalidad de disponer sobre el conjunto Ca-5, correspondiente al sustentador y el feeder de acompañamiento.

Los conjuntos de atirantado se fijarán directamente a la bóveda o a la silleta central.

No será necesario atirantar todos los puntos en recta, pueden alternarse cada 135 m. Las suspensiones intermedias se descentrarán proporcionalmente a las distancias a los atirantados. Por el contrario, se atirantarán todos los puntos en curva.

En todos los casos se emplearán anclajes químicos de M 20.

Se dispondrán viseras de protección en la entrada y salida del túnel, si son accesibles por el exterior.

Todos los herrajes, tanto de suspensión como de atirantado, estarán unidos al cable de tierra que discurre a lo largo de la pared del túnel, asegurando la continuidad del procedente del trayecto. La conexión podrá hacerse mediante cable de 35 mm<sup>2</sup> de cobre, como mínimo, y conexión bimetálica.

Deberá procurarse en el replanteo de las instalaciones no ubicar seccionamientos eléctricos en los túneles, con el fin de no tener que efectuar obra civil para la ubicación de seccionadores y accionamientos, además de no generar riesgos sobre el personal de catenaria que los tuviese que manejar.

La numeración de los perfiles en túnel se efectuará de forma correlativa, iniciándose en la primera suspensión en el sentido de la kilometración, si se trata de vía única, en el caso de doble vía las numeraciones par o impar se corresponderán con la vía siempre anteponiendo la letra T.

### ***5.3 Catenaria en estación.***

La catenaria a emplear en la electrificación de las vías de estación no diferirá de la indicada para la vía general y cielo abierto. Tendrá, por tanto, idéntica composición por lo que se refiere a la vía ó vías generales.

Las vías secundarias dispondrán de un sustentador de cobre de 153 mm<sup>2</sup> y un hilo de contacto de 107 mm<sup>2</sup>, siempre y cuando no confluyan con la general, en cuyo

caso serán de la misma composición que aquellas con la finalidad de homogeneizar efectos y reacciones en las agujas aéreas.

La altura de la catenaria será de 853 mm.

La altura sobre el plano de rodamiento medio será de 5,00 m, siendo de aplicación los criterios apuntados para la vía general de trayecto en lo referente a transiciones.

Se emplearán postes de acero galvanizado del tipo Z ó H, empleándose preferentemente estos últimos en la zona de andenes.

Para la sustentación de las catenarias se emplearan, preferentemente, pórticos rígidos del tipo A ó B, en función del número de catenarias a suspender o de la luz del mismo, con tirantes de redondo de acero

En el caso de tratarse de vías secundarias agrupadas y utilizadas como vías de apartado, podrán emplearse pórticos funiculares con cables de acero galvanizado de 72 mm<sup>2</sup> de sección.

Al no estar sustentadas las catenarias mediante equipos de vía general, el gálibo de implantación de los postes de los pórticos bien sean funiculares o rígidos será el determinado por la anchura de los andenes, fachadas del edificio de viajeros u otros elementos. Si no existen estos, la distancia entre el centro del poste y el centro de la vía adyacente será de 3,00 m.

Las catenarias de la/las vías generales y de las secundarias que confluyan sobre estas, se compensaran del mismo modo que las vías de trayecto, dispondrán de compensación mediante balancín con una tensión mecánica de 1389,0 Kg para el sustentador y 1.000 Kg, para cada hilo de contacto.

Las vías secundarias restantes, que se hayan de compensar lo serán igualmente mediante balancín específico, adecuadamente dispuesto, sin que sea admisible la utilización del mismo que en las vías generales colocado en posición invertida.

Para la suspensión de las catenarias en los pórticos rígidos se emplearán conjuntos Ca-2-1 ó Ca-4-1, además de los Ce-5-Rt suspendidos mediante orejetas de atirantado 0-4.

Las suspensiones en los pórticos funiculares serán del tipo Ce-5 y pinza de suspensión P-2.

Los atirantados en pórticos rígidos serán del tipo Ca -7 MDG ó Ca-27 MDG con soportes E-17. Si el radio de curva es inferior a 400 m, el mencionado soporte será de una serie normalizada mayor.

Los atirantados en pórticos funiculares serán del tipo Ce-1 ó Ce-2. Del mismo modo que para vía general, en curvas de radio < 600 m los atirantados serán flotantes del tipo Ce-2c con brazos F-11.

El feeder de acompañamiento discurrirá próximo a la catenaria, bien en soporte independiente o en el mismo conjunto de suspensión Ca-2-1 ó Ca-4-1 que estará dotado de un conjunto de aislamiento de diablos Ca5, de forma que quede fijado a una de las dos gargantas, siendo la otra utilizada para la colocación del conjunto de suspensión Ce-5-Rt.

Las conexiones entre el feeder y la catenaria cumplirán lo descrito para la vía general

El feeder de acompañamiento deberá tenderse necesariamente aislado cuando discurra a una distancia menor de 4 m de fachadas y lugares de concurrencia o acceso, aunque esto último sea con carácter esporádico.

Todos los apoyos de la estación estarán unidos eléctricamente mediante un cable de tierra de aluminio LA-110. Se efectuarán las pertinentes y necesarias bajadas del cable de tierra, así como los cruces de vía subterráneos para la interconexión total. Excepcionalmente, el cable de tierra podrá cruzar sobre la catenaria, a una altura mínima sobre ésta de 1.20 m, si la obra civil necesaria para su soterramiento representa un inconveniente grave o costoso.

El tramo de estación dispondrá de al menos dos tomas de tierra, estas se situarán, preferentemente, en las proximidades de las zonas de agujas y apartadas de los lugares de tránsito o espera de los viajeros.

Se aplicará un criterio idéntico a las protecciones contra contactos accidentales, tanto de las personas como con las infraestructuras, instalando las pertinentes viseras de protección y descargadores de intervalo.

## **6. Alimentación a la catenaria.**

La alimentación a la catenaria desde las subestaciones de tracción se efectuara mediante un feeder de cobre de  $600 \text{ mm}^2$  de sección para cada vía y sentido, formado por dos cables de cobre desnudos de  $225 \text{ mm}^2$  y un cable de cobre desnudo de  $153 \text{ mm}^2$ , o bien, dos cables de cobre desnudos de  $300 \text{ mm}^2$ .

Estos cables formando un haz conjunto, unido mediante alambre de cobre recocido de  $2.5 \text{ mm}^2$  con un mínimo de tres vueltas y separadas entre sí como máximo dos metros, discurrirán por los postes desde el pórtico de la subestación hasta el primer semieje del seccionamiento, situado a la entrada o salida de la estación.

A partir de este punto, continuará un solo cable de  $225 \text{ mm}^2$ , que constituirá el feeder de acompañamiento del trayecto, de la forma descrita en el apartado de catenaria de vía general y cielo abierto.

Estarán apoyados en conjuntos Ct-12 ó Ct-14. En el caso de un solo feeder, se colocará en cabeza de poste o mensulilla; en el caso de dos, se colocarán uno encima y otro debajo de la mensulilla. En el caso de tres feeders, se instalará uno en cabeza y los otros dos en mensulilla.

Se colocarán a la mayor altura posible, siempre por encima de otros cables que pudiesen existir sustentados en los mismos apoyos.

Si en un perfil están suspendidos mas de un feeder, los conductores de ambos serán aislados con aislamiento de clase 3/6 kv y, en todo caso, su separación para la condición ambiental más desfavorable no será menor de 25 cm.

En cualquier caso, los cambios de alineación o cruces sobre catenarias se efectuarán con cable igualmente aislado.

Se realizarán anclajes en los puntos finales de alimentación a la catenaria con sus correspondientes colas de anclaje, conjuntos de tirante y macizos de anclaje.

Cuando su longitud supere los 1.200 m se realizará un amarre de seguridad en su parte media del trazado.

La distancia entre dos empalmes nunca será inferior a 800 m. No se admitirán empalmes a causa de la rotura del cable enrollado en la bobina, por un inadecuado montaje o por utilización de restos de bobina.

Los empalmes, en el caso de realizarse, se efectuarán en el centro del vano o lo más próximo a él.

El tendido se realizará con arrastre mecánico de los cables, mediante la ayuda de cualquier dispositivo adecuado siempre y cuando las condiciones de la obra o el terreno lo permitan. En caso contrario se podrá realizar a mano.

En circunstancias especiales y particulares, en que deban ser empleados cables aislados en la mayor parte de su trazado, las secciones serán de un valor normalizado superior.

Las características geométricas y mecánicas de los cables señalados son las siguientes:

CARACTERÍSTICAS	DENOMINACIÓN		
	Cu 153	Cu 225	Cu 300
Diámetro (mm)	16,1	19,46	22,47
Sección (mm <sup>2</sup> )	153,73	225	300
Peso lineal (kg/m)	1,405	2,07	2,7
Módulo elástico (kg/mm <sup>2</sup> )	10,300	10,300	10,300
Coefficiente de dilatación (°C-1 )	17x10-6	17x10-6	17x10-6
Carga de rotura (kg)	6060	8910	11850
Resistencia (Ohm/Km)	0,117	0,08	0,061

<sup>15</sup>

<sup>15</sup> Tabla de características geométricas y mecánicas de los cables.



## 7. Seccionamientos eléctricos. Seccionamientos de aire.

En ambos lados de las estaciones o en aquellos puntos que se designen, se instalarán seccionamientos eléctricos puenteados por un seccionador de apertura en carga con accionamiento eléctrico ó electro hidráulico, su maniobra estará centralizada en el Telemando de Subestaciones.

En consecuencia deberán disponer de una remota de comunicación con el Centro de Telemando con capacidad de señales adecuada, pudiendo ser compartida con otras instalaciones de energía.

Su constitución física atenderá a lo dispuesto en el apartado de seccionamientos de cantón del capítulo de catenaria de vía general, por lo que se refiere al número de vanos.

Estos seccionamientos eléctricos dispondrán de los aislamientos precisos para su cometido, estando instalado el seccionador en uno de sus semiejes para facilitar la conexión entre el seccionador y cada una de las catenarias.

El seccionador dispondrá de un soporte aislado auxiliar para soportar el peso y demás esfuerzos de los conductores, mediante una pletina de cobre de sección mínima de  $600 \text{ mm}^2$ , dispondrá de una conexión flexible a la mordaza móvil de idéntica sección.

A ambas cuchillas del seccionador llegarán los cables que han de constituir los puentes de alimentación, que estarán constituidos por: un cable de  $225 \text{ mm}^2$ , correspondiente al feeder de acompañamiento; un cable de  $153 \text{ mm}^2$ , correspondiente al sustentador y dos cables de  $100 \text{ mm}^2$ , correspondientes a los hilos de contacto.

Al estar puenteados por el seccionador, no será preceptivo señalizarlos para la tracción eléctrica. Por esta causa, podrán estar ubicados en cualquier punto del trayecto, aunque idealmente deberían estar ubicados detrás de una señal de bloqueo.

Por lo que se refiere a los seccionamientos de aire, deberá tenerse muy en cuenta la posible detención de un tren en su zona de influencia por lo que deberán estar situados antes de cualquier señal de bloqueo y señalizados según el Reglamento de circulación Capítulo 2 art.84, fig.84.a

Teniendo en cuenta la longitud de los trenes actuales, entre el anclaje del seccionamiento de aire y la señal situada a continuación, deberá existir un espacio de 120m como mínimo.

La única consideración constructiva a tener en cuenta es que la catenaria de la vía general que ancla deberá ir por el interior, para facilitar la conexión de los conductores constituyentes del feeder que llegan a él.

## **8. Macizos para vía general.**

Comúnmente, en el argot ferroviario, se denomina excavación en desmonte la realizada en una trinchera o terreno llano de la plataforma de la vía, de tal manera que su morfología es la de un pozo paralelepípedo. Dentro de esta denominación, incluimos la excavación de los macizos de anclaje.

Se designan con la letra D y un subíndice que nos hace referencia a sus dimensiones empezando por el nº1.

Los macizos de anclaje se denominan An, seguidos de un subíndice que indica igualmente sus dimensiones.

La excavación en terraplén es la realizada en la zona del terraplén de la plataforma de la vía de tal modo que su morfología es una oquedad abierta, con sección trapezoidal tomada perpendicularmente a la vía.

Del mismo modo, se designan los macizos en terraplén por la letra T seguida de un subíndice.

Las magnitudes que expresan las distintas dimensiones de los macizos y sus excavaciones son las siguientes:

a = ancho de la excavación o del sólido, medida perpendicularmente a la vía a la altura del terreno.

b = largo de la excavación o del sólido, medida paralelamente a la vía.

c = distancia del plano medio de rodadura al fondo del cangilón, medida perpendicularmente entre ellos. En vía general, su valor ha de ser 1,50 m en el caso del montaje de un poste normal, o de 1,90 m en el caso de un poste alargado. En

estaciones es de 1,10 m para postes Z1 a Z5 y de 1,50 para postes Z5 bis y Z6 o bien sus equivalentes en postes H.

$d$  = ancho de la excavación, ancho del sólido en un macizo tipo  $t$ , es una dimensión oculta ya que está en la parte más profunda, medida en dirección perpendicular a la vía.

$h$  = profundidad de la excavación, profundidad del sólido

$h_t$  = distancia entre el plano medio de rodadura al terreno, medida perpendicularmente entre ellos.

$L$  = distancia entre el eje longitudinal de la vía y el eje del cangilón del poste paralela a aquel, medida en un plano horizontal.

Como norma general, las medidas de las excavaciones y sus dimensiones se corresponderán con las del macizo a construir. Los macizos sobresaldrán del terreno la magnitud fijada para cada tipo en función del valor de  $h_t$ .

Como excepciones a la norma general se deberá tener en cuenta lo siguiente:

- En vía general:

- Macizos en desmonte (indicados como tipo  $d$ )

Si se cumple que el valor de  $h_t$  está comprendido entre 80 y 70 cm, entonces se aumentará la dimensión " $a$ " en 20 cm

Si se cumple que el valor de  $h_t$  es mayor a 80 cm, entonces se aumentará un punto el subíndice del macizo

- Macizos en terraplén (indicados como tipo  $t$ )

No se producen variaciones a la norma general, cualquiera que sea el valor de  $h_t$ , estos macizos trabajan por gravedad.

- En estaciones:

- Macizos en desmonte:

Si se cumple que el valor de  $h_t$  es mayor a 40 cm, se aumentará la dimensión de " $a$ " en 20 cm

Si se cumple que el valor de  $h_t$  es superior a 50 cm se aumentará en un punto el macizo y se instalará un poste alargado

- Macizos en terraplén:

No se producen variaciones a la norma general, cualquiera que sea el valor de  $h_t$

Se empleará hormigón en masa de consistencia plástica con una resistencia característica que no sea menor de  $125 \text{ Kg./cm}^2$  y compactado, a ser posible por vibración de modo que no queden coqueras. La composición elegida del hormigón será capaz de proporcionar las características mecánicas y de durabilidad necesarias, de modo que tendrá una dosificación mínima de 150 Kg de cemento por metro cúbico de hormigón.

El aspecto visual del hormigón no presentará disgregaciones o huecos en su masa. Los paramentos deberán quedar lisos, con formas perfectas y buen aspecto, limpios y bien nivelados. El acabado de la superficie superior será en forma de tronco de pirámide y un dado de hormigón alrededor del poste al objeto de no acumular agua ni que ésta sea perjudicial para el hierro.

Los macizos de fundición podrán ser hormigonados con cangilón ó, directamente, con el poste izado, cuando se realice de esta última forma deberá asegurarse la correcta posición del poste una vez fraguado el hormigón.

No se hormigonará en tiempo lluvioso ni cuando la presencia de agua pueda perjudicar la resistencia o demás características del hormigón.

El hormigonado ha de efectuarse a una temperatura comprendida entre los  $5^\circ$  y  $40^\circ \text{ C}$ .

Está totalmente prohibido hormigonar con temperaturas bajo cero cualquiera que sean las circunstancias.

Cada macizo será hormigonado de la misma amasada, o bien, de la misma cuba y en el mismo día. De no poder ser así, se dejarán varillas de redondo de acero clavadas en el hormigón, al día siguiente se picará la superficie y se regará con una lechada rica en cemento antes de verter el hormigón para su terminación.

No será admisible que por el interior del macizo discurran conducciones de cables, por lo que deberán ser apartados previamente. Si no puede cumplirse esta exigencia, ni aún en el caso de retranquear el poste, se protegerán los cables con tubo de PVC apartándolos de las proximidades del hierro del poste.

## 9. Bibliografía de consulta

Carmona, Manuel y Montesinos, Jesús. Tecnología de Catenaria. Tecnorail, 2002.

Curso Construcción y Mantenimiento de Infraestructuras Ferroviarias. UPC-Structuralia.

Normativa Ferrocarrils de la Generalitat de Catalunya.

<http://www.icc.cat>