



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

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

## **Volumen I**

Memoria – Presupuesto- Cálculos-Análisis de resultados

TRABAJO DE FINAL DE GRADO



TFG presentado para optar al título de GRADO en  
INGIENERÍA ELÉCTRICA  
por **Marcos Ceciliano Aguilera**

Barcelona, 9 de Junio de 2015

Tutor proyecto: Juan Morón Romera  
Departamento de Ingeniería Eléctrica (DEE)  
Universitat Politècnica de Catalunya (UPC)



## **Volumen I**

- 1. Resumen**
- 2. Agradecimientos**
- 3. Memoria**
- 4. Cálculos teóricos**
- 5. Análisis de resultados**
- 6. Bibliografía**
- 7. Presupuesto**

## **Volumen II**

- 8. Anexos**
  - 8.1. Planos**
  - 8.2. Impresión reglaje del Relé 34 EM5**
  - 8.3. Fotos cabinas de MT**
  - 8.4. Tabla resumen ajustes actuales**
  - 8.5. Resultados de cálculos**
  - 8.6. Documentación digital aportada**
    - **Manual usuario Sepam serie 40**
    - **Archivos reglajes relés Sepam**
    - **Tablas de Cálculo del ajuste de los relés**

## Índice Volumen I

Índice de Tablas.....	3
Índice de Figuras .....	4
1. Resumen.....	5
1.1. Resumen .....	5
1.2. Resum .....	5
1.3. Abstract .....	5
2. Agradecimientos.....	6
3. Memoria.....	7
3.1. Características instalación.....	7
3.1.1. Titular .....	7
3.1.2. Emplazamiento.....	7
3.1.3. Localidad .....	7
3.1.4. Actividad a la que se destina .....	7
3.1.5 Características del suministro eléctrico .....	7
3.2. Antecedentes .....	7
3.3. Objeto del estudio .....	10
3.4. Reglamentación y disposiciones oficiales.....	10
3.5. Obtención de datos .....	11
3.6. Necesidades de la instalación .....	15
3.7. Protecciones instaladas .....	16
3.8. Ajuste de las protecciones .....	17
3.9. Ajustes actuales. ....	27
3.10. Maniobras de diferentes alimentaciones.....	29
3.11. Esquema eléctrico diferentes alimentaciones .....	30
4. Cálculos teóricos .....	32
4.1. Método de cálculo.....	32
4.1.1. Cálculo de la curva de tiempo dependiente .....	32
4.1.2. Cálculo del tiempo independiente.....	37
4.1.3. Comprobación de cálculos.....	38
4.2. Resultados (alimentación tipo A) .....	39
4.3. Resultados (alimentación tipo B) .....	40



4.4. Resultados (alimentación tipo C) .....	41
5. Análisis de los resultados.....	42
5.1. Resumen de resultados .....	42
5.2. Tiempos de disparo por EM .....	48
5.3. Soluciones planteadas .....	52
5.5. Conclusiones .....	53
5.6. Autor del proyecto .....	53
6. Bibliografía .....	54
6.1. Referencias bibliográficas y electrónicas .....	54
6.2. Bibliografía de consulta .....	54
7. Presupuesto.....	55

## Índice de Tablas

Tabla 1 Necesidades de la instalación .....	15
Tabla 2 Protecciones instaladas.....	16
Tabla 3 Gama de tipos de la serie SEPAM serie 40 .....	22
Tabla 4 Tabla de valores de T para el cálculo de Ks según curvas .....	26
Tabla 5 Ajustes de parametro ANSI 50/51 acuales.....	28
Tabla 6 Resumen ajustes calculados alimentación A.....	39
Tabla 7 Resumen ajustes calculados alimentación B.....	40
Tabla 8 Resumen ajustes calculados alimentación C.....	41
Tabla 9 Resumen configuración 1er elemento.....	42
Tabla 10 Resumen configuración 2º elemento .....	43
Tabla 11 Tiempos de disparo Alimentación A por tiempo dependiente.....	49
Tabla 12 Tiempos de disparo Alimentación B por tiempo dependiente.....	50
Tabla 13 Tiempos de disparo Alimentación C por tiempo dependiente.....	50
Tabla 14 Tiempos de disparo Alimentación A por tiempo independiente ....	51
Tabla 15 Tiempos de disparo Alimentación B por tiempo independiente ....	51
Tabla 16 Tiempos de disparo Alimentación C por tiempo independiente ....	52
Tabla 17 Presupuesto .....	55
Tabla 18 Comparativa de precios .....	55

## Índice de Figuras

Fig. 1 Foto de las obras año 1955 .....	8
Fig. 2 Foto de las obras año 1962 .....	8
Fig. 3 Foto de las obras año 1992 .....	8
Fig. 4 Foto de las instalaciones de tratamiento de fangos.....	9
Fig. 5 Foto de las instalaciones de osmosis inversa .....	9
Fig. 6 Foto de la central de impulsión cota 70.....	9
Fig. 7 Foto de la revisión del interruptor I.213.....	12
Fig. 8 Imagen del simulador de sobrecorrientes.....	12
Fig. 9 Formato de mantenimiento de tráfo en la ETAP .....	13
Fig. 10 Imagen termográfica tráfo MT en la ETAP.....	14
Fig. 11 Imagen termográfica tráfo MT en la ETAP.....	14
Fig. 12 Imagen termografica barras alimentación tráfo .....	14
Fig. 13 Esquema unifilar general ETAP.....	17
Fig. 14 Principio de protección de tiempo independiente .....	19
Fig. 15 Principio de protección de tiempo dependiente.....	19
Fig. 16 Comparativa de las curvas de tiempo dependiente .....	20
Fig. 17 Comparativa de las curvas de tiempo inverso .....	20
Fig. 18 Curva de T. inverso con $K_s=0,1$ y T. indep. con $I/I_a=5$ y $0,05s$ .....	21
Fig. 19 Pantalla del software SFT2841 .....	24
Fig. 20 Pantalla del software SFT2841 .....	25
Fig. 21 Esquema eléctrico simplificado de la alimentación A .....	30
Fig. 22 Esquema eléctrico simplificado de la alimentación B .....	30
Fig. 23 Esquema eléctrico simplificado de la alimentación C .....	31
Fig. 24 Principio de protección de tiempo dependiente.....	32
Fig. 25 selectividad aguas arriba de EM1 .....	44
Fig. 26 Icc en EM1 ajsutes actuales.....	45
Fig. 27 Icc en EM1 ajustes calculados.....	46
Fig. 28 selectividad aguas arriba de EM4 .....	46
Fig. 29 Icc en EM4 ajustes actuales.....	47
Fig. 30 Icc en EM4 ajustes calculados.....	48

## 1. Resumen

### 1.1. Resumen

En el presente proyecto se ha realizado el estudio de las protecciones de Alta Tensión (a partir de ahora A.T.) del anillo de A.T. de las instalaciones de producción de Aigües de Barcelona (a partir de ahora ETAP).

Con esta finalidad, se ha analizado la situación actual y los posibles problemas que surgen de esas protecciones. Además de proponer una serie de cambios en los ajustes de los mismos para prevenir los posibles incidentes o accidentes que ocurriesen.

En nuestro estudio nos centramos en el ajuste de la máxima intensidad de fase ANSI 50/51 siguiendo en todo momento las reglamentaciones y normativas vigentes.

### 1.2. Resum

En el present projecte s'ha realitzat l'estudi de les proteccions d'A.T. del anell d'A.T. de les instal·lacions de producció d'Aigües de Barcelona.

Amb aquesta finalitat, s'ha analitzat la situació actual i els possibles problemes que sorgeixin d'aquests. A més de proposar una sèrie de canvis en els ajustos dels mateixos per tal de prevenir els possibles incidents o accidents que sorgeixin.

En el nostre estudi ens hem centrat en el ajust de la màxima intensitat de fase ANSI 50/51 seguint en tot moment les reglamentacions i normatives vigents.

### 1.3. Abstract

In the present project it has been studying high voltage protection (from now AT) AT ring production facilities of Aigües de Barcelona (from now ETAP).

To this end, we analyzed the current situation and possible problems arising from such protections. In addition to proposing a number of changes to the settings of the same to prevent possible incidents or accidents that do occur.

In our study we focused on setting the maximum intensity of ANSI 50/51 phase always following the rules and regulations.

## 2. Agradecimientos

Me gustaría agradecer a la dirección de producción de Aigües de Barcelona, en concreto a Jose Mesa, la posibilidad de realizar el Trabajo de Final de Grado en colaboración con la empresa. Esto me ha permitido disponer de la información real para la elaboración del proyecto, además de poder asistir a varias sesiones de mantenimiento de las estaciones de transformación de A.T de la ETAP. En este mismo ámbito agradecer la colaboración de mi responsable Francesc Forner y el responsable del departamento de mantenimiento eléctrico Pablo Gomez su colaboración ante todas las dudas y problemas que han surgido en la elaboración de este proyecto.

Este hecho de realizar el proyecto en el ámbito de la empresa me abre la perspectiva de poder ver implantado los resultados y análisis de una forma real en los equipos instalados en la ETAP, además de si es oportuno realizar este mismo estudio en otras instalaciones de la compañía.

Por otro lado agradecer al tutor del proyecto en la universidad, el profesor Juan Moron, el tiempo invertido y la total disponibilidad ofrecida ante cualquier consulta planteada.



## 3. Memoria

### 3.1. Características instalación.

#### 3.1.1. Titular

Aguas de Barcelona EMGCIA S.A.

#### 3.1.2. Emplazamiento

Ctra. Cornellá a Sant Boi, C-245 s/n

#### 3.1.3. Localidad

Sant Joan Despí 08970

(Barcelona)

#### 3.1.4. Actividad a la que se destina

Potabilización de Agua superficial y subterránea.

#### 3.1.5 Características del suministro eléctrico

Actualmente la central potabilizadora dispone de 5 posibles alimentaciones en MT:

- Suministro principal (Endesa Hospitalet)
- Suministro suplementario (Endesa Cornellá 6)
- Interconexión con pozo 13 (instalación de ABEMGCIA S.A.)
- Interconexión con Estación de Maniobra (a partir de ahora EM) Cornellá (instalación de ABEMGCIA S.A.)
- Interconexión con pozo 10 (instalación de ABEMGCIA S.A.)

### 3.2. Antecedentes

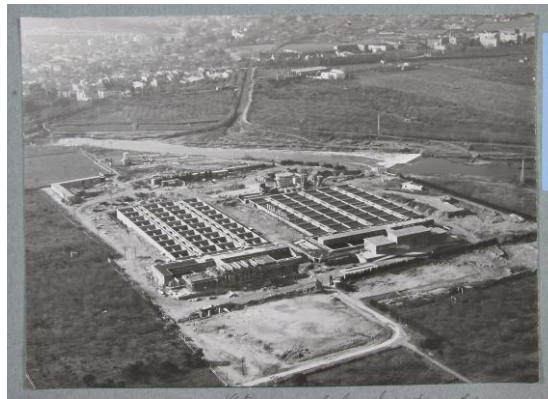
La central potabilizadora en la que se centra este estudio es la potabilizadora principal de la compañía, esto hace que sea una central en continua evolución.

- En el año 1955 Las aguas subterráneas no son suficientes para atender la demanda de una población que crece por la inmigración. Para aprovechar el agua del Llobregat se inaugura la primera gran estación de tratamiento de agua potable de Cataluña en Sant Joan Despí (ETAP SJD) con una línea de tratamiento.



*Fig. 1 Foto de las obras año 1955*

- En el año 1962 Se construye la segunda línea de tratamiento de la ETAP SJD.



*Fig. 2 Foto de las obras año 1962*

- En el año 1992 debido a la celebración de las Olimpiadas y su aumento de consumo se amplía el proceso de tratamiento con la etapa del afinado (ozono y carbón activo granular). Este hecho hace mejorar mucho el olor y gusto del agua.



*Fig. 3 Foto de las obras año 1992*

- En el año 2001 debido al cambio de normativa de los vertidos al río se decide la construcción de la planta de tratamiento de fangos con la finalidad de tratar los fangos generados durante el proceso de potabilización.



*Fig. 4 Foto de las instalaciones de tratamiento de fangos*

- En el año 2009 se amplía el proceso para tratar las sales disueltas en el agua con membranas (ultrafiltración y ósmosis inversa). Este hecho hace que se duplique prácticamente el consumo de energía eléctrica.



*Fig. 5 Foto de las instalaciones de osmosis inversa*

- Por ultimo en el año 2014 se construye la central de impulsión.



*Fig. 6 Foto de la central de impulsión cota 70*

Estos hechos provocan que en cada proceso de ampliación de la central se instauren nuevos centros de transformación de MT para abastecer las nuevas instalaciones. De ese modo se generan la Estación de maniobra 1 (a partir de ahora EM1), EM2, EM3, EM4, EM5, EM6, QD1 y CAMP en años diferentes.

Es conocido el hecho que cada estación de maniobra por separado se ha instalado correctamente y tiene las legalizaciones pertinentes aprobadas. Pero desde su creación no se ha hecho un estudio a nivel macro de las protecciones de MT de la central.

### 3.3. Objeto del estudio

El objeto del presente proyecto es el estudio de las protecciones de MT (técnicamente es media tensión pero se le llama AT o MT indistintamente) de la central potabilizadora, así como del estudio de las diferentes alimentaciones de MT y sus diferencias en relación de cargas.

En nuestro estudio nos centramos en el ajuste de la máxima intensidad de fase ANSI 50/51 siguiendo en todo momento las reglamentaciones y normativas vigentes.

### 3.4. Reglamentación y disposiciones oficiales

- Instrucción Técnica Complementaria MIE-RAT 09: "PROTECCIONES".
- Ley 54/1997, de 27 de noviembre, del Sector Eléctrico y sus normas complementarias.
- Reglamento sobre Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación, aprobada por el Real Decreto 3275/1982, de 12 de noviembre, y Instrucciones Técnicas Complementarias del Reglamento con las correspondientes modificaciones hasta a la fecha.
- Reglamento sobre condiciones técnicas y seguridad en líneas eléctricas de alta tensión, aprobado por el Real Decreto 223/2008, de 15 de febrero, y instrucciones técnicas complementarias.
- Real Decreto 2018/1997, de 26 de diciembre, por el cual se aprueba el Reglamento de Puntos de Medida de los Consumos y Tránsitos de Energía Eléctrica, y Orden de 12 de abril de 1999 por la cual se dictan las instrucciones técnicas complementarias al Reglamento de los Puntos de Medida de los Consumos y Tránsitos de Energía Eléctrica.
- Real Decreto 1454/2005, de 2 de diciembre, por el que se modifican determinadas disposiciones relativas al sector eléctrico ( substituye al Real Decreto 1955/2000 )
- Orden de 14 de mayo de 1987 del Departamento de Industria y Energía de la Generalitat de Catalunya, que regula la intervención de las Entidades de Inspección y Control.
- Normativa de la empresa distribuidora de energía eléctrica de la zona, Fecsa Endesa.

- Vademécum de la construcción y normalización de materiales del grupo Endesa, de líneas aéreas y enterradas de MT y BT y Centros de Transformación.
- Normas UNE aplicables.

### 3.5. Obtención de datos

Para la obtención de los datos necesarios para el estudio se ha aprovechado la realización del mantenimiento preventivo y la revisión de la legalización de las estaciones de maniobra y transformación de la ETAP.

Durante estas sesiones el equipo de mantenimiento eléctrico de la empresa realiza unas revisiones de las cabinas de MT, relés de protección, barras, transformadores (a partir de ahora tráfos), tomas de tierra, etc.

En lo referente a este proyecto una vez los especialistas dejaban sin tensión los centros de maniobra y conectaban el portátil a los relés (tal y como se muestra en la fig. 7), para hacer la simulación de cortocircuitos mediante un generador de intensidad conectado al relé de protección, hemos obtenido el ajuste de estos relés de protección. En esta revisión además de comprobar los aislamientos, las conexiones a tierra, los disyuntores, etc. También se simula una sobreintensidad para comprobar el tiempo de disparo de los relés de protección, esta sobreintensidad como se ve en la Fig. 9 corresponde a la  $I$  de arranque (a partir de ahora  $I_a$ ) o umbral de intensidad en 4 valores diferentes (una vez la  $I_a$ , 1.5 veces la  $I_a$ , 3 veces la  $I_a$  y 5 veces la  $I_a$ ). Con estas simulaciones podemos comprobar si los tiempos de disparo del relé coinciden con los tiempos esperados con los ajustes del mismo. Esta simulación se realiza mediante un generador de corrientes OMICRON CMC356 y un software específico (como se muestra en la fig.8).





Fig. 7 Foto de la revisión del interruptor I.213

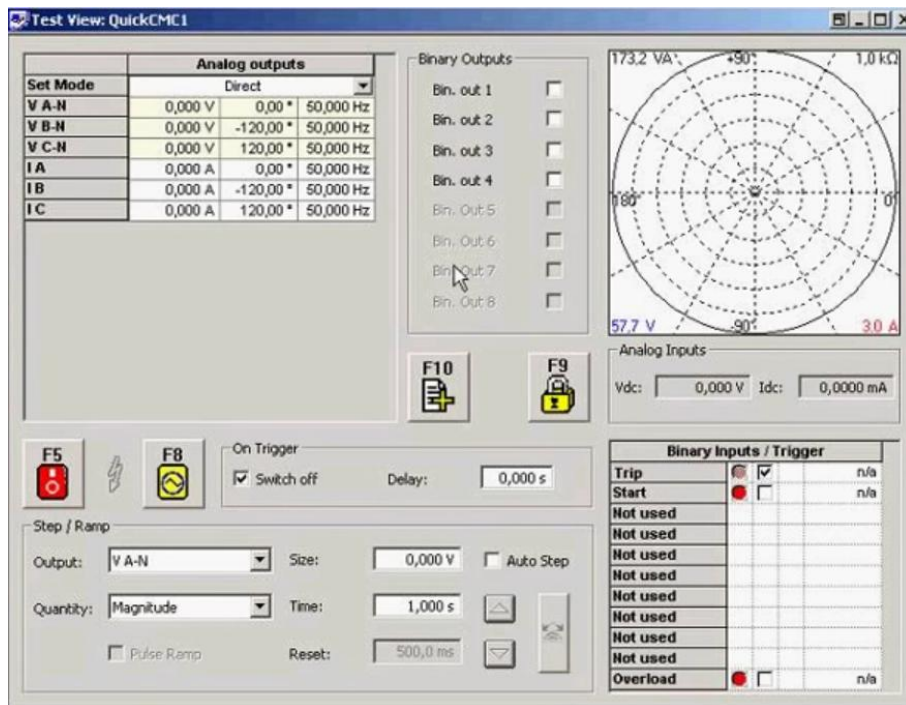


Fig. 8 Imagen del simulador de sobrecorrientes

En cada sesión de mantenimiento los operarios rellenan un formato como el de la fig.9 donde indican todos los valores obtenidos durante esa sesión de mantenimiento.

		Format Codi: FPT - XXX	<b>REVISIÓ TRAFO AT</b> instal·lació: POU 2 TRAFO 2			núm. rev: 0 Pàgina 1 d'1	
<b>TRANSFORMADOR</b>							
Núm. ET:	Núm. trafo Aigües:	184	Núm. Fabric:	1641	Any fabr:	REPARADO 15/12/2009	
Marca:	FECHA	Model:	SDO 400/30	Potència (kVA):	400		
Connexió:	Dy11-Dy5	Vcc %:	4,53	Pes aïll. (kg):	725	Pes total (kg): 2500	
Aïllant:	ACEITE	Ventilació:	RADIADOR	V AT (V):	25 KV	I AT (A):	
V BT (V):	461/231	I BT (A):	500	Interrup. BT (A):	In: 630 Amp	Reg: 0,9 I dif:	
Bucholtz:	SI	S. Alarma:	SI	Actuació:	SI	Temperatura: SI S. Alarma: SI Actuació: SI	
<b>ORDRE MANTENIMENT</b>							
<b>AÏLLAMENTS / data</b>		01/06/2011	10-01-12	23-01-13	20-02-14	15-01-15	
AT-BT (GΩ)		3,18 GΩ	6,150 G	5 G	3,26 GΩ	10,4 GΩ	
AT-TERRA (GΩ)		3,5 GΩ	9,1 G	5 G	3,92 GΩ	11,2 GΩ	
BT-TERRA (GΩ)		356 MΩ	1,380 G	1,5 G	0,602 GΩ	3,64 GΩ	
<b>TERRES /data</b>		01/06/2011			20-02-14	15-01-15	
NEUTRE (Ω) (pica)		0,31 Ω					
FERRATGES (Ω) (pica + Elements)		0,31 Ω		0,37	0,91 Ω	0,27 Ω	
FERRATGES (Ω) (pica)		0,31 Ω					
BAJA TENSION (Ω) (pica + Eleme)							
BAJA TENSION (Ω) (pica)							
<b>DISJUNTOR</b>							
Marca:	AEG	Model:	IMCKU 256/36-2	Serie:	416260	Un (KV): 25 In (A): 630	
<b>AÏLLAMENTS / data</b>		01/06/2011	11-01-12	23-01-13	20-02-14	15-01-15	
ESQUERRA (GΩ)		206	>520	>100G	> 505 GΩ	380 GΩ	
CENTRAL (GΩ)		>520	>520	>100G	224 GΩ	196 GΩ	
DRETA (GΩ)		>520	>520	>100G	214 GΩ	185 GΩ	
ESQUERRA TERRA (GΩ)		23,4	>520	>100G	194 GΩ	200 GΩ	
CENTRAL TERRA (GΩ)		390	>520	>100G	100 GΩ	39 GΩ	
DRETA TERRA (GΩ)		>520	>520	>100G	165 GΩ	72 GΩ	
<b>R. CONTACTES / data</b>				23-01-13	20-02-14	15-01-15	
ESQUERRA (μΩ)				709 μΩ	267 μΩ	217,5 μΩ	
CENTRAL (μΩ)				873 μΩ	907 μΩ	259 μΩ	
DRETA (μΩ)				690 μΩ	230 μΩ	199 μΩ	
<b>FUSIBLES</b>		I (A):	Un (KV):	<b>TRAFOS CORRENT</b>		Relació Transform: 15/5	
<b>RELÉ DE PROTECCIÓ</b>							
Marca:	SCHNEIDER	Model:	SEPAM T 40	Serie:	11058631		
<b>PROVA RELÉ / data</b>		11-01-12	23-01-13		15-01-15		
F A S E	I regulació (A) / corva	11,3 / IEC	3,76	3,76	3,76		
	I arranc (A)	11,3	3,76	3,76	3,76		
	1,5 x I (A)	16,95	5,64	5,64	5,64		
	Temps 1,5 x I		5,118 seg	5,245	5,25 seg		
	3 x I (A)	33,9	11,4	11,4	11,4		
	Temps 3 x I		1,883 seg	1,89 seg	1,89 seg		
	I Instantàni (A)	113	37	37	37		
	Temps instantàni		323 mseg	888,9 mseg	315,4 mseg		
	H O M O P O L A R	I regulació (A) / corva	2,3 / IEC	0,76	0,76	0,76	
		I arranc (A)	2,3	0,76	0,76	0,76	
1,5 x I (A)		3,45	1,14	1,14	1,14		
Temps 1,5 x I			3,864 seg	3,509 seg	3,51 seg		
3 x I (A)		6,9	2,28	2,28	2,28		
Temps 3 x I			1,269 seg	1,278 seg	1,27 seg		
I Instantàni (A)		23	7,66	7,6	7,6		
Temps instantàni			312 mseg	603,3 mseg	603,2 mseg		

Fig. 9 Formato de mantenimiento de tráfo en la ETAP



Los ajustes de los relés de protección obtenidos se encuentran en el apartado de documentación digital aportada punto 8.6.2 Archivos reglajes relés Sepam con el formato específico de SCHNEIDER, en el anexo (8.2. Impresión reglaje del Relé) se muestra un ejemplo de ese ajuste y presentada en modo de resumen en el apartado 3.7. Protecciones instaladas.

A modo de curiosidad se muestra en las Fig.10, Fig.11 y Fig.12 unas imágenes termográficas tomadas durante esas sesiones de mantenimiento.

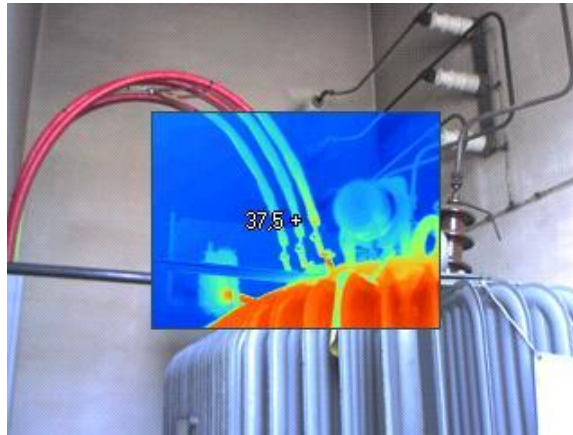


Fig. 10 Imagen termográfica tráfo MT en la ETAP



Fig. 11 Imagen termográfica tráfo MT en la ETAP

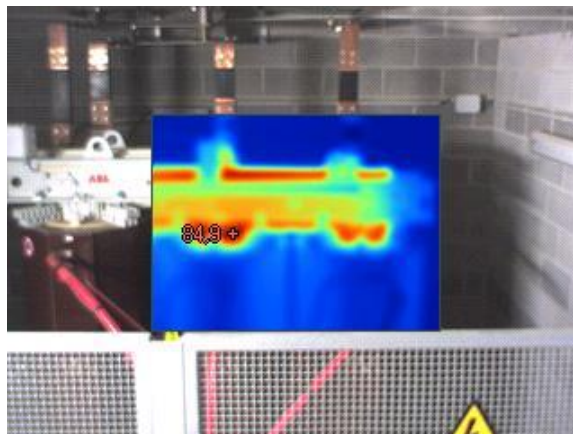


Fig. 12 Imagen termografica barras alimentación tráfo



### 3.6. Necesidades de la instalación

Las potencias nominales se detallan en la tabla siguiente:

Tráfo KVA	Instalación
1000 KVA	Grupo 1 Cota 50
1000 KVA	Grupo 2 Cota 50
1000 KVA	Grupo 3 Cota 50
1000 KVA	Grupos 4 y 5 Cota 70 y SSAA
1000 KVA	Grupos Cota 10
250 KVA	SSAA
1000 KVA	Horno CAG
800 KVA	Bombeo intermedio zona 1
1600 KVA	Filtros de CAG 1
1600 KVA	Filtros de CAG 2
800 KVA	Bombeo intermedio zona 2
400 KVA	Fangos, Cloro rio y SSAA
400 KVA	Pozo 1 y coagulantes zona 1
500 KVA	Pozo 1 y coagulantes zona 2
400 KVA	Pozo 2 y Precloración zona 1
400 KVA	Pozo 2 y Precloración zona 2
2000 KVA	Osmosis inversa CCM-OI-02
2000 KVA	Osmosis inversa CCM-OI-03
2000 KVA	Osmosis inversa CCM-OI-04
1250 KVA	Osmosis inversa CCM-OI-1A, CCM-OI-1B y CCM-OI-SSAA
1250 KVA	Ultrafiltración CDG-UF-01B
2000 KVA	Ultrafiltración CDG-UF-02
2000 KVA	Osmosis inversa CCM-OI-05
2000 KVA	Osmosis inversa CCM-OI-06
1250 KVA	Osmosis inversa CCM-OI-1A, CCM-OI-1B y CCM-OI-SSAA
1250 KVA	Ultrafiltración CDG-UF-01A
2000 KVA	Ultrafiltración CDG-UF-03
2000 KVA	Bomba 1 y 2 Cota 70 y SSAA
2000 KVA	Bomba 3 Cota 70 y SSAA

Tabla 1 Necesidades de la instalación

### 3.7. Protecciones instaladas

Para las necesidades mostradas en el apartado anterior se han instalado las protecciones mostradas en la siguiente tabla:

EM	Nº Int	Mod. Relé	Inst.	Potencia	Instalación
CAMP	224	Sin Relé			
	225	S42	Línea		
	226	S42	Línea		
EM1	4	S40	Línea		
	5	S20	Línea		
	6	S42	Línea		
	7	S40	Línea		
	19	T20	Tráfo	1000 KVA	Grupo 1 Cota 50
	20	RSF1N	Tráfo	1000 KVA	Grupo 2 Cota 50
	21	RS-3000C	Tráfo	1000 KVA	Grupo 3 Cota 50
	22	RS-3000C	Tráfo	1000 KVA	Grupos 4 y 5 Cota 70 y SSAA
EM2	8	S42	Línea		
	9	S42	Línea		
	23	T40	Tráfo	1000 KVA	Grupos Cota 10
	24	T40	Tráfo	250 KVA	SSAA
	25	T40	Tráfo	1000 KVA	Horno CAG
EM3	10	S42	Línea		
	11	S42	Línea		
	26	T40	Tráfo	800 KVA	Bombeo intermedio zona 1
	27	T40	Tráfo	1600 KVA	Filtros de CAG 1
	28	T40	Tráfo	1600 KVA	Filtros de CAG 2
	29	T40	Tráfo	800 KVA	Bombeo intermedio zona 2
EM4	12	S42	Línea		
	13	T40	Tráfo	400 KVA	Fangos, Cloro rio y SSAA
	14	S42	Línea		
	15	T40	Tráfo	400 KVA	Pozo 1 y coagulantes zona 1
	16	T40	Tráfo	500 KVA	Pozo 1 y coagulantes zona 2
	17	T40	Tráfo	400 KVA	Pozo 2 y Precloración zona 1
	18	T40	Tráfo	400 KVA	Pozo 2 y Precloración zona 2
EM5	34	S42	Línea		
	35	S42	Reserva		
	36	S42	Línea		
	37	S42	Línea		
	38	S42	Línea		
	39	S42	Reserva		
	201	T40	Línea		
	203	T40	Reserva		
	204	T40	Tráfo	2000 KVA	Osmosis inversa CCM-OI-02
	205	T40	Tráfo	2000 KVA	Osmosis inversa CCM-OI-03
	206	T40	Tráfo	2000 KVA	Osmosis inversa CCM-OI-04
	207	T40	Tráfo	1250 KVA	Osmosis inversa CCM-OI-1A, CCM-
	208	T40	Tráfo	1250 KVA	Ultrafiltración CDG-UF-01B
	209	T40	Tráfo	2000 KVA	Ultrafiltración CDG-UF-02
	211	T40	Tráfo	2000 KVA	Osmosis inversa CCM-OI-05
	212	T40	Tráfo	2000 KVA	Osmosis inversa CCM-OI-06
213	T40	Tráfo	1250 KVA	Osmosis inversa CCM-OI-1A, CCM-	
214	T40	Tráfo	1250 KVA	Ultrafiltración CDG-UF-01A	
215	T40	Tráfo	2000 KVA	Ultrafiltración CDG-UF-03	
	216	T40	Reserva		
	218	T40	Línea		
EM6	231	Sin Relé			
	232	Sin Relé			
	233	T40	Tráfo	2000 KVA	Bomba 1 y 2 Cota 70 y SSAA
	234	T40	Tráfo	2000 KVA	Bomba 3 Cota 70 y SSAA

Tabla 2 Protecciones instaladas

Estas protecciones se han conectado a los interruptores nombrados en la tabla anterior junto con unos seccionadores para crear el anillo de alimentación de MT de la ETAP mostrado en el esquema 8.1.4. Esquema unifilar general de ETAP mostrado de forma reducida en la Fig.13.

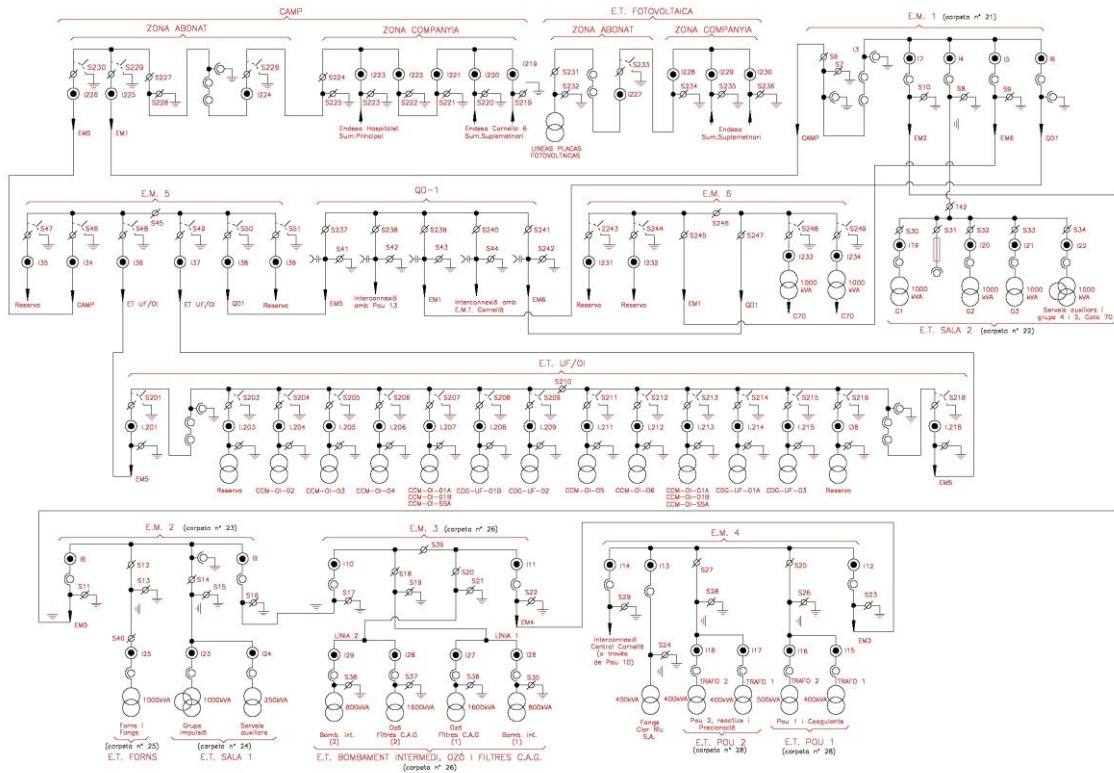



Fig. 13 Esquema unifilar general ETAP

Como se ve en la tabla 2 prácticamente cada interruptor de MT tiene un relé de protección asignado para su control. Estos relés se dividen en 2 grandes grupos, los que protegen líneas y los que protegen transformadores. En el plano se representan como .

### 3.8. Ajuste de las protecciones

Antes de mostrar los ajuste de las protecciones instaladas pondremos en contexto qué significado tiene instalar un relé de protección, que se ajusta de ese relé y como se ajusta.

#### ¿Que es un relé?

Para empezar la función de un relé de MT es supervisar de modo continuo el estado de la red eléctrica y retirar la tensión (por ejemplo, disparando un disyuntor) cuando son objeto de perturbaciones serias, tales como cortocircuitos, fallos de aislamiento, etc. Este disyuntor o interruptor automático tiene que poder soportar el arco eléctrico que provocará la separación física entre sus bornes ya que esa apertura se realiza en carga.

Entre las diversas finalidades que tienen, los dispositivos de protección:

- Contribuyen a la protección de las personas contra los riesgos eléctricos.
- Evitan daños en los equipos (un cortocircuito trifásico en barras de bus de media tensión puede fundir hasta 50 kg de cobre en un

segundo y la temperatura en el centro del arco puede superar 10.000 °C).

- Limitan las tensiones térmicas, dieléctricas y mecánicas en los equipos.
- Mantienen la estabilidad y la continuidad del servicio en el sistema eléctrico.
- Protegen las instalaciones adyacentes (por ejemplo, reduciendo la tensión inducida en los circuitos adyacentes).

Para lograr estos objetivos, un sistema de protección debe ser rápido y fiable y garantizar la selectividad. La protección, no obstante, tiene sus límites ya que primero debe producirse el fallo para que el sistema de protección pueda reaccionar. La protección no puede impedir, por lo tanto, las perturbaciones, sólo puede limitar sus efectos y su duración (al limitar la duración, el coste económico de reparación disminuye considerablemente). Además, la elección de un sistema de protección suele ser a menudo un compromiso técnico y económico entre la disponibilidad y la seguridad de la alimentación eléctrica.

Este relé no se conecta directamente a la red sino que toma la lectura de la red mediante unos transformadores de tensión y/o de corriente, estos transformadores dan una lectura proporcional al relé. Este sabiendo la relación de transformación del relé instalado sabe interpretar el dato como si estuviera tomando el dato in-situ.

#### ¿Que es el ajuste del relé?

La protección más extendida y en la que se basa este estudio es la sobreintensidad (50/51), esta controla el paso de la intensidad por el equipo protegido y cuando su valor supera el umbral ajustado en el relé, este cierra un contacto que normalmente se utiliza para disparar un disyuntor, activar una alarma, mandar una señal al centro de telecontrol, etc.

En función del tiempo de disparo se pueden establecer dos grandes grupos:

- Protección de tiempo independiente.
- Protección de tiempo dependiente.

La protección por tiempo independiente es muy fácil de ajustar ya que siempre actúa en el mismo tiempo para cualquier valor de intensidad que supere el umbral asignado  $I_s$ . tal y como se muestra en la Fig.14.

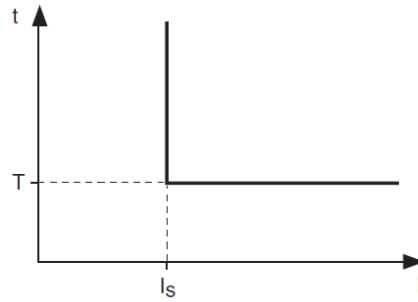


Fig. 14 Principio de protección de tiempo independiente

El ajuste de la protección de tiempo dependiente es bastante más complicado ya que dependiendo de la relación de la intensidad y el umbral asignado  $I_s$  variará en el tiempo tal y como se muestra en la Fig.15. Es decir, cuanto mayor sea el valor de la intensidad menor será el tiempo de actuación. Por este motivo se suelen llamar también protecciones a tiempo inverso.

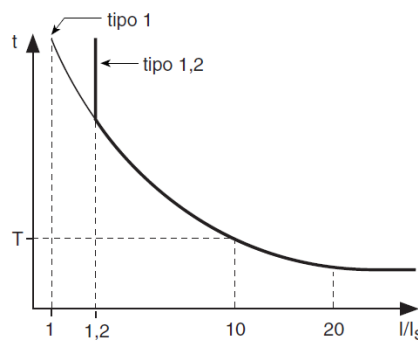


Fig. 15 Principio de protección de tiempo dependiente

En este grupo existen una gran familia de ajustes predefinidos, los más usuales son los de tiempo inverso, muy inverso, extremadamente inverso e inverso largo. Cada una de ellas con una curva determinada tal y como se muestra en la Fig.16

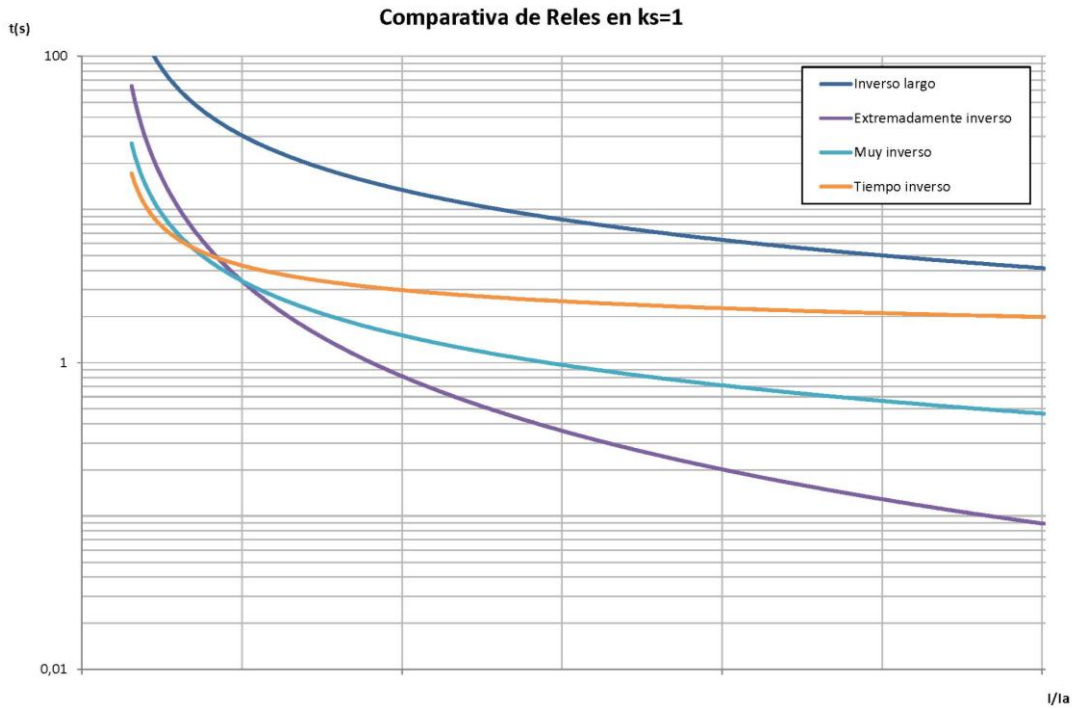


Fig. 16 Comparativa de las curvas de tiempo dependiente

Y dentro de cada una de las curvas podemos asignar un parámetro llamado  $K_s$  que nos rectifica la curva elegida de una forma más restrictiva o más permisiva. Tal y como se muestra en la Fig.17.

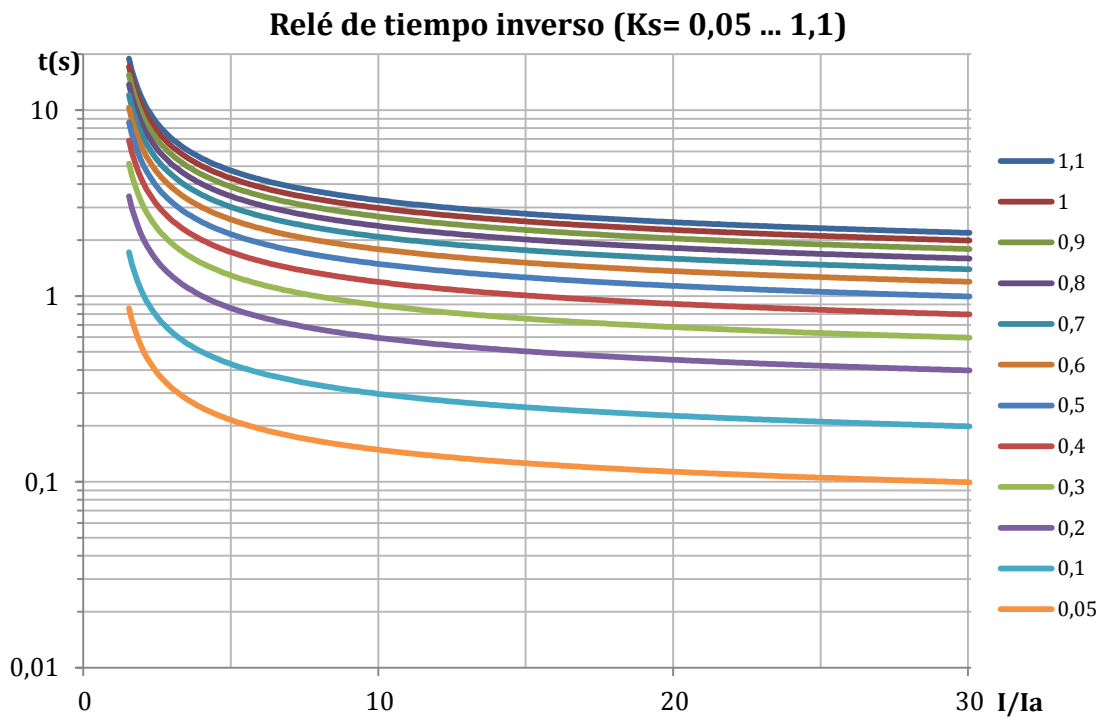


Fig. 17 Comparativa de las curvas de tiempo inverso

Este ajuste de  $Ks$  se realiza mediante la fórmula:

$$Ks = \frac{T_{min} \left( \left( \frac{I_{cc}}{I_A} \right)^n - 1 \right)}{k} \quad \text{o} \quad Ks = \frac{(T_{11} + T_{\Delta}) \left( \left( \frac{I_{cc}}{I_A} \right)^n - 1 \right)}{k}$$

Siendo:

$Ks$  = rango de la familia de curvas de tiempo inverso.

$T_{min}$  = 0.1s tiempo mínimo para el ajuste de los relés de trafa

$T_{11}$  = Tiempo de disparo propio

$T_{\Delta}$  = 0.1s Tiempo de margen para garantizar la selectividad de los relés

$I_{cc}$  = intensidad de cortocircuito

$I_A$  = intensidad de arranque

$n = 0.02$  valor constante de la curva de tiempo inverso

$k = 0.14$  valor constante de la curva de tiempo inverso

Aunque lo más habitual es combinar los dos tipos de ajuste en el mismo relé, quedando la curva de una forma parecida a la de la Fig.18.

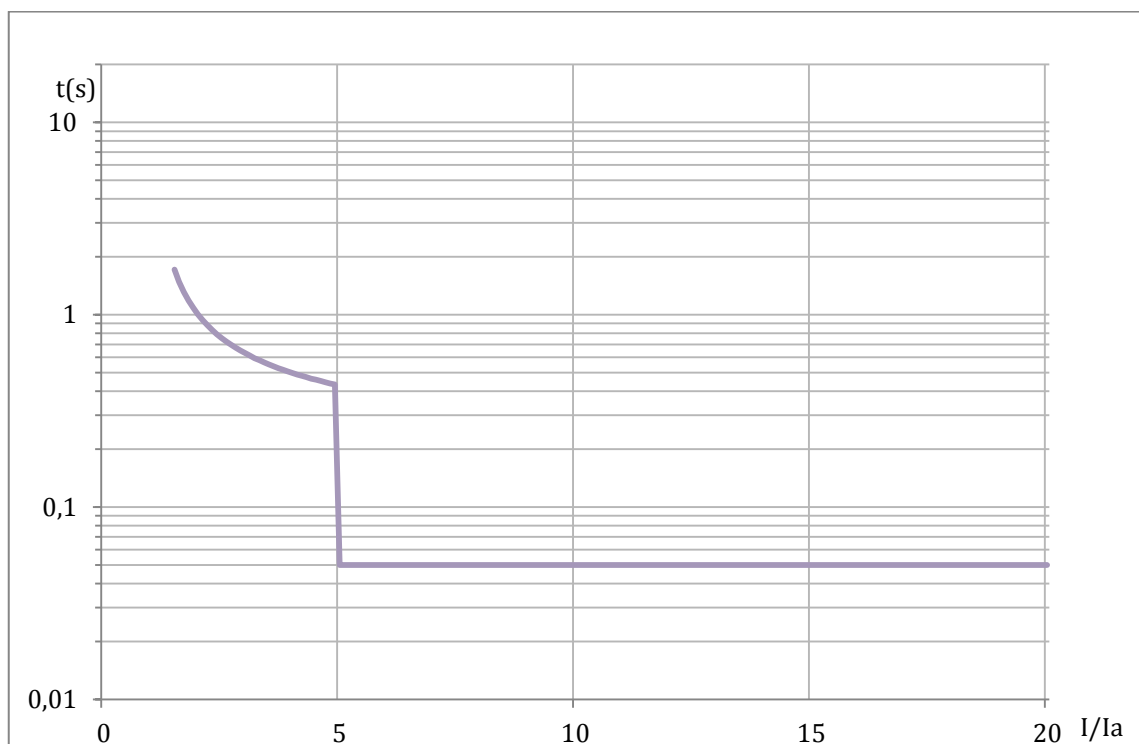


Fig. 18 Curva de T. inverso con  $Ks=0,1$  y T. indep. con  $I/Ia=5$  y  $0,05s$

### ¿Cómo se ajustan los SEPAM?

En el estudio de las protecciones nos centramos en la gama SEPAM serie 40 ya que de los 51 relés que hay instaladas actualmente en la ETAP 46 son de esa gama. Además 4 que todavía no lo son, está previsto que se cambien en un corto periodo de tiempo.

Dentro de esa gama de relés tenemos varios modelos a elegir dependiendo de la parte de instalación que queramos proteger, tal y como se ve en la tabla3.

Criterios de elección			
Medidas	I y U	I y U	I y U
Protecciones específicas		Direccional de tierra	Direccional de fase
Aplicaciones			
Subestación	S40	S41	S42
Transformador	T40		T42
Motor		M41	
Generador	G40		

Tabla 3 Gama de tipos de la serie SEPAM serie 40

Toda esta gama de relés pueden proteger una gran serie de parámetros de medida de la red, tales como:

Máxima intensidad de fase (ANSI 50/51)

Máxima intensidad de fase con retención de tensión (ANSI 50V/51V)

Máxima intensidad de tierra (ANSI 50N/51N o 50G/51G)

Fallo disyuntor (ANSI 50BF)

Máxima de componente inversa (ANSI 46)

Máxima intensidad de fase direccional (ANSI 67)

Máxima intensidad de tierra direccional (ANSI 67N/67NC)

Máxima potencia activa direccional (ASNI 32P)

Máxima potencia reactiva direccional (ANSI 32Q/40)

Imagen térmica (ANSI 49 RMS)

Mínima intensidad de fase (ANSI 37)

Arranque demasiado largo, bloqueo del rotor (ANSI 48-51LR)

Limitación del número de arranques (ANSI 66)



Mínima tensión directa y control del sentido de rotación (ANSI 27D-47)

Mínima tensión remanente (ANSI 27R)

Mínima tensión (ANSI 27/27S)

Máxima tensión (ANSI 59)

Máxima tensión residual (ANSI 59N)

Máxima tensión inversa (ANSI 47)

Máxima frecuencia (ANSI 81H)

Mínima frecuencia (ANSI 81L)

Reenganchador (ANSI 79)

Vigilancia de temperatura (ANSI 49T-38)

Por otra parte los relés SEPAM para muchos de los parámetros anteriormente mencionados te permiten configurar no solo 2 tipos de curva si no 4. Y por si fuera poco existe otra posibilidad de configurar dos juegos de curvas, es decir el reglaje grupo A y reglaje grupo B. Este doble juego se puede alternar de forma manual en las características generales o incluso de forma telemática.

En nuestro estudio nos centramos tal y como se especifica en el objetivo del proyecto en el ajuste de la máxima intensidad de fase ANSI 50/51. Para ello utilizaremos el software específico de SCHNEIDER SFT2841 donde para empezar, habiendo elegido el tipo de relé, configuraremos los parámetros generales de los transformadores de intensidad y de tensión para toma de lecturas de la red (Intensidad nominal, Intensidad base, Calibre TI,...) como se muestra en la Fig.29.

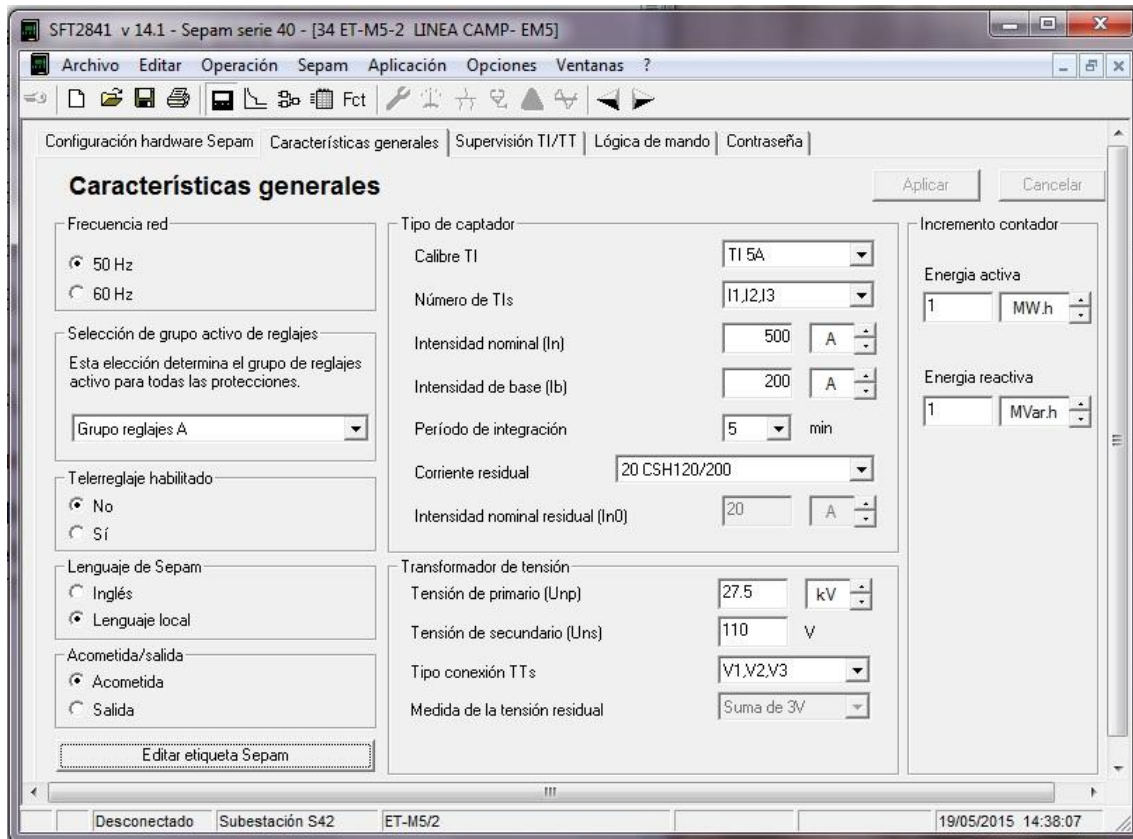


Fig. 19 Pantalla del software SFT2841

A continuación accedemos a los ajustes de la máxima intensidad de fase 50/51. En ella especificamos la cantidad de curvas que vamos a configurar en nuestro caso elementos 1 y 2 en servicio. Por último elegimos el tipo de curva, el Umbral de intensidad calculado y la Temporización determinada para esa curva y ese relé.

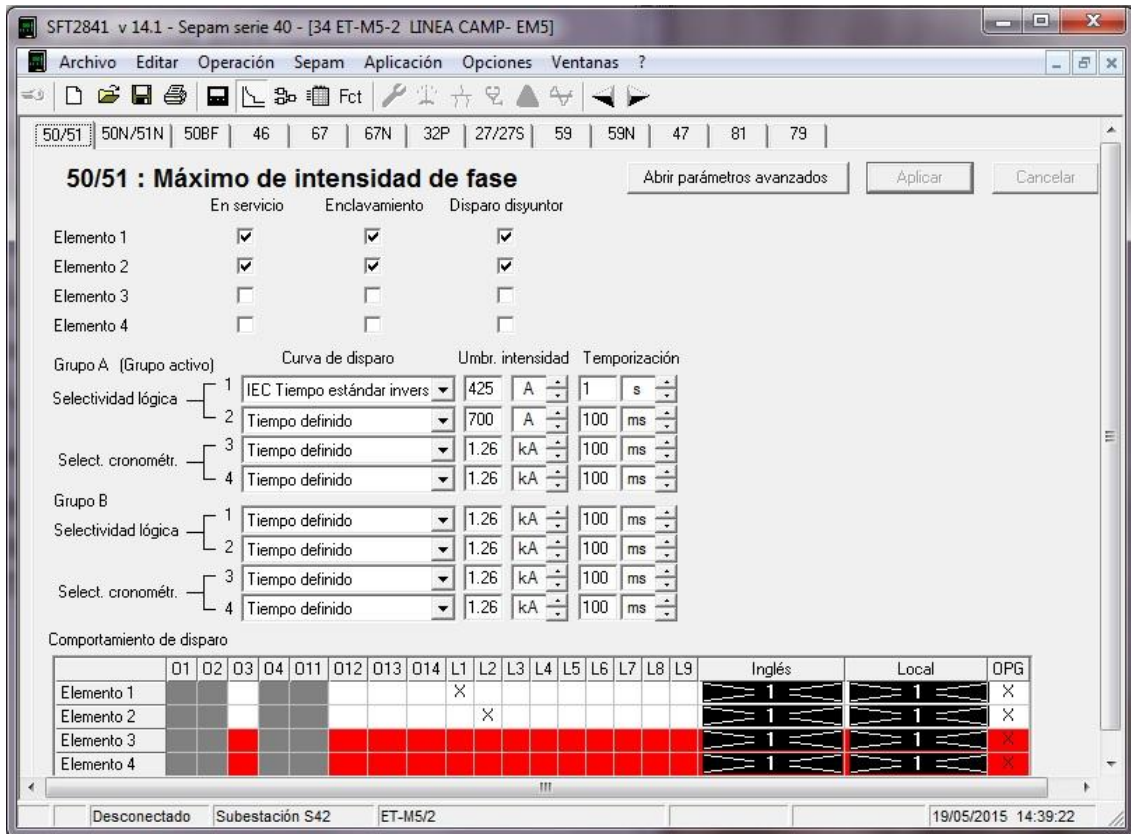


Fig. 20 Pantalla del software SFT2841

Conociendo el tipo de tiempo dependiente, determinar los ajustes de intensidad  $I_s$  y de temporización  $T$ . El ajuste de intensidad  $I_s$  corresponde a priori a la corriente máxima que puede ser permanente: es en general la intensidad nominal del equipo protegido (cable, transformador).

El ajuste de la temporización  $T$  corresponde al punto de funcionamiento a  $10 I_s$  de la curva. Este ajuste se determina teniendo en cuenta la selectividad con las protecciones aguas arriba y abajo.

Otro método que ofrece Schneider es mediante tablas, sabiendo el valor de  $K_s$  y la curva elegida nos muestra el valor de  $T$  a elegir.

Tabla de valores de K

I/s	SIT y CEVA	VIT, LTI y CEVB	EIT y CEVC	UIT	RI	IEEE MI (CEVD)	IEEE VI (CEVE)	IEEE EI (CEVF)	IAC I	IAC VI	IAC EI
1,0	—	—	—	—	3,062	—	—	—	62,005	62,272	200,226
1,1	24,700 <sup>(1)</sup>	90,000 <sup>(1)</sup>	471,429 <sup>(1)</sup>	—	2,534	22,461	136,228	330,606	19,033	45,678	122,172
1,2	12,901	45,000	225,000	545,905	2,216	11,777	65,390	157,946	9,413	34,628	82,899
1,5	5,788	18,000	79,200	179,548	1,736	5,336	23,479	55,791	3,891	17,539	36,687
2,0	3,376	9,000	33,000	67,691	1,427	3,152	10,199	23,421	2,524	7,932	16,178
2,5	2,548	6,000	18,857	35,490	1,290	2,402	6,133	13,512	2,056	4,676	9,566
3,0	2,121	4,500	12,375	21,608	1,212	2,016	4,270	8,970	1,792	3,249	6,541
3,5	1,858	3,600	8,800	14,382	1,161	1,777	3,242	6,465	1,617	2,509	4,872
4,0	1,676	3,000	6,600	10,169	1,126	1,613	2,610	4,924	1,491	2,076	3,839
4,5	1,543	2,571	5,143	7,513	1,101	1,492	2,191	3,903	1,396	1,800	3,146
5,0	1,441	2,250	4,125	5,742	1,081	1,399	1,898	3,190	1,321	1,610	2,653
5,5	1,359	2,000	3,385	4,507	1,065	1,325	1,686	2,671	1,261	1,473	2,288
6,0	1,292	1,800	2,829	3,616	1,053	1,264	1,526	2,281	1,211	1,370	2,007
6,5	1,236	1,636	2,400	2,954	1,042	1,213	1,402	1,981	1,170	1,289	1,786
7,0	1,188	1,500	2,063	2,450	1,033	1,170	1,305	1,744	1,135	1,224	1,607
7,5	1,146	1,385	1,792	2,060	1,026	1,132	1,228	1,555	1,105	1,171	1,460
8,0	1,110	1,286	1,571	1,751	1,019	1,099	1,164	1,400	1,078	1,126	1,337
8,5	1,078	1,200	1,390	1,504	1,013	1,070	1,112	1,273	1,055	1,087	1,233
9,0	1,049	1,125	1,238	1,303	1,008	1,044	1,068	1,166	1,035	1,054	1,144
9,5	1,023	1,059	1,109	1,137	1,004	1,021	1,031	1,077	1,016	1,026	1,067
10,0	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
10,5	0,979	0,947	0,906	0,885	0,996	0,981	0,973	0,934	0,985	0,977	0,941
11,0	0,959	0,900	0,825	0,787	0,993	0,963	0,950	0,877	0,972	0,957	0,888
11,5	0,941	0,857	0,754	0,704	0,990	0,947	0,929	0,828	0,960	0,939	0,841
12,0	0,925	0,818	0,692	0,633	0,988	0,932	0,912	0,784	0,949	0,922	0,799
12,5	0,910	0,783	0,638	0,572	0,985	0,918	0,896	0,746	0,938	0,907	0,761
13,0	0,895	0,750	0,589	0,518	0,983	0,905	0,882	0,712	0,929	0,893	0,727
13,5	0,882	0,720	0,546	0,471	0,981	0,893	0,870	0,682	0,920	0,880	0,695
14,0	0,870	0,692	0,508	0,430	0,979	0,882	0,858	0,655	0,912	0,868	0,667
14,5	0,858	0,667	0,473	0,394	0,977	0,871	0,849	0,631	0,905	0,857	0,641
15,0	0,847	0,643	0,442	0,362	0,976	0,861	0,840	0,609	0,898	0,846	0,616
15,5	0,836	0,621	0,414	0,334	0,974	0,852	0,831	0,589	0,891	0,837	0,594
16,0	0,827	0,600	0,388	0,308	0,973	0,843	0,824	0,571	0,885	0,828	0,573
16,5	0,817	0,581	0,365	0,285	0,971	0,834	0,817	0,555	0,879	0,819	0,554
17,0	0,808	0,563	0,344	0,265	0,970	0,826	0,811	0,540	0,874	0,811	0,536
17,5	0,800	0,545	0,324	0,246	0,969	0,819	0,806	0,527	0,869	0,804	0,519
18,0	0,792	0,529	0,307	0,229	0,968	0,812	0,801	0,514	0,864	0,797	0,504
18,5	0,784	0,514	0,290	0,214	0,967	0,805	0,796	0,503	0,860	0,790	0,489
19,0	0,777	0,500	0,275	0,200	0,966	0,798	0,792	0,492	0,855	0,784	0,475
19,5	0,770	0,486	0,261	0,188	0,965	0,792	0,788	0,482	0,851	0,778	0,463
20,0	0,763	0,474	0,248	0,176	0,964	0,786	0,784	0,473	0,848	0,772	0,450

(1) Valores adaptados sólo a las curvas CEI A, B y C.

Tabla 4 Tabla de valores de T para el cálculo de Ks según curvas

Por último el método utilizado es el cálculo particular mediante la fórmula:

Ecuación	Tipo de curva	Valores de los coeficientes		
		k	α	β
$t_d(I) = \frac{k}{\left(\frac{I}{I_s}\right)^\alpha - 1} \times \frac{T}{\beta}$	Inversa / A	0,14	0,02	2,97
	Muy inversa / B	13,5	1	1,50
	Extremadamente inversa / B	120	1	13,33
	Extremadamente inversa / C	80	2	0,808
	Ultrainversa	315,2	2,5	1

Aplicando la igualdad con la fórmula:

$$K_s = \frac{T_{min} \left( \left( \frac{I_{CC}}{I_A} \right)^n - 1 \right)}{k}$$

Podemos saber que:

$$T = K_s \cdot \beta$$

Siendo:

$\beta = 2.97$  valor constante de la curva de tiempo inverso

Todo esto ajustándonos a unos límites especificados por Schneider tales como:

**Umbral Is**

Rango de ajuste	De tiempo independiente	$0,05 I_n \leq I_s \leq 24 I_n$ expresado en amperios
	De tiempo dependiente	$0,05 I_n \leq I_s \leq 2,4 I_n$ expresado en amperios

**Temporización T (tiempo de funcionamiento a 10 Is)**

Rango de ajuste	De tiempo independiente	Inst, $50 \text{ ms} \leq T \leq 300 \text{ s}$
	De tiempo dependiente	$100 \text{ ms} \leq T \leq 12,5 \text{ s}$ o TMS <sup>(2)</sup>

### 3.9. Ajustes actuales.

Como ya se ha explicado en los antecedentes los ajustes de las EM's se han ido añadiendo por islas y nunca se ha revisado ese ajuste a modo macro de toda la ETAP. Con esa premisa y contextualizando que durante los mantenimientos preventivos y correctivos se han retocado esos ajustes, la foto final de esos ajustes están en los archivos descargados de cada relé añadidos en la documentación digital aportada apartado "archivos reglajes relés Sepam".

Analizando esos archivos y extrayendo la información necesaria para el desarrollo de este estudio se ha resumido el estado actual de esos ajustes en la tabla que se muestra a continuación. De todas formas en el anexo "8.4. tabla resumen ajustes actuales" se muestran todos los parámetros ajustados en los relés.



50/51									
				1 elemento			2 elemento		
EM	Nº	In	Ib (A)	Curva disparo	Umbr.	Temporiz	Curva disparo	Umbr.	Temporiz
CAMP	224								
	225	600	600	IEC estándar inverso	425	1	Tiempo definido	700	0,1
	226	600	600	IEC estándar inverso	425	1	Tiempo definido	700	0,1
EM1	4			IEC estándar inverso	80	4	Tiempo definido	800	0,45
	5			IEC estándar inverso	160	4	Tiempo definido	960	0,05
	6			IEC estándar inverso	160	4	Tiempo definido	960	0,05
	7			IEC estándar inverso	80	4	Tiempo definido	800	0,45
	19			IEC estándar inverso	23	4	Tiempo definido	230	0,05
	20			IEC estándar inverso	40	5	Tiempo definido	230	0,1
	21			IEC estándar inverso	40	5	Tiempo definido	160	0,1
	22			IEC estándar inverso	50	5	Tiempo definido	250	0,1
EM2	8	200	80	IEC estándar inverso	80	1	Tiempo definido	800	0,2
	9	200	80	IEC estándar inverso	80	1	Tiempo definido	320	2
	23	30	30	IEC estándar inverso	24	0,89	Tiempo definido	240	0,2
	24	15	6	IEC estándar inverso	5,7	1	Tiempo definido	32	0,1
	25	50	23	IEC estándar inverso	22,5	0,5	Tiempo definido	100	0,1
EM3	10	200	160	IEC estándar inverso	160	1	Tiempo definido	960	2
	11	200	80	IEC estándar inverso	80	1	Tiempo definido	320	2
	26	30	30	IEC estándar inverso	24	0,2	Tiempo definido	120	0,05
	27	50	37	IEC estándar inverso	37	0,2	Tiempo definido	296	0,05
	28	50	37	IEC estándar inverso	37	0,2	Tiempo definido	296	0,05
	29	30	30	IEC estándar inverso	24	0,2	Tiempo definido	120	0,05
EM4	12	200	80	IEC estándar inverso	160		Tiempo definido	160	0,15
	13	30	12	IEC estándar inverso	9	1	Tiempo definido	45	0,05
	14	200	80	IEC estándar inverso	160		Tiempo definido	160	
	40								
	15	15	15	IEC estándar inverso	11,3	0,3	Tiempo definido	113	0,3
	16	15	15	IEC estándar inverso	12	0,89	Tiempo definido	120	0,3
EM5	17	15	15	IEC estándar inverso	11,3	0,89	Tiempo definido	113	0,3
	18	15	15	IEC estándar inverso	11,3	0,89	Tiempo definido	113	0,3
	34	600	240	IEC estándar inverso	425	1	Tiempo definido	700	0,1
	35								
	36	400	240	IEC estándar inverso	400	1	Tiempo definido	560	0,1
	37	400	200	IEC estándar inverso	400	1	Tiempo definido	560	0,1
	38	600	240	IEC estándar inverso	425	1	Tiempo definido	700	0,1
	39								
	203								
	204	60	46	IEC estándar inverso	50	1	Tiempo definido	450	0,05
205	60	46	IEC estándar inverso	50	1	Tiempo definido	450	0,05	
206	60	46	IEC estándar inverso	50	1	Tiempo definido	450	0,05	
207	60	30	IEC estándar inverso	30	1	Tiempo definido	450	0,05	
208	60	30	IEC estándar inverso	30	1	Tiempo definido	450	0,05	
209	60	46	IEC estándar inverso	50	1	Tiempo definido	450	0,05	
211	60	46	IEC estándar inverso	50	1	Tiempo definido	450	0,05	
212	60	46	IEC estándar inverso	50	1	Tiempo definido	540	0,05	
213	60	30	IEC estándar inverso	30	1	Tiempo definido	450	0,05	
214	60	30	IEC estándar inverso	30	1	Tiempo definido	450	0,05	
215	60	46	IEC estándar inverso	50	1	Tiempo definido	450	0,05	
216									
EM6	231								
	232								
	233	60	46,18	IEC estándar inverso	46	0,6	Tiempo definido	230	0,05
	234	60	46,18	IEC estándar inverso	46	0,6	Tiempo definido	230	0,05

Tabla 5 Ajustes de parametro ANSI 50/51 acuales

### 3.10. Maniobras de diferentes alimentaciones.

En la ETAP de Sant Joan Despí se realizan varios tipos de maniobras en MT. Se pueden dividir en dos grandes grupos (falta de alimentación en la entrada o mantenimiento preventivo/correctivo de una EM).

Empezando por el mantenimiento se puede observar que la ETAP dispone de varias estaciones de maniobra y el mantenimiento de cada una de ellas provoca una maniobra de alimentación para el resto diferente. Como los responsables son conscientes de esta situación cuando se realizan estos mantenimientos los consumos se reducen a los mínimos posibles para trabajar con la máxima seguridad. También cabe decir que la mayoría de estas situaciones son programas con anterioridad, cosa que hace más controlable dichos consumos.

Por otra parte tenemos las maniobras por causas externas y normalmente no planificadas. Como ya se ha mostrado en el apartado 3.1.5 la ETAP dispone de varias alimentaciones diferentes de MT para garantizar el suministro de Agua potable a la red de Agua de Barcelona y el Área metropolitana. Dichas alimentaciones se pueden agrupar en 3 maniobras diferentes:

- Alimentación A (ver plano 8.1.12)

Esta es la alimentación estándar de la ETAP la cual esta conectada durante el 100% del tiempo en situación de tranquilidad. Siempre y cuando la alimentación esté disponible a través de la caseta de compañía CAMP y no haya ninguna incidencia en la EM's que lo impida.

- Alimentación B (ver plano 8.1.13)

Cuando la alimentación a través de la CAMP falla la ETAP dispone de una maniobra para alimentar las instalaciones a través de una estación de maniobra de MT propia (QD1). Esta QD1 dispone de varias formas de alimentación.

- Alimentación C (ver plano 8.1.14)

Por último si la QD1 tampoco estuviera disponible la ETAP se puede alimentar a través de los pozos de elevación que hay repartidos entre la central de Cornellá y la propia ETAP. Este sería el peor de los casos ya que todo el consumo de la ETAP vendría alimentado por unos relés que en estado normal son final de línea.

### 3.11. Esquema eléctrico diferentes alimentaciones

A modo simplificado se muestran en tamaño reducido los esquemas eléctricos de las diferentes alimentaciones.

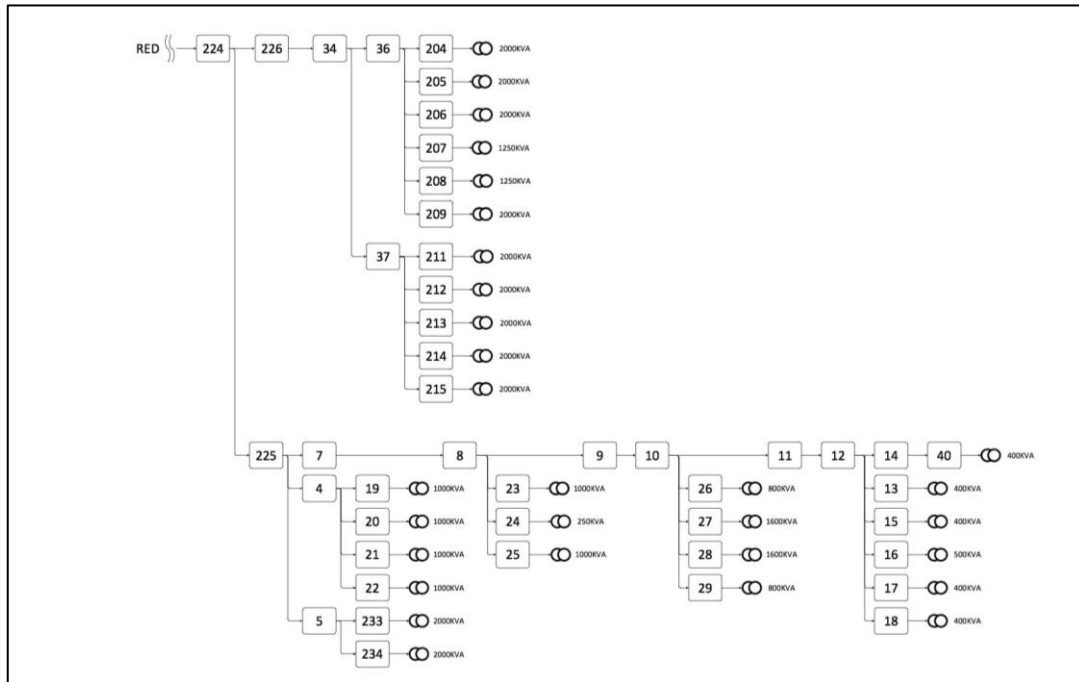


Fig. 21 Esquema eléctrico simplificado de la alimentación A

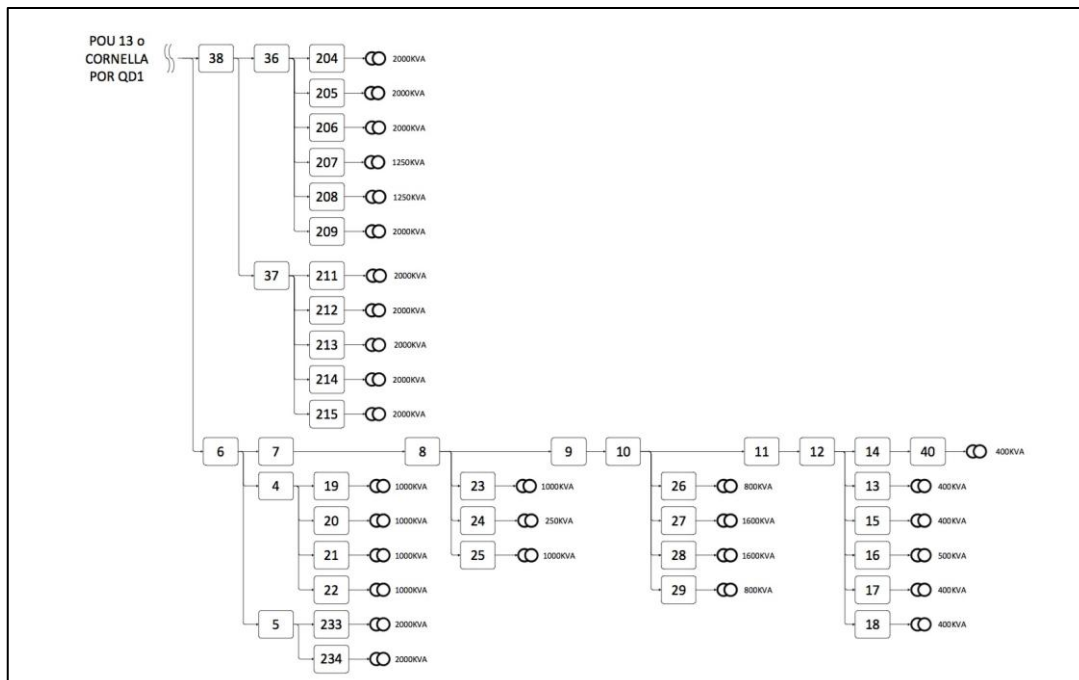


Fig. 22 Esquema eléctrico simplificado de la alimentación B



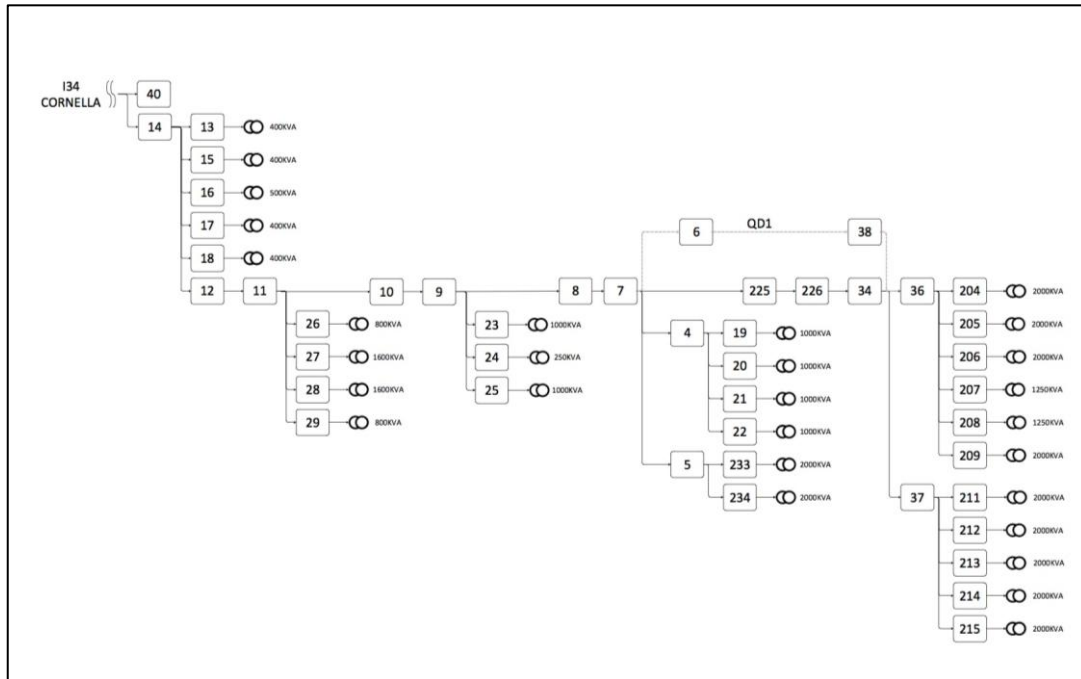


Fig. 23 Esquema eléctrico simplificado de la alimentación C

## 4. Cálculos teóricos

### 4.1. Método de cálculo

Premisas que el cliente nos solicita:

- Curvas de tiempo dependiente IEC estándar inverso.
- Factor de sobrecarga 1.1
- $I_a$  de tiempo independiente 5 veces la IA
- Tiempo mínimo de disparo 0.1s
- Tiempo de margen para la selectividad 0.1s
- TI  $I_n/5^a$
- Cargas calculadas a partir de la potencia nominal del tráfo.

El cálculo se divide en 2 situaciones. La primera situación es proteger sobreintensidades por sobrecargas hasta 5 veces la carga nominal momento en el que consideraremos esa sobrecorriente como un cortocircuito, esta situación la protegeremos mediante curva por tiempo dependiente. La segunda situación es proteger las sobreintensidades por cortocircuito, esta situación la protegeremos mediante la curva de tiempo independiente.

#### 4.1.1. Cálculo de la curva de tiempo dependiente

El método de cálculo se divide en 2 partes los relés de protección de transformador y los relés de línea. Los relés se estructuran básicamente como los de la Fig.25 siendo desde el relé 2 hacia la alimentación del servicio el mismo procedimiento, pero modificando el número de relé propio y el de respaldo. A continuación se detallan los 2 métodos de cálculo utilizados.

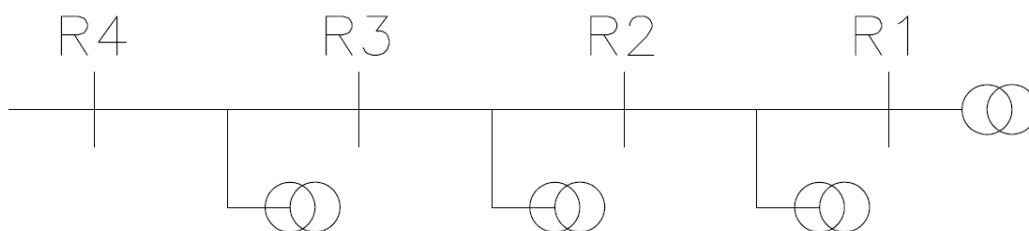


Fig. 24 Principio de protección de tiempo dependiente

Método de cálculo Relé 1

$$X_L = X(\Omega/Km) \cdot L(Km)$$

Siendo:

$$\Sigma X_L = \Sigma X_L \text{ desde la acometida hasta el relé}$$

$$X = \text{reactancia de la línea}$$

$$L = \text{distancia desde la acometida hasta el relé}$$

$$I_n = \frac{\Sigma S_{carga}}{V \cdot \sqrt{3}}$$

Siendo:

$I_n$  = intensidad que circulará con el trafo trabajando a plena carga

$\Sigma S_{carga}$  = el sumatorio de cargas aguas abajo del relé

$$V = 25KV \text{ tensión nominal}$$

**$I_n' = I_n$  inmediatamente superior de la lista de TI disponibles**

$$TI = I_n' / 5A$$

Siendo:

$$I_n' \text{ } 10 - 12,5 - 15 - 20 - 25 - 30 - 40 - 50 - 60 - 75 \times 10^i \text{ } i = N^{\circ} \text{entero}$$

TI = trafo de lectura de la corriente

$$I_{ccR1} = \frac{V}{\sqrt{3} \cdot (X_{RED} + \Sigma X_L)}$$

Siendo:

$I_{ccR1}$  = intensidad de cortocircuito del relé 1

$X_{RED} = 1.24$  en todos los casos porque no tenemos transformadores intermedios

$$\Sigma X_L = \Sigma X_L \text{ desde la acometida hasta el relé}$$

$$V = 25KV \text{ tensión nominal}$$

$$IA_{dese1\_R1} = In \cdot FC$$

Siendo:

$$IA_{dese1\_R1} = \text{intendidad de ajuste del Relé 1}$$

$In$  = intensidad que circulará con el trafo trabajando a plena carga

$$FC = 1.1 \text{ factor de sobrecarga}$$

$$IA_{real1\_R1} = \text{Redondeo superior}(IA_{dese1\_R1})$$

Siendo:

$$IA_{real1\_R1} = \text{intendidad de ajuste redondeada del Relé 1}$$

$$IA_{dese1\_R1} = \text{intendidad de ajuste del Relé 1}$$

$$KS_{min\_R1} = \frac{T_{min} \left( \left( \frac{ICC_{R1}}{IA_{real1\_R1}} \right)^n - 1 \right)}{k}$$

Siendo:

$KS_{min\_R1}$  = rango mínimo de la familia de curvas de tiempo inverso del relé 1.

$T_{min}$  = 0.1s tiempo mínimo para el ajuste de los relés de trafo

$T_{11}$  = Tiempo de disparo propio

$ICC_{R1}$  = intensidad de cortocircuitodel relé 1

$IA_{real1\_R1}$  = intensidad de arranquedel relé 1

$n = 0.02$  valor constante de la curva de tiempo inverso

$k = 0.14$  valor constante de la curva de tiempo inverso

$$KS_{real\_R1} = \text{Redondeo superior de } KS_{min\_R1}$$

Siendo:

$KS_{real\_R1}$  = rango redondeado de la familia de curvas de tiempo inverso del relé 1.

$KS_{min\_R1}$  = rango mínimo de la familia de curvas de tiempo inverso del relé 1.

$$T_{11} = \frac{KS_{real\_R1} \cdot k}{\left( \frac{ICC_{R1}}{IA_{real1\_R1}} \right)^n - 1}$$

Siendo:

$$T_{11} = \text{tiempo de disparo propio}$$

$K_{S_{\text{real\_R1}}}$  = rango redondeado de la familia de curvas de tiempo inverso del relé 1.

$$I_{cc_{R1}} = \text{intensidad de cortocircuito del relé 1}$$

$$I_{A_{\text{real}_1_{R1}}} = \text{intensidad de ajuste redondeada del Relé 1}$$

$$n = 0.02 \text{ valor constante de la curva de tiempo inverso}$$

$$k = 0.14 \text{ valor constante de la curva de tiempo inverso}$$

### Método de cálculo Relé 2

$$X_L = X(\Omega/\text{Km}) \cdot L(\text{Km})$$

Siendo:

$$\Sigma X_L = \Sigma X_L \text{ desde la acometida hasta el relé}$$

$$X = \text{reactancia de la línea}$$

$$L = \text{distancia desde la acometida hasta el relé}$$

$$I_n = \frac{\Sigma S_{\text{carga}}}{V \cdot \sqrt{3}}$$

Siendo:

$$I_n = \text{intensidad que circulará con el trafo trabajando a plena carga}$$

$$\Sigma S_{\text{carga}} = \text{el sumatorio de cargas aguas abajo del relé}$$

$$V = 25\text{KV} \text{ tensión nominal}$$

$$I_n' = I_n \text{ inmediatamente superior de la lista de TI disponibles}$$

$$TI = I_n' / 5A$$

Siendo:

$$I_n' \text{ } 10 - 12,5 - 15 - 20 - 25 - 30 - 40 - 50 - 60 - 75 \times 10^i \text{ } i = N^\circ \text{entero}$$

$$TI = \text{trafo de lectura de la corriente}$$

$$I_{CC_{R2}} = \frac{V}{\sqrt{3} \cdot (X_{RED} + \Sigma X_L)}$$

Siendo:

$I_{CC_{R2}}$  = intensidad de cortocircuito del relé 2

$X_{RED} = 1.24$  en todos los casos porque no tenemos transformadores intermedios

$\Sigma X_L = \Sigma X_L$  desde la acometida hasta el relé

$V = 25KV$  tensión nominal

$$IA_{dese_{1,R2}} = I_n \cdot FC$$

Siendo:

$IA_{dese_{1,R2}}$  = intensidad de ajuste del Relé 2

$I_n$  = intensidad que circulará con el trafo trabajando a plena carga

$FC = 1.1$  factor de sobrecarga

$$K_{S_{min\_R2}} = \frac{(T_{11} + T_{\Delta}) \left( \left( \frac{I_{CC_{R1}}}{IA_{real_{1,R2}}} \right)^n - 1 \right)}{k}$$

Siendo:

$K_{S_{min\_R2}}$  = rango mínimo de la familia de curvas de tiempo inverso del relé 2.

$T_{11}$  = Tiempo de disparo propio del relé 1

$T_{\Delta} = 0.1s$  Tiempo de margen para garantizar la selectividad de los relés

$I_{CC_{R1}}$  = intensidad de cortocircuito del relé 1

$IA_{real_{1,R2}}$  = intensidad de arranque del relé 2

$n = 0.02$  valor constante de la curva de tiempo inverso

$k = 0.14$  valor constante de la curva de tiempo inverso

$$K_{S_{real\_R2}} = \text{Redondeo superior de } K_{S_{min\_R2}}$$

Siendo:

$K_{S_{real\_R2}}$  = rango redondeado de la familia de curvas de tiempo inverso del relé 2.

$K_{S_{min\_R2}}$  = rango mínimo de la familia de curvas de tiempo inverso del relé 2.

$$T_{22} = \frac{Ks_{real\_R2} \cdot k}{\left(\frac{Icc_{R2}}{IA_{real\_1\_R2}}\right)^n - 1}$$

Siendo:

$T_{22}$  = Tiempo de disparo propio del relé 2

$Ks_{real\_R2}$  = rango redondeado de la familia de curvas de tiempo inverso del relé 2.

$n = 0.02$  valor constante de la curva de tiempo inverso

$k = 0.14$  valor constante de la curva de tiempo inverso

$Icc_{R2}$  = intensidad de cortocircuito del relé 2

$IA_{real\_1\_R2}$  = intensidad de arranque del relé 2

$$T_{21} = \frac{Ks_{real\_R2} \cdot k}{\left(\frac{Icc_{R1}}{IA_{real\_1\_R2}}\right)^n - 1}$$

Siendo:

$T_{21}$  = Tiempo de disparo de respaldo del relé 2 sobre el relé 1

$Ks_{real\_R2}$  = rango redondeado de la familia de curvas de tiempo inverso del relé 2.

$n = 0.02$  valor constante de la curva de tiempo inverso

$k = 0.14$  valor constante de la curva de tiempo inverso

$Icc_{R1}$  = intensidad de cortocircuito del relé 1

$IA_{real\_1\_R2}$  = intensidad de arranque del relé 2

#### 4.1.2. Cálculo del tiempo independiente

Para el ajuste del tiempo independiente hay que calcular solo 2 parámetros el tiempo cuando queremos que dispare el relé ( $T_{def}$  o Temporización) y la intensidad a la que queremos que dispare ( $I_{Tdef}$  o umbral de intensidad).

La intensidad para el disparo del relé por tiempo independiente se calcula para todos los relés con la misma fórmula.

$$I_{Tdef} = 5 \cdot IA_{real\_1\_Rx}$$

Siendo:

$IA_{real\_1\_Rx}$  = intensidad de arranque del relé  $x$

La temporización se ha calculado ajustando el relé final de línea o tráfo al tiempo mínimo establecido 0.05s y aumentando un  $T_{\Delta}$  en cada nuevo relé que nos encontramos hasta la acometida o conexión a la red. Es decir si ponemos como ejemplo la alimentación A todos los relés que protegen tráfo

se ajustan a 0.05s y el siguiente escalón tendrá 0.1s, y el siguiente 1.5s, y el siguiente 0.2s, etc. Obteniendo de ese modo el relé en cabecera un ajuste de 0.4s.

#### 4.1.3. Comprobación de cálculos

Para comprobar los cálculos realizados miraremos las características de la aparatamenta:

- Máxima intensidad de corta duración (1seg) = 20KA
- Corriente principalmente activa = 630A

Todos los cálculos garantizan estos parámetros límite ya que nuestra  $I_{cc}$  más alta es de 11,5KA y el tiempo de disparo máximo para cortocircuitos es de 0.4s.

Además de comprobar las líneas mediante el cálculo siguiente:

$$I_{cc} = \frac{S_{cc}}{\sqrt{3} \cdot V} = 11,54KA$$

Siendo:

$I_{cc}$  = intensidad de cortocircuito

$S_{cc}$  = 500MVA Potencia de cortocircuito de la red

$V$  = 25KV tensión nominal

$$S = \sqrt{\frac{I_{cc}^2 \cdot t}{C \cdot \Delta_T}} = 76,42 \text{ mm}^2$$

Siendo:

$S$  = sección mínima de las líneas para soportar la  $S_{cc}$

$I_{cc}$  = intensidad de cortocircuito

$t$  = 0,4s Tiempo máximo de desconexión

$C$  = 57 Constante del material Aluminio

$\Delta_T$  = 160 Incremento de temperatura admisible por el paso de  $I_{cc}$

Este valor de sección mínima lo comparamos con la sección mínima instalada que es de 95 mm<sup>2</sup> y vemos como todas las líneas están por encima de ese valor crítico.

Y por último comprobamos que la  $I_{n \text{ máx.}}$  de la instalación sea inferior a la Corriente principalmente activa ( $I_{pa}$ ).

$$I_{n \text{ máx.}} = 834,85A > I_{pa} = 630A$$

Esta  $I_{n \text{ máx.}} = 834,85A$  pertenece a las  $I_n$  de la configuración de alimentación C. Esto implica que para poder utilizar la configuración C la relación de cargas tendrían que estar alrededor del 50% de la carga máxima. Si miramos las configuraciones A y B la  $I_{n \text{ máx.}} = 438,79A$  con esa intensidad podemos garantizar que la intensidad que circulará será inferior a la corriente principal activa permitida por la aparatamenta.



## 4.2. Resultados (alimentación tipo A)

En la tabla siguiente se muestra el resumen de los ajustes calculados para la alimentación tipo A. Para ver todos los cálculos paso por paso ver el anexo 8.5.1 o ver la documentación digital aportada (Tablas de cálculo del ajuste de los relés) para ver el Excel de cálculo. Los relés sin ajuste no tienen carga asociada.

EM	Nº Int	IA_real_1	T	Ks real	t11/t22	t21	I Tdef	T Tdef
CAMP	224							
	225	446	1,78	0,6	1,25	1,26	2230	0,4
	226	483	0,74	0,25	0,54	0,54	2415	0,2
EM1	4	102	0,45	0,15	0,21	0,21	510	0,1
	5	102	0,59	0,2	0,28	0,29	510	0,1
	6							
	7	243	1,93	0,65	1,14	1,14	1215	0,35
	19	25	0,30	0,1	0,11		125	0,05
	20	25	0,30	0,1	0,11		125	0,05
	21	25	0,30	0,1	0,11		125	0,05
EM2	22	25	0,30	0,1	0,11		125	0,05
	8	243	1,63	0,55	0,97	0,97	1215	0,3
	9	185	1,49	0,5	0,82	0,82	925	0,25
	23	25	0,30	0,1	0,11		125	0,05
	24	6	0,45	0,15	0,13		30	0,05
EM3	25	25	0,30	0,1	0,11		125	0,05
	10	185	1,19	0,4	0,66	0,66	925	0,2
	11	64	1,19	0,4	0,52	0,52	320	0,15
	26	20	0,30	0,1	0,10		100	0,05
	27	41	0,30	0,1	0,12		205	0,05
	28	41	0,30	0,1	0,12		205	0,05
	29	20	0,30	0,1	0,10		100	0,05
EM4	12	64	0,89	0,3	0,39	0,39	320	0,1
	13	10	0,45	0,15	0,14		50	0,05
	14	10	0,89	0,3	0,28	0,28	50	0,05
	40	10	0,45	0,15	0,14		50	0,05
	15	10	0,45	0,15	0,14		50	0,05
	16	13	0,45	0,15	0,15		65	0,05
	17	10	0,45	0,15	0,14		50	0,05
	18	10	0,45	0,15	0,14		50	0,05
EM5	34	483	0,59	0,2	0,43	0,43	2415	0,15
	35							
	36	267	0,45	0,15	0,27	0,27	1335	0,1
	37	216	0,45	0,15	0,26	0,26	1080	0,1
	38							
	39							
	203							
	204	51	0,30	0,1	0,12		255	0,05
	205	51	0,30	0,1	0,12		255	0,05
	206	51	0,30	0,1	0,12		255	0,05
	207	32	0,30	0,1	0,11		160	0,05
	208	32	0,30	0,1	0,11		160	0,05
	209	51	0,30	0,1	0,12		255	0,05
	211	51	0,30	0,1	0,12		255	0,05
	212	51	0,30	0,1	0,12		255	0,05
	213	32	0,30	0,1	0,11		160	0,05
	214	32	0,30	0,1	0,11		160	0,05
215	51	0,30	0,1	0,12		255	0,05	
216								
EM6	231							
	232							
	233	51	0,30	0,1	0,12		255	0,05
	234	51	0,30	0,1	0,12		255	0,05

Tabla 6 Resumen ajustes calculados alimentación A

### 4.3. Resultados (alimentación tipo B)

En la tabla siguiente se muestra el resumen de los ajustes calculados para la alimentación tipo B. Para ver todos los cálculos paso por paso ver el anexo 8.5.2 o ver la documentación digital aportada (Tablas de cálculo del ajuste de los relés) para ver el Excel de calculo. Los relés sin ajuste no tienen carga asociada.

EM	Nº Int	IA_real_1	T	Ks real	t11/t22	t21	I Tdef	T Tdef
CAMP	224							
	225							
	226							
EM1	4	102	0,4455	0,15	0,21	0,21	510	0,1
	5	102	0,594	0,2	0,28	0,28	510	0,1
	6	446	1,782	0,6	1,25	1,25	2230	0,4
	7	243	1,9305	0,65	1,14	1,14	1215	0,35
	19	25	0,297	0,1	0,11		125	0,05
	20	25	0,297	0,1	0,11		125	0,05
	21	25	0,297	0,1	0,11		125	0,05
	22	25	0,297	0,1	0,11		125	0,05
EM2	8	243	1,6335	0,55	0,97	0,97	1215	0,3
	9	185	1,485	0,5	0,82	0,82	925	0,25
	23	25	0,297	0,1	0,11		125	0,05
	24	6	0,4455	0,15	0,13		30	0,05
	25	25	0,297	0,1	0,11		125	0,05
EM3	10	185	1,188	0,4	0,66	0,66	925	0,2
	11	64	1,188	0,4	0,52	0,52	320	0,15
	26	20	0,297	0,1	0,10		100	0,05
	27	41	0,297	0,1	0,12		205	0,05
	28	41	0,297	0,1	0,12		205	0,05
	29	20	0,297	0,1	0,10		100	0,05
	29	20	0,297	0,1	0,10		100	0,05
EM4	12	64	0,891	0,3	0,39	0,39	320	0,1
	13	10	0,4455	0,15	0,14		50	0,05
	14	10	0,891	0,3	0,28	0,28	50	0,75
	40	10	0,4455	0,15	0,14		50	0,05
	15	10	0,4455	0,15	0,14		50	0,05
	16	13	0,4455	0,15	0,15		65	0,05
	17	10	0,4455	0,15	0,14		50	0,05
	18	10	0,4455	0,15	0,14		50	0,05
EM5	34							
	35							
	36	267	0,4455	0,15	0,27	0,27	1335	0,1
	37	216	0,4455	0,15	0,25	0,25	1080	0,1
	38	483	0,594	0,2	0,43	0,43	2415	0,15
	39							
	203							
	204	51	0,297	0,1	0,12		255	0,05
	205	51	0,297	0,1	0,12		255	0,05
	206	51	0,297	0,1	0,12		255	0,05
	207	32	0,297	0,1	0,11		160	0,05
	208	32	0,297	0,1	0,11		160	0,05
	209	51	0,297	0,1	0,12		255	0,05
	211	51	0,297	0,1	0,12		255	0,05
	212	51	0,297	0,1	0,12		255	0,05
	213	32	0,297	0,1	0,11		160	0,05
	214	32	0,297	0,1	0,11		160	0,05
215	51	0,297	0,1	0,12		255	0,05	
216								
EM6	231							
	232							
	233	51	0,297	0,1	0,12		255	0,05
	234	51	0,297	0,1	0,12		255	0,05

Tabla 7 Resumen ajustes calculados alimentación B

## 4.4. Resultados (alimentación tipo C)

En la tabla siguiente se muestra el resumen de los ajustes calculados para la alimentación tipo C. Para ver todos los cálculos paso por paso ver el anexo 8.5.3 o ver la documentación digital aportada (Tablas de cálculo del ajuste de los relés) para ver el Excel de calculo. Los relés sin ajuste no tienen carga asociada.

EM	Nº Int	IA_real_1	T	Ks real	t11/t22	t21	I Tdef	T Tdef
CAMP	224							
	225	483	0,891	0,3	0,64	0,65	2415	0,25
	226	483	0,7425	0,25	0,54	0,54	2415	0,2
EM1	4	102	0,4455	0,15	0,21	0,21	510	0,1
	5	102	0,594	0,2	0,28	0,29	510	0,1
	6							
	7	686	1,0395	0,35	0,87	0,84	3430	0,3
	19	25	0,297	0,1	0,11		125	0,05
	20	25	0,297	0,1	0,11		125	0,05
	21	25	0,297	0,1	0,11		125	0,05
EM2	22	25	0,297	0,1	0,11		125	0,05
	8	686	1,188	0,4	0,98	0,99	3430	0,35
	9	743	1,3365	0,45	1,13	1,14	3715	0,4
	23	25	0,297	0,1	0,11		125	0,05
	24	6	0,4455	0,15	0,13		30	0,05
EM3	25	25	0,297	0,1	0,11		125	0,05
	10	743	1,485	0,5	1,26	1,26	3715	0,45
	11	865	1,6335	0,55	1,47	1,47	4325	0,5
	26	20	0,297	0,1	0,10		100	0,05
	27	41	0,297	0,1	0,12		205	0,05
	28	41	0,297	0,1	0,12		205	0,05
	29	20	0,297	0,1	0,10		100	0,05
EM4	12	865	1,782	0,6	1,60	1,60	4325	0,55
	13	10	0,4455	0,15	0,14		50	0,05
	14	918	1,9305	0,65	1,75	1,77	4590	0,6
	40	10	0,4455	0,15	0,14		50	0,05
	15	10	0,4455	0,15	0,14		50	0,05
	16	13	0,4455	0,15	0,15		65	0,05
	17	10	0,4455	0,15	0,14		50	0,05
	18	10	0,4455	0,15	0,14		50	0,05
EM5	34	483	0,594	0,2	0,43	0,43	2415	0,15
	35							
	36	267	0,4455	0,15	0,27	0,27	1335	0,1
	37	216	0,4455	0,15	0,26	0,26	1080	0,1
	38							
	39							
	203							
	204	51	0,297	0,1	0,12		255	0,05
	205	51	0,297	0,1	0,12		255	0,05
	206	51	0,297	0,1	0,12		255	0,05
	207	32	0,297	0,1	0,11		160	0,05
	208	32	0,297	0,1	0,11		160	0,05
	209	51	0,297	0,1	0,12		255	0,05
	211	51	0,297	0,1	0,12		255	0,05
	212	51	0,297	0,1	0,12		255	0,05
213	32	0,297	0,1	0,11		160	0,05	
214	32	0,297	0,1	0,11		160	0,05	
215	51	0,297	0,1	0,12		255	0,05	
EM6	216							
	231							
	232							
	233	51	0,297	0,1	0,12		255	0,05
	234	51	0,297	0,1	0,12		255	0,05

Tabla 8 Resumen ajustes calculados alimentación C

## 5. Análisis de los resultados

### 5.1. Resumen de resultados

De los resultados obtenidos podemos elaborar las tablas resumen que mostramos a continuación, en ellas se muestran los resultados de la configuración del 1er y 2º elemento del ajuste ANSI 50/51 de las 3 alimentaciones diferentes y de la configuración actual.

EM	Nº Int	Actual			Alimentación A			Alimentación B			Alimentación C		
		I	T	Ks	I	T	Ks	I	T	Ks	I	T	Ks
CAMP	224												
	225	425	1	0,34	446	1,78	0,6				483	0,89	0,3
	226	425	1	0,34	483	0,74	0,25				483	0,74	0,25
EM1	4	80	4	1,35	102	0,45	0,15	102	0,45	0,15	102	0,45	0,15
	5	160	4	1,35	102	0,59	0,2	102	0,59	0,2	102	0,59	0,2
	6	160	4	1,35				446	1,78	0,6			
	7	80	4	1,35	243	1,93	0,65	243	1,93	0,65	686	1,04	0,35
	19	23	4	1,35	25	0,3	0,1	25	0,30	0,1	25	0,3	0,1
	20	40	5	1,68	25	0,3	0,1	25	0,30	0,1	25	0,3	0,1
	21	40	5	1,68	25	0,3	0,1	25	0,30	0,1	25	0,3	0,1
	22	50	5	1,68	25	0,3	0,1	25	0,30	0,1	25	0,3	0,1
EM2	8	80	1	0,34	243	1,63	0,55	243	1,63	0,55	686	1,19	0,4
	9	80	1	0,34	185	1,49	0,5	185	1,49	0,5	743	1,34	0,45
	23	24	0,89	0,30	25	0,3	0,1	25	0,30	0,1	25	0,3	0,1
	24	6	1	0,34	6	0,45	0,15	6	0,45	0,15	6	0,45	0,15
	25	23	0,5	0,17	25	0,3	0,1	25	0,30	0,1	25	0,3	0,1
EM3	10	160	1	0,34	185	1,19	0,4	185	1,19	0,4	743	1,49	0,5
	11	80	1	0,34	64	1,19	0,4	64	1,19	0,4	865	1,63	0,55
	26	24	0,2	0,07	20	0,3	0,1	20	0,30	0,1	20	0,3	0,1
	27	37	0,2	0,07	41	0,3	0,1	41	0,30	0,1	41	0,3	0,1
	28	37	0,2	0,07	41	0,3	0,1	41	0,30	0,1	41	0,3	0,1
	29	24	0,2	0,07	20	0,3	0,1	20	0,30	0,1	20	0,3	0,1
	40	160	0,74	0,25	10	0,89	0,3	10	0,89	0,3	918	1,93	0,65
EM4	12	160	0,74	0,25	64	0,89	0,3	64	0,89	0,3	865	1,78	0,6
	13	9	1	0,34	10	0,45	0,15	10	0,45	0,15	10	0,45	0,15
	14	160	0,74	0,25	10	0,89	0,3	10	0,89	0,3	918	1,93	0,65
	15	11,3	0,3	0,10	10,0	0,45	0,15	10,0	0,45	0,15	10,0	0,45	0,15
	16	12,0	0,89	0,30	13,0	0,45	0,15	13,0	0,45	0,15	13,0	0,45	0,15
	17	11,3	0,3	0,10	10,0	0,4	0,15	10,0	0,45	0,15	10,0	0,4	0,15
	18	11,3	0,3	0,10	10,0	0,4	0,15	10,0	0,45	0,15	10,0	0,4	0,15
	40	160	0,74	0,25	10	0,89	0,3	10	0,89	0,3	918	1,93	0,65
EM5	34	425	1	0,34	483	0,59	0,2				483	0,59	0,2
	35												
	36	400	1	0,34	267	0,45	0,15	267	0,45	0,15	267	0,45	0,15
	37	400	1	0,34	216	0,45	0,15	216	0,45	0,15	216	0,45	0,15
	38	425	1	0,34				483	0,59	0,2			
	39												
	203												
	204	50	1	0,34	51	0,3	0,1	51	0,30	0,1	51	0,3	0,1
	205	50	1	0,34	51	0,3	0,1	51	0,30	0,1	51	0,3	0,1
	206	50	1	0,34	51	0,3	0,1	51	0,30	0,1	51	0,3	0,1
	207	30	1	0,34	32	0,3	0,1	32	0,30	0,1	32	0,3	0,1
	208	30	1	0,34	32	0,3	0,1	32	0,30	0,1	32	0,3	0,1
	209	50	1	0,34	51	0,3	0,1	51	0,30	0,1	51	0,3	0,1
211	50	1	0,34	51	0,3	0,1	51	0,30	0,1	51	0,3	0,1	
212	50	1	0,34	51	0,3	0,1	51	0,30	0,1	51	0,3	0,1	
213	30	1	0,34	32	0,3	0,1	32	0,30	0,1	32	0,3	0,1	
214	30	1	0,34	32	0,3	0,1	32	0,30	0,1	32	0,3	0,1	
215	50	1	0,34	51	0,3	0,1	51	0,30	0,1	51	0,3	0,1	
216													
EM6	231												
	232												
	233	46	0,6	0,2	51	0,3	0,1	51	0,3	0,1	51	0,3	0,1
	234	46	0,6	0,2	51	0,3	0,1	51	0,3	0,1	51	0,3	0,1

Tabla 9 Resumen configuración 1er elemento

De la tabla anterior se puede observar como ha variado el ajuste actual, pero cuesta ver que consecuencias tienen esas curvas de disparo. Además como todos los relés están ajustados con un 2º elemento en curva independiente para cortocircuitos esta curva solo nos afecta para valores hasta 5 veces la Ia. En la siguiente tabla mostramos los ajustes de ese 2º elemento.

EM	Nº Int	Actual		Alimentación A		Alimentación B		Alimentación C		
		I	Tdef	Tdef	I	Tdef	Tdef	I	Tdef	Tdef
CAMP	224									
	225	700	0,1	2230	0,4			2415	0,25	
	226	700	0,1	2415	0,2			2415	0,2	
EM1	4	800	0,45	510	0,1	510	0,1	510	0,1	
	5	960	0,05	510	0,1	510	0,1	510	0,1	
	6	960	0,05			2230	0,4			
	7	800	0,45	1215	0,35	1215	0,35	3430	0,3	
	19	230	0,05	125	0,05	125	0,05	125	0,05	
	20	230	0,1	125	0,05	125	0,05	125	0,05	
	21	160	0,1	125	0,05	125	0,05	125	0,05	
	22	250	0,1	125	0,05	125	0,05	125	0,05	
EM2	8	800	0,2	1215	0,3	1215	0,3	3430	0,35	
	9	320	2	925	0,25	925	0,25	3715	0,4	
	23	240	0,2	125	0,05	125	0,05	125	0,05	
	24	32	0,1	30	0,05	30	0,05	30	0,05	
	25	100	0,1	125	0,05	125	0,05	125	0,05	
EM3	10	960	2	925	0,2	925	0,2	3715	0,45	
	11	320	2	320	0,15	320	0,15	4325	0,5	
	26	120	0,05	100	0,05	100	0,05	100	0,05	
	27	296	0,05	205	0,05	205	0,05	205	0,05	
	28	296	0,05	205	0,05	205	0,05	205	0,05	
	29	120	0,05	100	0,05	100	0,05	100	0,05	
EM4	12	160	0,15	320	0,1	320	0,1	4325	0,55	
	13	45	0,05	50	0,05	50	0,05	50	0,05	
	14	160	0,15	50	0,05	50	0,75	4590	0,6	
	40			50	0,05	50	0,05	50	0,05	
	15	113	0,3	50	0,05	50	0,05	50	0,05	
	16	120	0,3	65	0,05	65	0,05	65	0,05	
	17	113	0,3	50	0,05	50	0,05	50	0,05	
	18	113	0,3	50	0,05	50	0,05	50	0,05	
EM5	34	700	0,1	2415	0,15			2415	0,15	
	35									
	36	560	0,1	1335	0,1	1335	0,1	1335	0,1	
	37	560	0,1	1080	0,1	1080	0,1	1080	0,1	
	38	700	0,1			2415	0,15			
	39									
	203									
	204	450	0,05	255	0,05	255	0,05	255	0,05	
	205	450	0,05	255	0,05	255	0,05	255	0,05	
	206	450	0,05	255	0,05	255	0,05	255	0,05	
	207	450	0,05	160	0,05	160	0,05	160	0,05	
	208	450	0,05	160	0,05	160	0,05	160	0,05	
	209	450	0,05	255	0,05	255	0,05	255	0,05	
	211	450	0,05	255	0,05	255	0,05	255	0,05	
	212	540	0,05	255	0,05	255	0,05	255	0,05	
	213	450	0,05	160	0,05	160	0,05	160	0,05	
214	450	0,05	160	0,05	160	0,05	160	0,05		
215	450	0,05	255	0,05	255	0,05	255	0,05		
216										
EM6	231									
	232									
	233	230	0,05	255	0,05	255	0,05	255	0,05	
	234	230	0,05	255	0,05	255	0,05	255	0,05	

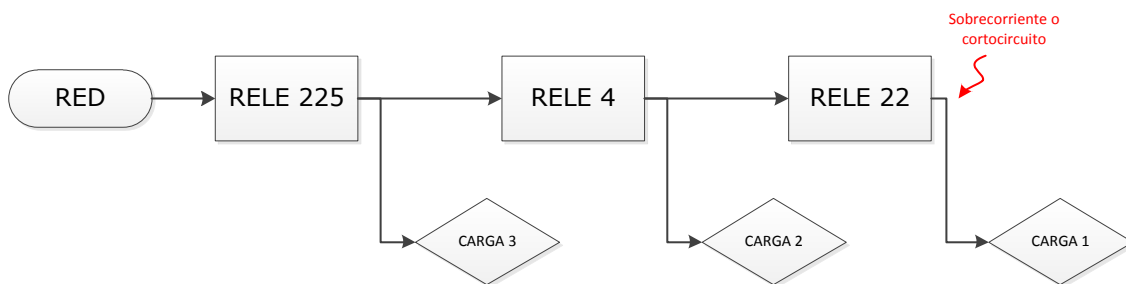
Tabla 10 Resumen configuración 2º elemento

Lo mismo nos pasa si analizamos los ajustes del 2º elemento por separado, aunque en este caso es más fácil ver que algunos saltos de la selectividad no están bien regulados.

Para aclarar la situación a modo de ejemplo mostramos las gráficas de las curvas de los relés que podrían detectar una sobreintensidad o un cortocircuito en 2 EM diferentes para la alimentación A ya que es la alimentación normal de la ETAP. Se ha elegido la EM1 y la EM4, la primera por ser sencilla de analizar y entender la selectividad provocada y la segunda por ser el caso más largo y complicado.

### EM1

En la figura siguiente se muestra la selectividad que tiene que actuar si tenemos una sobrecorriente o cortocircuito en la línea o tráfo aguas abajo de la EM1. Vemos como solo tenemos 2 relés que actúen como respaldo del 22.



*Fig. 25 selectividad aguas arriba de EM1*

En las figuras siguientes se pueden ver las curvas de los ajustes de los relés 22, 4 y 225. Los cuales son capaces de detectar cualquier anomalía en la EM1. En el primer caso se muestra la gráfica de los ajustes actuales.

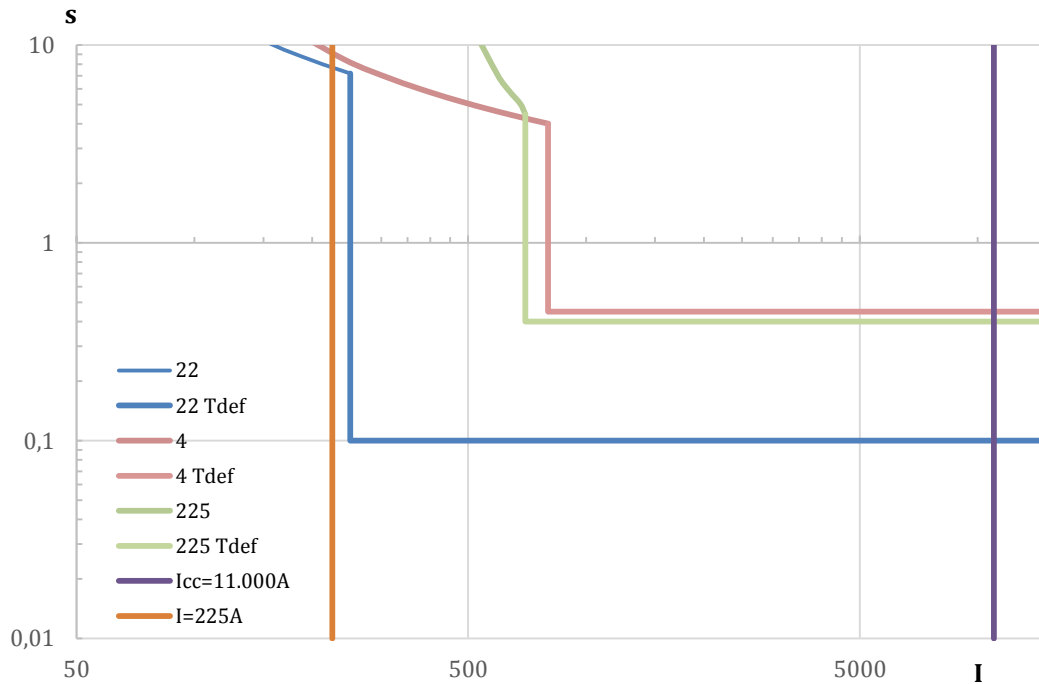


Fig. 26 Icc en EM1 ajustes actuales

En esta gráfica observamos como para corrientes de 225A (que equivale a 4.5 veces la  $I_A=25A$  del primer relé) el tiempo de disparo lo provocaría el relé 22 que es correcto sobre los 8s. Además se puede ver como para intensidades más altas sobre los 800A el primero que detectaría ese cortocircuito sería el relé 22 que dispararía a los 0.1s. Pero si este fallase no dispararía el relé 4, sino que el segundo en provocar el disparo es el 225. Si esto ocurre el cortocircuito dejaría media instalación sin red.

Sin embargo como se ve en la figura siguiente para el ajuste calculado esto no ocurriría. En esta figura se muestran las curvas de los mismos relés comentados anteriormente pero con el ajuste calculado.

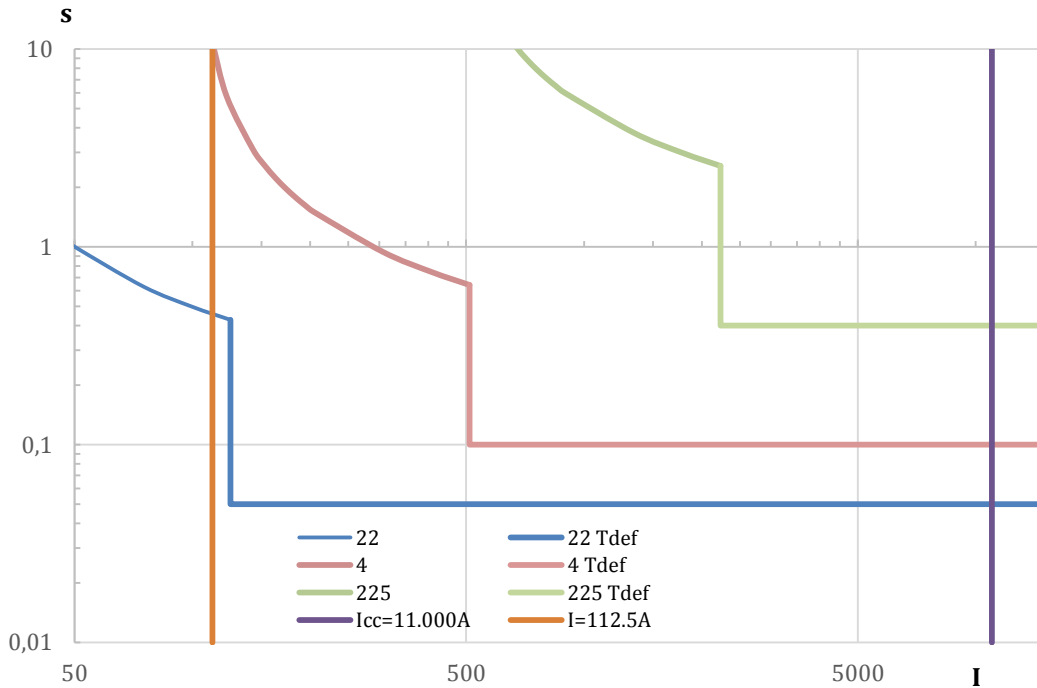


Fig. 27 Icc en EM1 ajustes calculados

En este caso los ajustes calculados son mucho más finos, vemos como el primer relé detecta una sobrecorriente de 4.5 veces su IA mucho antes, es decir, con este ajuste una sobrecorriente de 112.5A provocaría el disparo del relé 22 sobre los 0.5s. En el supuesto caso que el relé 22 fallará sería el relé 4 el que a los 8s segundos provocaría ese disparo. Si analizamos un cortocircuito vemos lo mismo ya que el primero en detectar el fallo sería el relé 22 disparando a los 0.05s, en segundo lugar el relé 4 a los 0.1s y por último el relé 225 disparando a los 0.4s.

#### EM4

En la figura siguiente se muestra la selectividad que tiene que actuar si tenemos una sobrecorriente o cortocircuito en la línea o tráfo aguas abajo de la EM4. Vemos como tenemos varios relés que actúan como respaldo del 18.

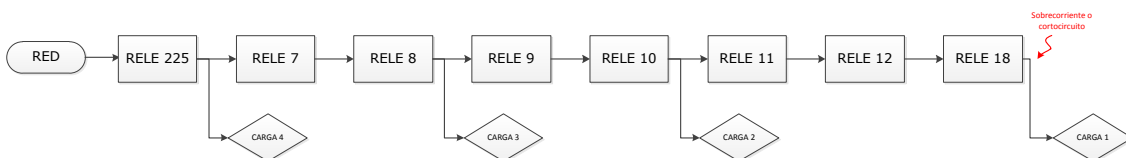


Fig. 28

selectividad aguas arriba de EM4

En la siguiente figura se muestra las curvas de los relés que detectarían una sobre corriente en la EM4 con los ajustes actuales.



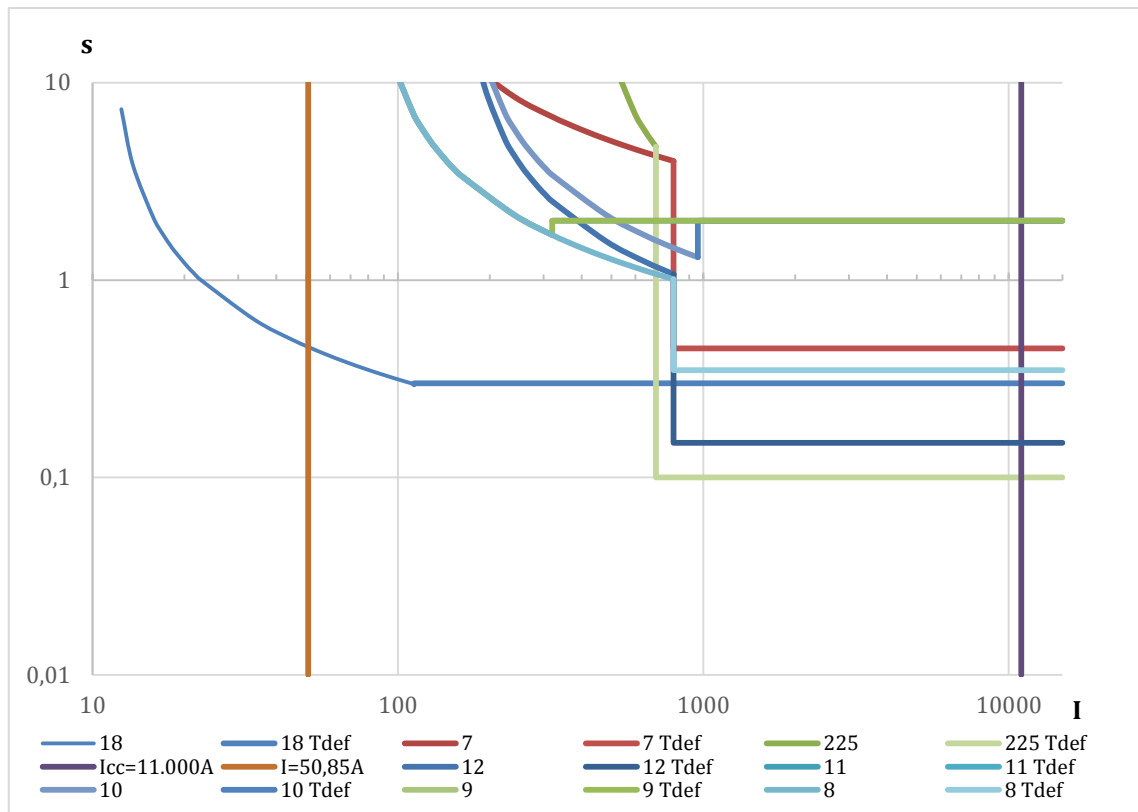


Fig. 29 Icc en EM4 ajustes actuales

Este caso es muy significativo del mal ajuste actual. En el podemos ver como las curvas de los relés se cruzan, suben de tiempo, se intercalan, etc. Cuando tendrían que estar tal y como se ve en la figura siguiente paralelas y correlativas. Si miramos una sobrecorriente en el relé de tráfo 18, este tiene una IA de 11.3A, la sobrecorriente provocada es de 4.5 veces la IA que equivale a 50.85A. De forma correcta el primero en detectar ese fallo sería el propio relé 18. Pero si miramos un cortocircuito en el mismo punto esto ya no ocurre igual, ya que el primero en disparar sería el relé 225. Este suceso es un grave error ya que este relé es de cabecera y dejaría la mitad de la instalación sin tensión al primer fallo.

A continuación en la siguiente figura vemos las curvas de los relés de la misma situación provocando una sobrecorriente en la EM4 pero con los ajustes calculados.

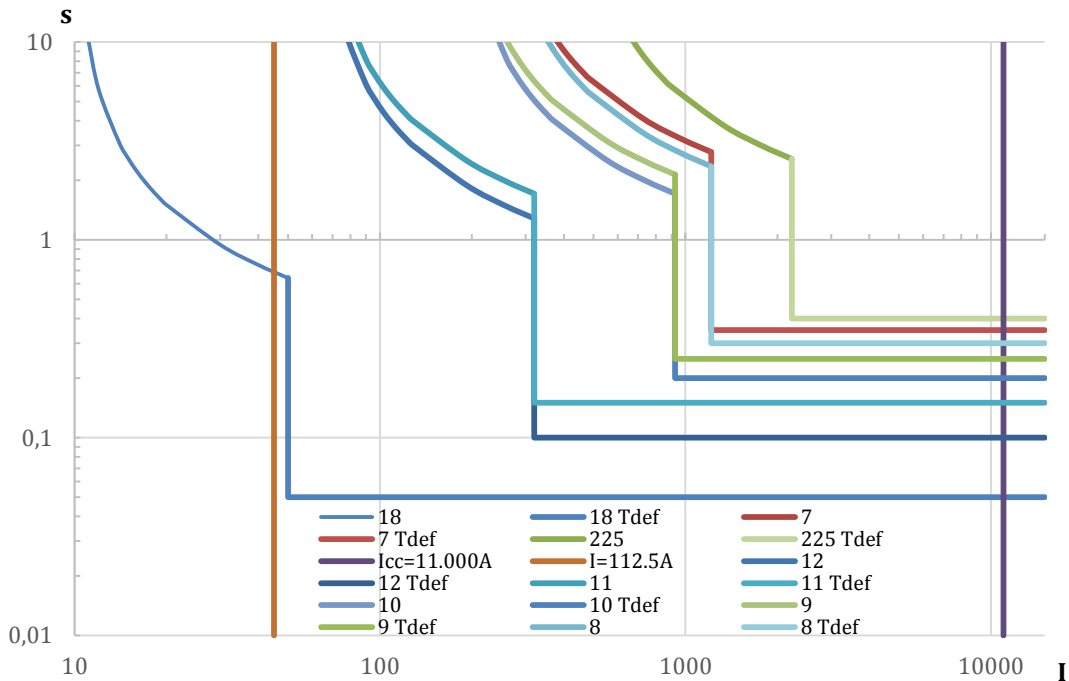


Fig. 30 Icc en EM4 ajustes calculados

En esta figura vemos como las curvas de los relés mantienen la selectividad asignada. De esta forma una sobrecorriente es detectada por el relé 18 que protege el tráfo y un cortocircuito lo mismo. Además si este falla el siguiente en detectarlo no sería el de cabecera, sino el siguiente en la selectividad establecida, es decir el relé 12.

## 5.2. Tiempos de disparo por EM

Para simplificar el análisis un poco más analizamos solo las curvas de tiempo independiente y vemos el problema final que genera tener mal ajustados los relés. Se plantean las siguientes tablas, donde de forma simplificada mostramos los tiempos de disparo simulando un cortocircuito en cada EM. De modo que por ejemplo si tenemos un cortocircuito en la EM1 el tiempo de disparo propio del relé 22 es de 0,11s para la conexión tipo A, el tiempo de respaldo del relé 4 es de 0,21s y el tiempo de respaldo del relé 225 es de 1,26 s. De modo que se mantiene la selectividad de los relés. Pero si miramos los mismos tiempos pero con los ajustes actuales el tiempo de respaldo del relé 4 es más alto que el del relé 225, esto haría que si se produce un cortocircuito en la EM1 y el relé 22 falla acabaría disparando el relé 225. Y lo que todavía es peor el tiempo propio del relé 22 es de 2,06s que es también más alto que el tiempo del relé 225. Este hecho provocaría una falta de tensión en la mitad de las instalaciones de la ETAP.

Para analizar estos casos se muestran las tablas de tiempos de disparo para cada EM y para cada tipo de alimentación de los ajustes de tiempo dependiente donde se resaltan los tiempos donde no se cumple la selectividad de los relés. En las tablas se muestran los tiempos de disparo propios y de respaldo siguiendo la selectividad que se muestra en los planos del apartado 3.11 o los planos 8.1.12, 8.1.13 y 8.1.14.

Alimentación A

Cortocircuito en EM1			Cortocircuito en EM2			Cortocircuito en EM3		
Relé	Ajuste	Ajuste	Relé	Ajuste	Ajuste	Relé	Ajuste	Ajuste
22	0,11	2,06	25	0,11	0,18	29	0,10	0,07
4	0,21	1,81	8	0,97	0,45	10	0,66	0,53
225	1,26	0,69	7	1,14	1,81	9	0,82	0,45
			225	1,26	0,69	8	0,97	0,45
						7	1,14	1,81
						225	1,26	0,69

Cortocircuito en EM4			Cortocircuito en EM5			Cortocircuito en EM6		
Relé	Ajuste	Ajuste	Relé	Ajuste	Ajuste	Relé	Ajuste	Ajuste
18	0,14	0,1	209	0,12	0,41	234	0,12	0,24
12	0,39	0,4	36	0,27	0,68	5	0,29	2,13
11	0,52	0,46	34	0,43	0,70	225	1,26	0,69
10	0,66	0,53	226	0,54	0,70			
9	0,82	0,45						
8	0,97	0,45						
7	1,14	1,81						
225	1,26	0,69						

Tabla 11 Tiempos de disparo Alimentación A por tiempo dependiente

En la tabla 11 podemos ver como en los tiempos de los ajustes calculados no tenemos ninguna incidencia con la selectividad, pero no podemos decir lo mismo de los ajustes actuales. De los segundos vemos como en todas las simulaciones de cortocircuitos tenemos alguna incidencia.

Como hemos explicado en el ejemplo de inicio estas incidencias provocarían el disparo de los relés sin tener en cuenta la selectividad lógica exigida en estas protecciones. Tal y como se intuía antes de realizar este estudio los relés que protegen transformador excepto los de la EM1 están ajustados correctamente, aunque los tiempos de ajuste no sean los más adecuados. Pero mirando la selectividad desde un punto de vista macro de las instalaciones esa selectividad no se cumple en ninguna de las simulaciones.

### Alimentación B

Cortocircuito en EM1			Cortocircuito en EM2			Cortocircuito en EM3		
Relé	Ajuste	Ajuste	Relé	Ajuste	Ajuste	Relé	Ajuste	Ajuste
22	0,11	2,06	25	0,11	0,18	29	0,10	0,07
4	0,21	1,81	8	0,97	0,45	10	0,66	0,53
6	1,25	2,11	7	1,14	1,81	9	0,82	0,45
			6	1,25	2,11	8	0,97	0,45
						7	1,14	1,81
						6	1,25	2,11

Cortocircuito en EM4			Cortocircuito en EM5			Cortocircuito en EM6		
Relé	Ajuste	Ajuste	Relé	Ajuste	Ajuste	Relé	Ajuste	Ajuste
18	0,14	0,1	209	0,12	0,41	234	0,12	0,24
12	0,39	0,4	36	0,27	0,68	5	0,28	2,13
11	0,52	0,46	38	0,43	0,69	6	1,25	2,11
10	0,66	0,53						
9	0,82	0,45						
8	0,97	0,45						
7	1,14	1,81						
6	1,25	2,11						

Tabla 12 Tiempos de disparo Alimentación B por tiempo dependiente

### Alimentación C

Cortocircuito en EM1			Cortocircuito en EM2			Cortocircuito en EM3		
Relé	Ajuste	Ajuste	Relé	Ajuste	Ajuste	Relé	Ajuste	Ajuste
22	0,11	2,06	25	0,11	0,18	29	0,10	0,07
4	0,21	1,81	9	1,14	0,45	11	1,47	0,46
7	0,84	1,81	10	1,26	0,53	12	1,60	0,40
8	0,99	0,45	11	1,47	0,46	14	1,77	0,40
9	1,14	0,45	12	1,60	0,40			
10	1,26	0,53	14	1,77	0,40			
11	1,47	0,46						
12	1,60	0,40						
14	1,77	0,40						

Cortocircuito en EM4			Cortocircuito en EM5			Cortocircuito en EM6		
Relé	Ajuste	Ajuste	Relé	Ajuste	Ajuste	Relé	Ajuste	Ajuste
18	0,14	0,1	209	0,12	0,41	234	0,12	0,24
14	1,77	0,40	36	0,27	0,68	5	0,29	2,13
			34	0,43	0,70	7	0,84	1,81
			226	0,54	0,70	8	0,99	0,45
			225	0,65	0,69	9	1,14	0,45
			7	0,84	1,81	10	1,26	0,53
			8	0,99	0,45	11	1,47	0,46
			9	1,14	0,45	12	1,60	0,40
			10	1,26	0,53	14	1,77	0,40
			11	1,47	0,46			
			12	1,60	0,40			
			14	1,77	0,40			

Tabla 13 Tiempos de disparo Alimentación C por tiempo dependiente

En las tablas 12 y 13 vemos una situación parecida a la alimentación A. En los ajustes calculados no tenemos ninguna incidencia, pero en los actuales tenemos demasiadas incidencias de selectividad.

Si hacemos el mismo análisis con los tiempos de las curvas por tiempo independiente se observa cosas muy parecidas tal y como muestran las tablas siguientes (también se resaltan aquellas incidencias en los tiempos de disparo).

Alimentación A

Cortocircuito en EM1			Cortocircuito en EM2			Cortocircuito en EM3		
Relé	Ajuste	Ajuste	Relé	Ajuste	Ajuste	Relé	Ajuste	Ajuste
22	0.05	0.1	25	0.05	0.1	29	0.05	0.05
4	0.1	0.45	8	0.3	0.2	10	0.2	2
225	0.4	0.1	7	0.35	0.45	9	0.25	2
			225	0.4	0.1	8	0.3	0.2
						7	0.35	0.45
						225	0.4	0.1

Cortocircuito en EM4			Cortocircuito en EM5			Cortocircuito en EM6		
Relé	Ajuste	Ajuste	Relé	Ajuste	Ajuste	Relé	Ajuste	Ajuste
18	0.05	0.3	209	0.05	0.05	234	0.05	0.05
12	0.1	0.15	36	0.1	0.1	5	0.1	0.05
11	0.15	2	34	0.15	0.1	225	0.4	0.1
10	0.2	2	226	0.2	0.1			
9	0.25	2						
8	0.3	0.2						
7	0.35	0.45						
225	0.4	0.1						

Tabla 14 Tiempos de disparo Alimentación A por tiempo independiente

Alimentación B

Cortocircuito en EM1			Cortocircuito en EM2			Cortocircuito en EM3		
Relé	Ajuste	Ajuste	Relé	Ajuste	Ajuste	Relé	Ajuste	Ajuste
22	0.05	0.1	25	0.05	0.1	29	0.05	0.05
4	0.1	0.45	8	0.3	0.2	10	0.2	2
6	0.4	0.05	7	0.35	0.45	9	0.25	2
			6	0.4	0.05	8	0.3	0.2
						7	0.35	0.45
						6	0.4	0.05

Cortocircuito en EM4			Cortocircuito en EM5			Cortocircuito en EM6		
Relé	Ajuste	Ajuste	Relé	Ajuste	Ajuste	Relé	Ajuste	Ajuste
18	0.05	0.3	209	0.05	0.05	234	0.05	0.05
12	0.1	0.15	36	0.1	0.1	5	0.1	0.05
11	0.15	2	38	0.15	0.1	6	0.4	0.05
10	0.2	2						
9	0.25	2						
8	0.3	0.2						
7	0.35	0.45						
6	0.4	0.05						

Tabla 15 Tiempos de disparo Alimentación B por tiempo independiente

### Alimentación C

Cortocircuito en EM1			Cortocircuito en EM2			Cortocircuito en EM3		
Relé	Ajuste	Ajuste	Relé	Ajuste	Ajuste	Relé	Ajuste	Ajuste
22	0.05	0.1	25	0.05	0.1	29	0.05	0.05
4	0.1	0.45	9	0.4	2	11	0.5	2
7	0.3	0.45	10	0.45	2	12	0.55	0.15
8	0.35	0.2	11	0.5	2	14	0.6	0.15
9	0.4	2	12	0.55	0.15			
10	0.45	2	14	0.6	0.15			
11	0.5	2						
12	0.55	0.15						
14	0.6	0.15						

Cortocircuito en EM4			Cortocircuito en EM5			Cortocircuito en EM6		
Relé	Ajuste	Ajuste	Relé	Ajuste	Ajuste	Relé	Ajuste	Ajuste
18	0.05	0.3	209	0.05	0.05	234	0.05	0.05
14	0.6	0.15	36	0.1	0.1	5	0.1	0.05
			34	0.15	0.1	7	0.3	0.45
			226	0.2	0.1	8	0.35	0.2
			225	0.25	0.1	9	0.4	2
			7	0.3	0.45	10	0.45	2
			8	0.35	0.2	11	0.5	2
			9	0.4	2	12	0.55	0.15
			10	0.45	2	14	0.6	0.15
			11	0.5	2			
			12	0.55	0.15			
			14	0.6	0.15			

Tabla 16 Tiempos de disparo Alimentación C por tiempo independiente

Si analizamos las tablas 14, 15 y 16 vemos la misma situación que para las curvas de tiempo dependiente. Se observa como los ajustes actuales tienen muchas incidencias y los ajustes calculados ninguna.

### 5.3. Soluciones planteadas

Las soluciones planteadas se estructuran en tres partes dependiendo de la elección del cliente.

#### Básica

La solución básica se basa en el estado estándar de la alimentación MT de la ETAP. Como ya se ha explicado en el punto 3.10 la alimentación A es la alimentación que se usa en el estado de normalidad de la planta. Basando la solución planteada en ese concepto se plantea cambiar el ajuste actual a los ajustes calculados 4.2 resultados (alimentación A) en los ajustes de reglaje A.

#### Completa

La solución completa desarrolla la opción básica configurando los ajustes del punto 4.2 en el reglaje A añadiendo los ajustes del apartado 4.3 en el reglaje B. Esto nos daría la opción de añadir un selector donde podríamos decirle a los relés que tipo de alimentación tenemos en cada momento si A o B y cambiar el reglaje de los relés acordes en cada momento.

### Óptima

Aunque la solución óptima es configurar una señal en telecontrol donde le digamos a la red existente de Modbus en un bit en concreto que tipo de alimentación tenemos. Incluso esa señal cambiaría el reglaje del modo A al B de una forma automática. Simplemente mirando el sentido de la corriente en ciertos puntos podemos saber con exactitud el tipo de alimentación y cambiar el reglaje en función de ello.

Por otro lado cabe analizar otro puntos como:

El estudio de los ajustes de las protecciones de A.T de la ETAP no finaliza con este estudio, ya que solo se han analizado las sobrecorrientes 50/51. Si analizamos las posibilidades que presentan los equipos instalados vemos como acabar con el ajuste solo de las sobrecorrientes ANSI 50/51 es insuficiente. Como se muestra en el punto 3.7 estos equipos pueden analizar y proteger muchos parámetros.

Por último se observa una de las alimentaciones planteadas (alimentación C) que no es viable para un estado de cargas normales, ya que las intensidades generadas en puntos específicos superarían los valores máximos de la apartamentada. Este hecho hace que se tenga que replantear la forma de alimentación C, añadiendo alguna limitación para que en ningún caso se superen esos valores de intensidades máximas toleradas.

## **5.5. Conclusiones**

Según lo descrito, el facultativo considera que el presente trabajo expone y detalla suficientemente las características de la instalación, los resultados de los ajustes, la configuración de los ajustes, etc. para obtener la aceptación del peticionario. Supeditadas las autorizaciones al visto bueno de las pruebas, comprobaciones y modificaciones que este último tenga bien a efectuar.

## **5.6. Autor del proyecto**

Marcos Ceciliano Aguilera

47788572-T

Técnico superior en regulación y control de sistemas automáticos.

## 6. Bibliografía

### 6.1. Referencias bibliográficas y electrónicas

- F.Luque Montilla. *PROJECTE ESTACIÓ MANIOBRA Nº1 DE LA PLANTA DE SANT JOAN DESPI*. 1989
- F.Luque Montilla. *PROJECTE ESTACIÓ MANIOBRA Nº2 DE LA PLANTA DE SANT JOAN DESPI*. 1989
- F.Luque Montilla. *PROJECTE ESTACIÓ MANIOBRA Nº3 DE LA PLANTA DE SANT JOAN DESPI*. 1989
- Abel Cruz Hernandez. Col 12.312. *PROYECTO TÉCNICO PARA LA LEGALIZACIÓN DE MEDIA TENSIÓN EN LA ETAP DE AGBAR SANT JOAN DESPÍ*. 2009
- JORGE MARCEL CASENAVE. CoL 24.287. *PROYECTO LEGALIZACIÓN AT Cota 70 ETAP SANT JOAN DESPÍ*. 2014

### 6.2. Bibliografía de consulta

- Apuntes y diapositivas asignatura *INSTAL·LACIONS ELÈCTRIQUES DE BAIXA I ALTA TENSIÓ II*.
- <http://wps.portalbita.net/wps/myportal/BITA.ExpedientesLegales> se necesita permiso interno de la empresa.
- Instrucción Técnica Complementaria MIE-RAT 09, PROTECCIONES.
- Resum programació Sepam S40.
- Aigües de Barcelona, Folleto de visitas "L'ESTACIÓ DE TRACTAMENT D'AIGUA POTABLE (ETAP) DE SANT JOAN DESPÍ.
- Vademécum de la construcció i normalització de materials del grup Endesa, de línies aèries i subterrànies de MT i BT i Centres de Transformació.
- <http://www.schneider-electric.com/products/es/es/4700-reles-de-proteccion-por-gama/4745-sepam-serie-40/934-sepam-serie-40/?APPLICATION=1025>



## 7. Presupuesto

En la elaboración de este presupuesto se ha tenido en cuenta la entrega de las tablas de cálculo.

Con estos archivos se podrán calcular los ajustes posteriores a cualquier modificación que tenga la instalación. Para ello solo tendrán que actualizar los campos que se modifiquen y las tablas mostrarán los nuevos ajustes a instaurar.

Descripción	Ud.	valor	Precio Ud.	Subtotal
<b>Conexión PC a relé, descarga de ajustes, revisión alarmas</b>	43	1,5h	30 €/ud	1.935 €
<b>Cálculo ajuste relé modo A y entrega de tabla de cálculos.</b>	43		40 €/ud	1.720 €
<b>Cálculo ajuste relé modo B y entrega de tabla de cálculos.</b>	43		40 €/ud	1.720 €
<b>Cálculo ajuste relé modo A y entrega de tabla de cálculos.</b>	43		40 €/ud	1.720 €
<b>Conexión PC a relé, programación nuevos ajustes, comprobación disparos, descarga de ajustes.</b>	43	1h	30 €/ud	1.290 €
<b>Gastos administrativos</b>				600 €
				<b>8.985 €</b>

Tabla 17 Presupuesto

Si analizamos el presupuesto en referencia a las celdas de maniobra de MT y en particular a los relés de protección instalados, observamos que el valor de tener bien ajustados los equipos es relativamente bajo tal y como se muestra en la tabla siguiente. Con esto se valora muy aconsejable realizar el estudio de todos los parámetros ajustables de los equipos que sean interesantes que protejan en las instalaciones anteriormente mencionadas.

	Cabinas de MT	Relés SEPAM	Estudio
<b>Precio</b>	1.464.967 €	175.393 €	8.985 €
<b>Relativo a Estudio</b>	0,6%	5,1%	

Tabla 18 Comparativa de precios

Los precios de las cabinas y relés se detallan a continuación como ejemplo de la comparativa. Estos precios han sido extraídos del proyecto de legalización de la EM6, ya que es la más actual.



Celda de protección con interruptor automático, aislamiento y corte en gas SF6, aislamiento de 36 KV, sistema modular, tensión nominal de 25Kv, intensidad nominal 630 <sup>a</sup> , intensidad de cortocircuito de 20KA, incluye seccionador III con conexión-seccionamiento a tierra, interruptor III de corte en vacío con control motorizado a 110 Vcc, relé de protección 50-51/50N-51N/49T modelo SEPAM1000+T40 de Schneider Electric, 3 transformadores de intensidad 60/1 A clase 5P10, contactos auxiliares, marca Ormazábal, tipo CMP-V-36L2.	34.069 €/ud
SEPAM S40 en cabina existente para protección 50-51/50N-51N/49T, incluye 3 toroidales de fase y un toroidal homopolar	4.078,91 €/ud



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

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

## **Volumen II**

Planos - Reglajes relé – Fotos – Tablas – Doc. Digital

TRABAJO DE FINAL DE GRADO



TFG presentado para optar al título de GRADO en  
INGIENERÍA ELÉCTRICA  
por **Marcos Ceciliano Aguilera**

Barcelona, 9 de Junio de 2015

Tutor proyecto: Juan Morón Romera  
Departamento de Ingeniería Eléctrica (DEE)  
Universitat Politècnica de Catalunya (UPC)



## **8. Anexos**

### **8.1. Planos**

**8.1.1. Situación y emplazamiento**

**8.1.2. Situación EM's**

**8.1.3. Líneas MT**

**8.1.4. Esquema unifilar general ETAP**

**8.1.5. Esquema unifilar CAMP**

**8.1.6. Esquema unifilar EM1**

**8.1.7. Esquema unifilar EM2**

**8.1.8. Esquema unifilar EM3**

**8.1.9. Esquema unifilar EM4**

**8.1.10. Esquema unifilar EM5**

**8.1.11. Esquema unifilar EM6**

**8.1.12. Esquema unifilar alimentación tipo A**

**8.1.13. Esquema unifilar alimentación tipo B**

**8.1.14. Esquema unifilar alimentación tipo C**

### **8.2. Impresión reglaje del Relé 34 EM5**

### **8.3. Fotos cabinas de MT**

### **8.4. Tabla resumen ajustes actuales**

### **8.5. Resultados de cálculos**

**8.5.1. Resultados de cálculos Alimentación A**

**8.5.2. Resultados de cálculos Alimentación B**

**8.5.3. Resultados de cálculos Alimentación C**

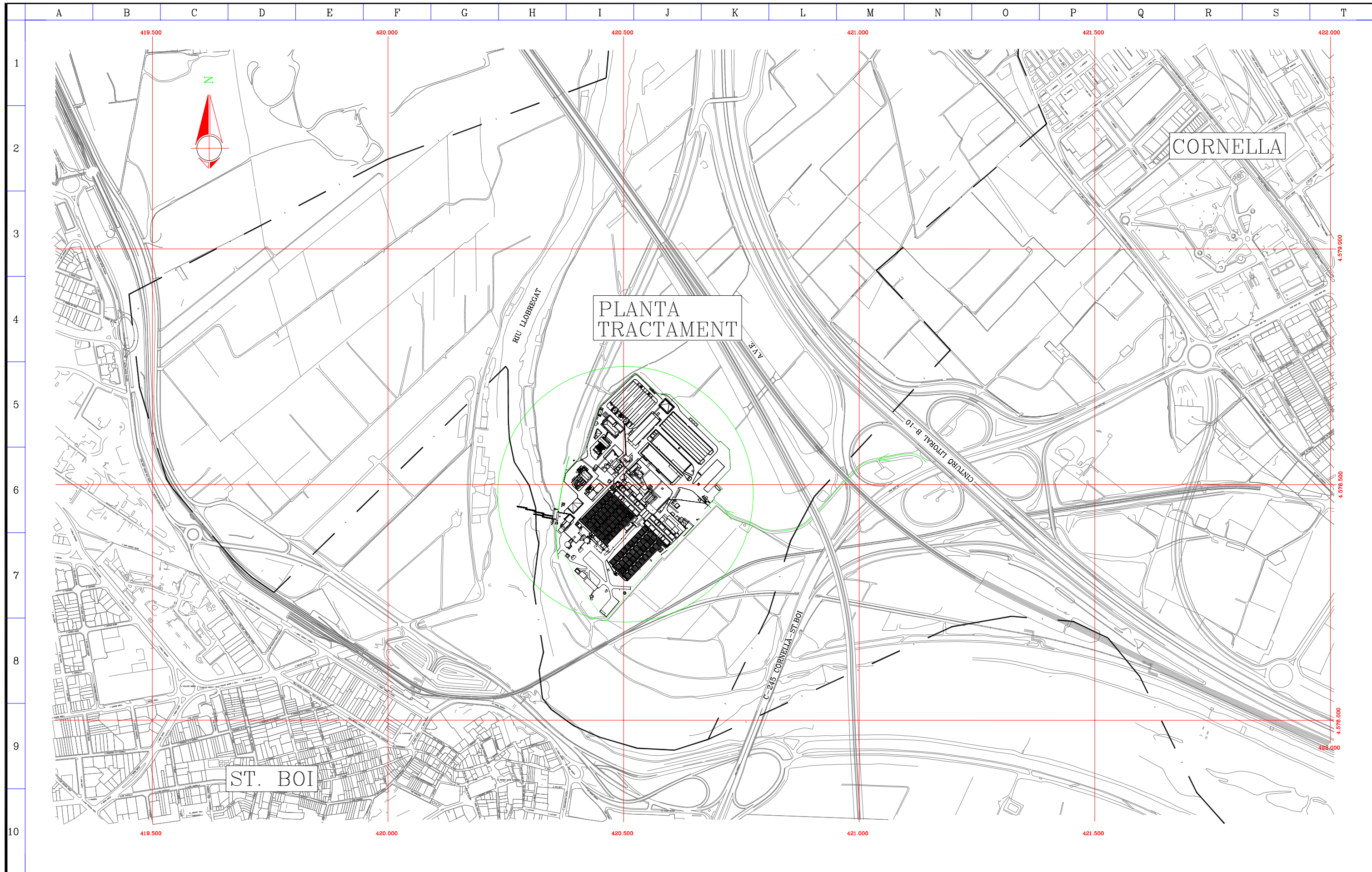
### **8.6. Documentación digital aportada**

- Manual usuario Sepam serie 40
- Archivos reglajes relés Sepam
- Tablas de Cálculo del ajuste de los relés



## 8.1. Planos





TFG Marcos Ceciliano

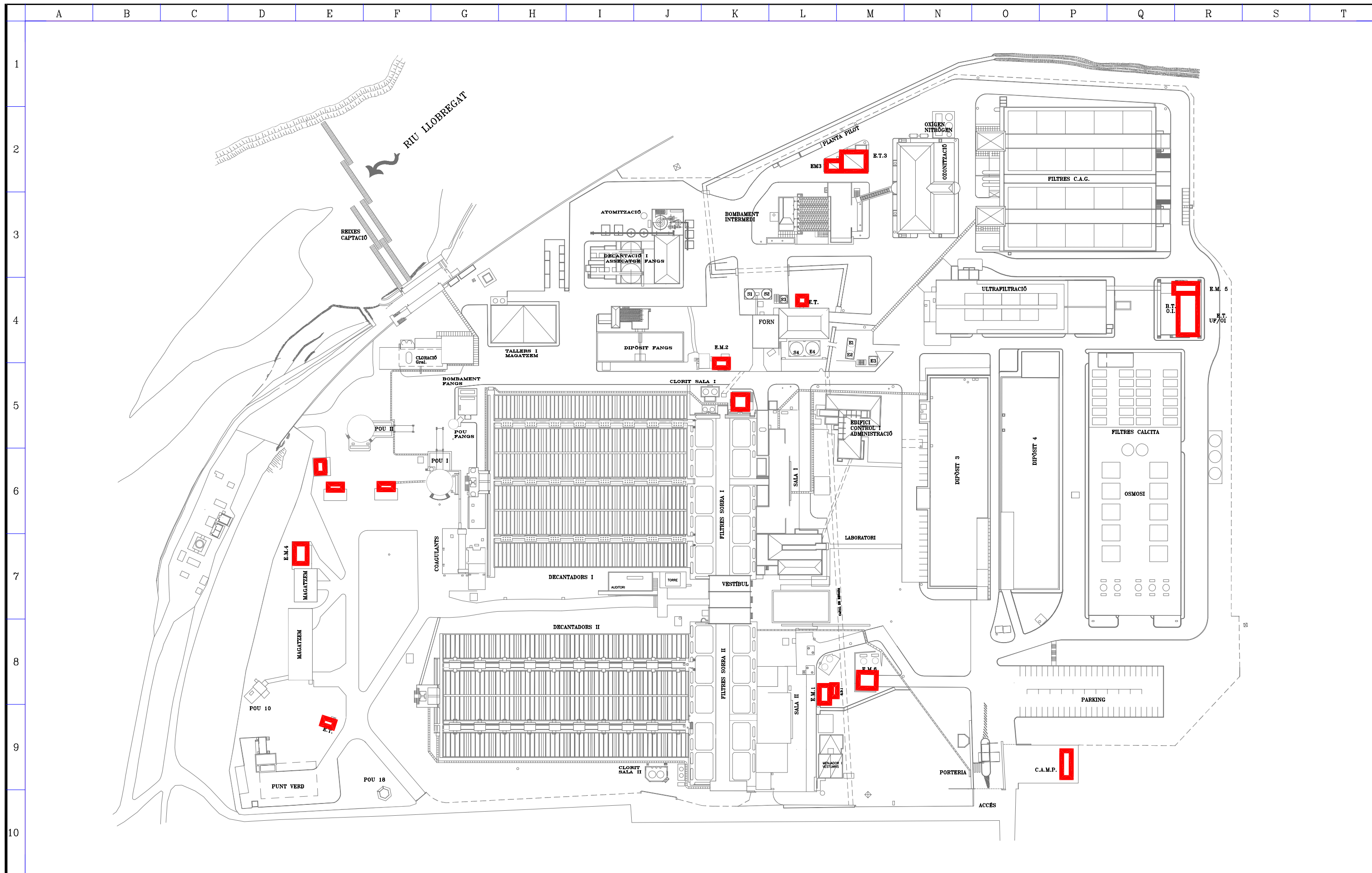
20-05-15	0	Documento inicial	M.CECILIANO	M.CECILIANO
Fecha:	Rev:	Motivo del cambio:	Dibujado:	Aprobado:



**ESTUDIO DE LAS PROTECCIONES AT  
E.T.A.P. SANT JOAN DESPÍ  
SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO**

Substituye:	PLANO:	8.1.1
Substituido:	FOLIO:	1
	ESCALA:	1/10.000

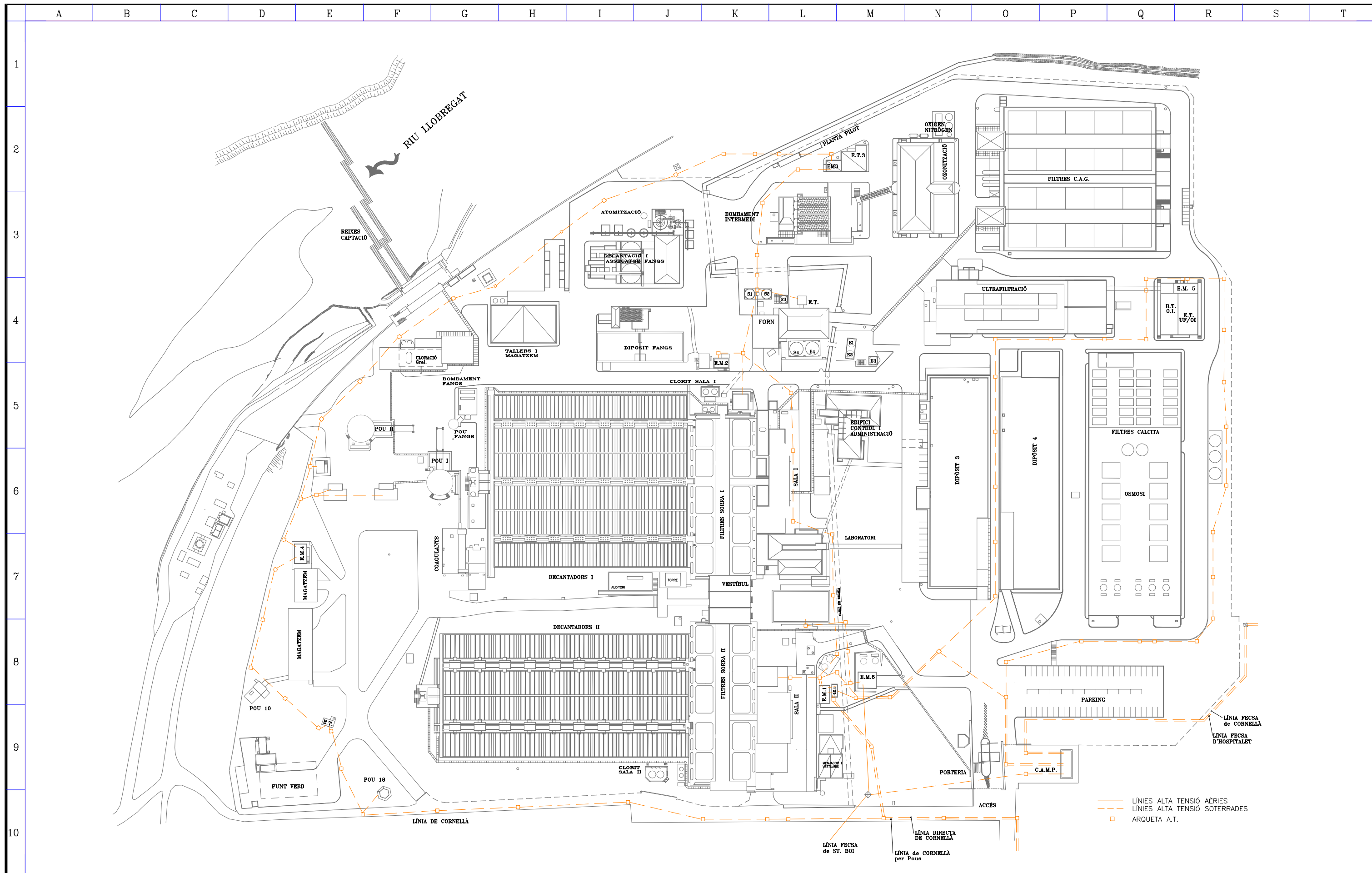




20-05-15	0	Documento inicial	M.CECILIANO/M.CECILIANO
Fecha:	Rev:	Motivo del cambio:	Dibujado: Aprobado:

**ESTUDIO DE LAS PROTECCIONES AT  
E.T.A.P. SANT JOAN DESPÍ  
SITUACIÓN EM'S**

Substituye:	PLANO:	<b>8.1.2</b>
Substituido:	FOLIO:	<b>1</b>
	ESCALA:	<b>S/E</b>



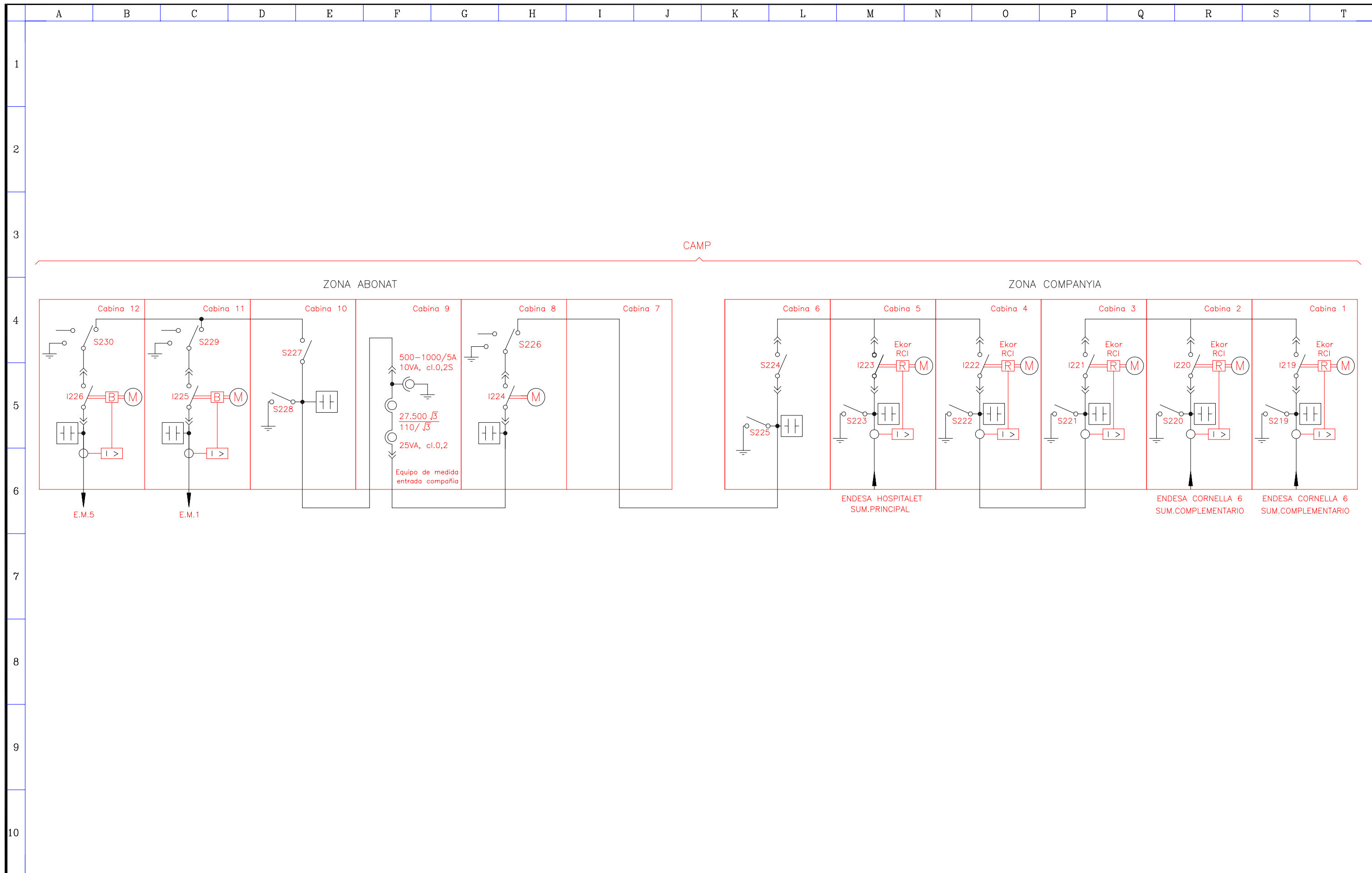
20-05-15	0	Documento inicial	M.CECILIANO/M.CECILIANO
Fecha:	Rev:	Motivo del cambio:	Dibujado: Aprobado:

**ESTUDIO DE LAS PROTECCIONES AT  
E.T.A.P. SANT JOAN DESPÍ  
LINEAS MT**

Substituye:	PLANO:	<b>8.1.3</b>
Substituido:	FOLIO:	<b>1</b>
	ESCALA:	<b>S/E</b>

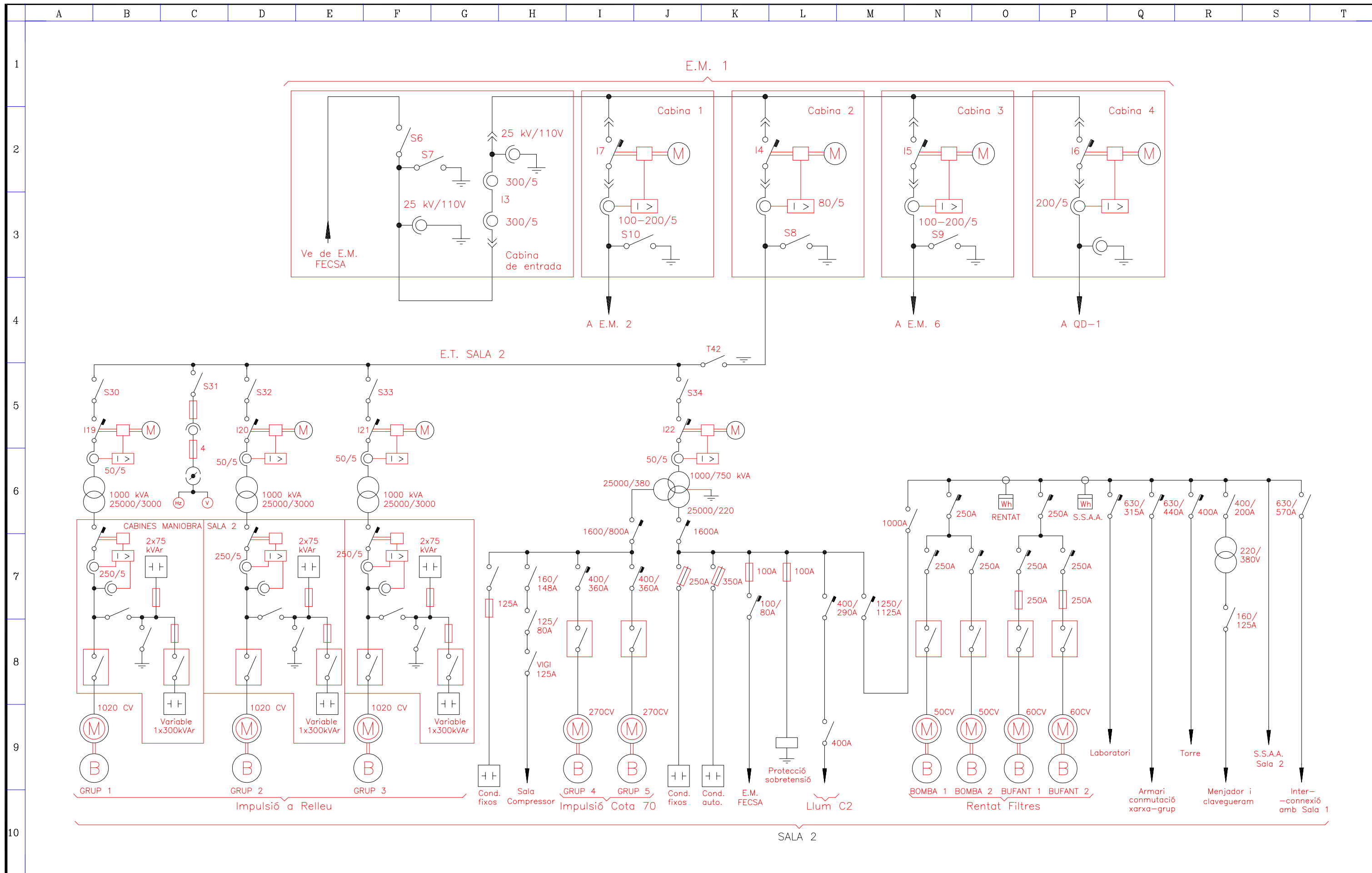


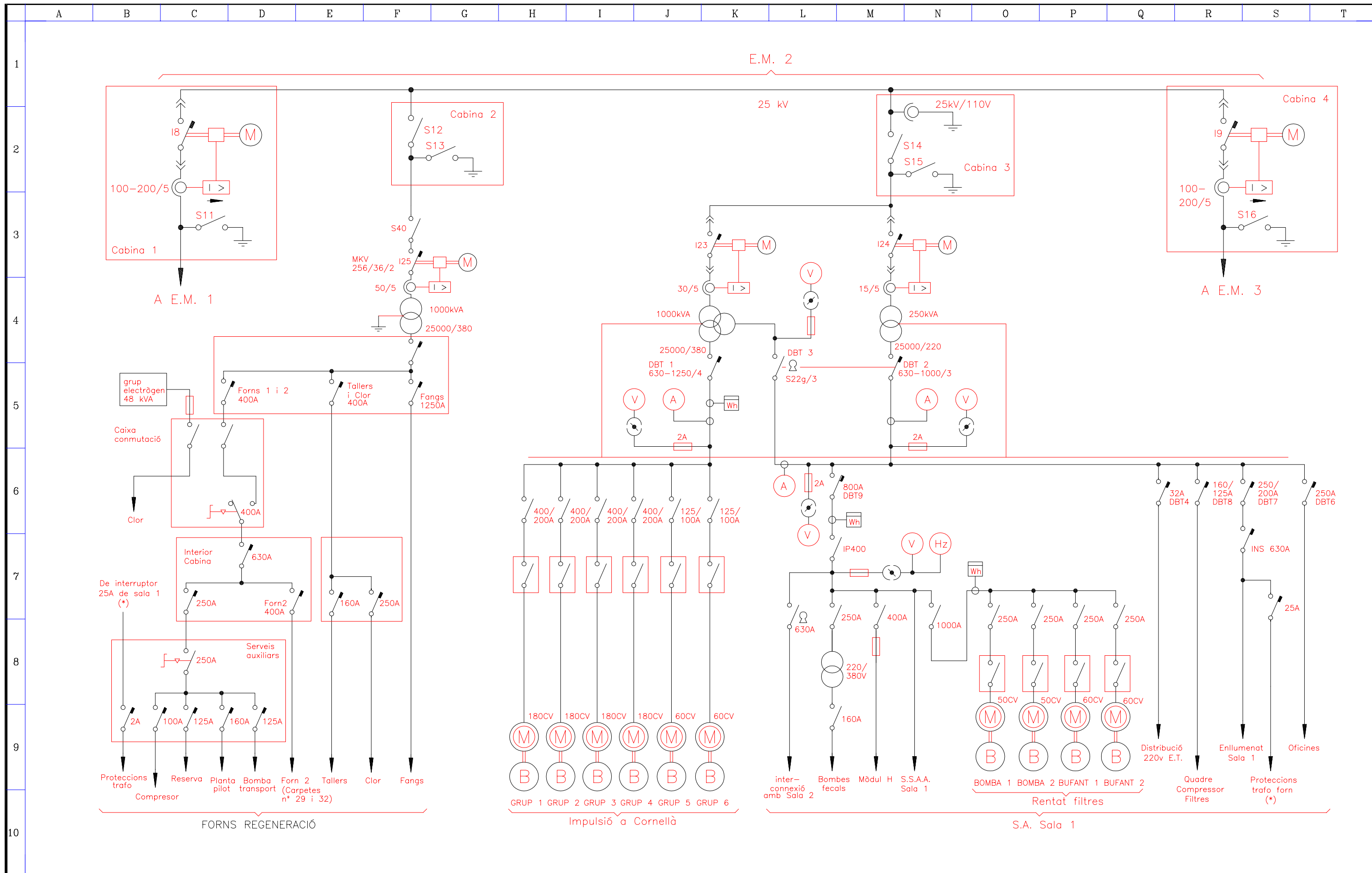


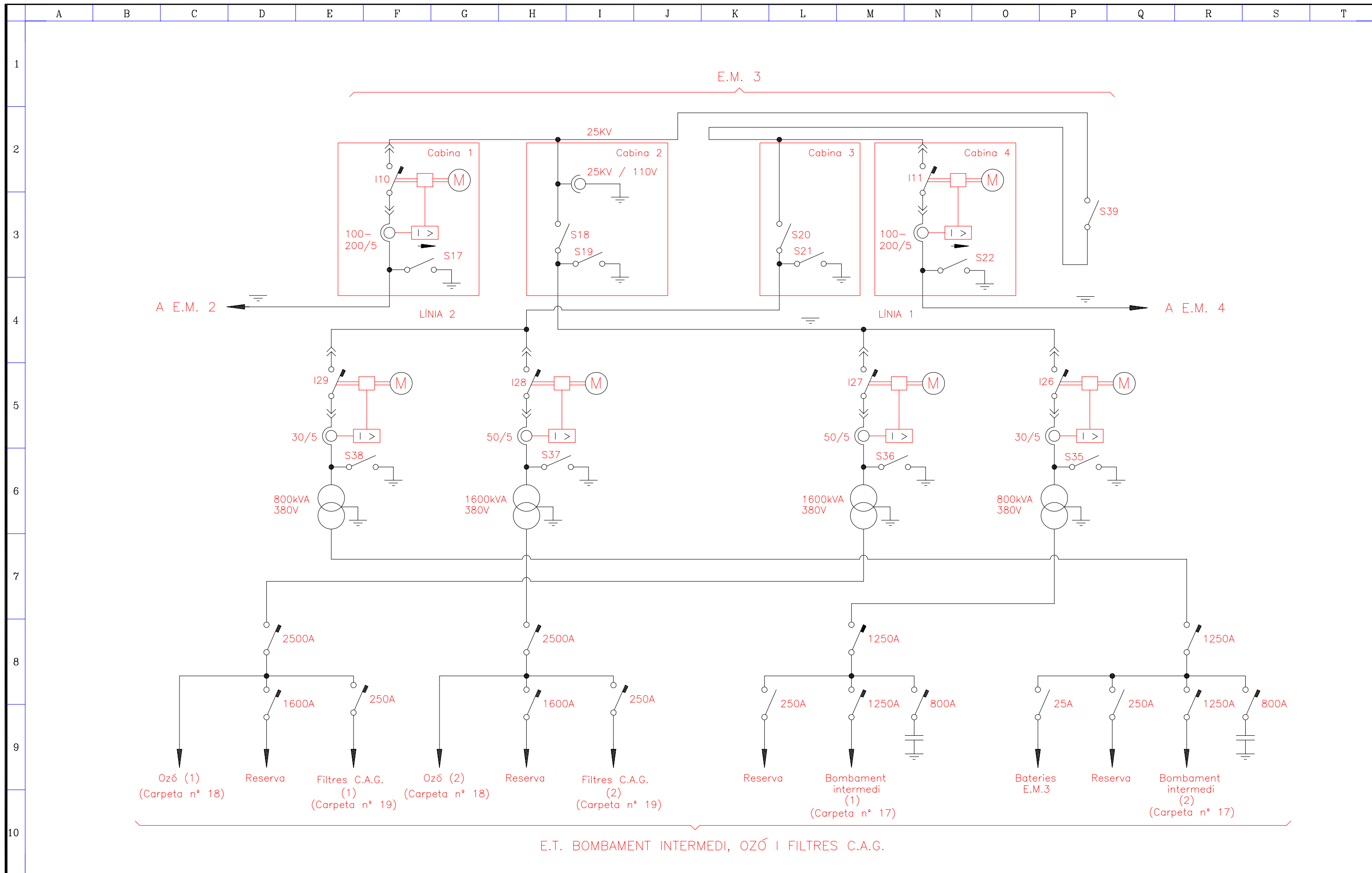


20-05-15	0	Documento inicial	M.CECILIANO	M.CECILIANO
Fecha:	Rev:	Motivo del cambio:	Dibujado:	Aprobado:

Substituye:	PLANO:	<b>8.1.5</b>
Substituido:	FOLIO:	<b>1</b>
	ESCALA:	<b>S/E</b>

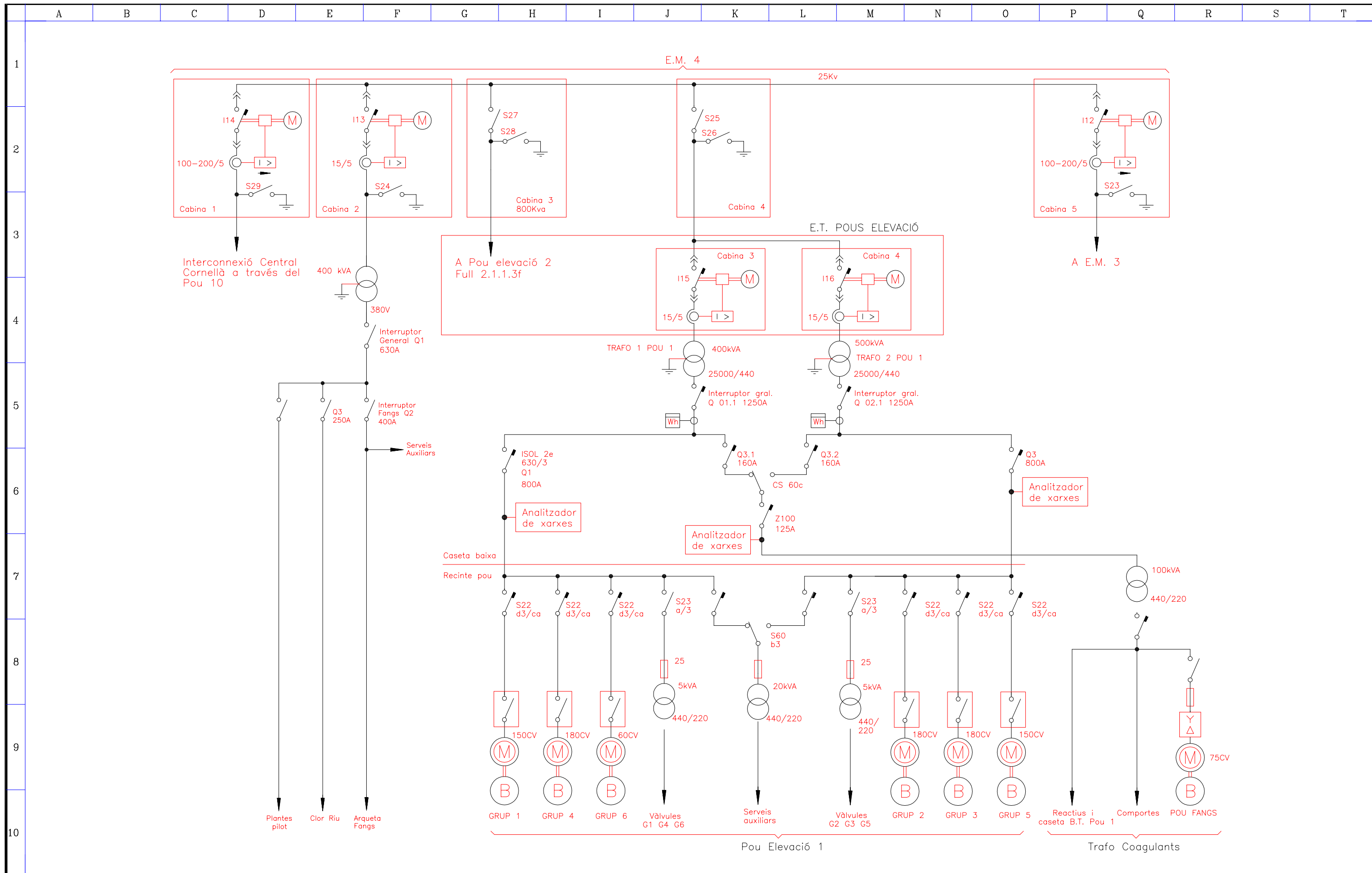






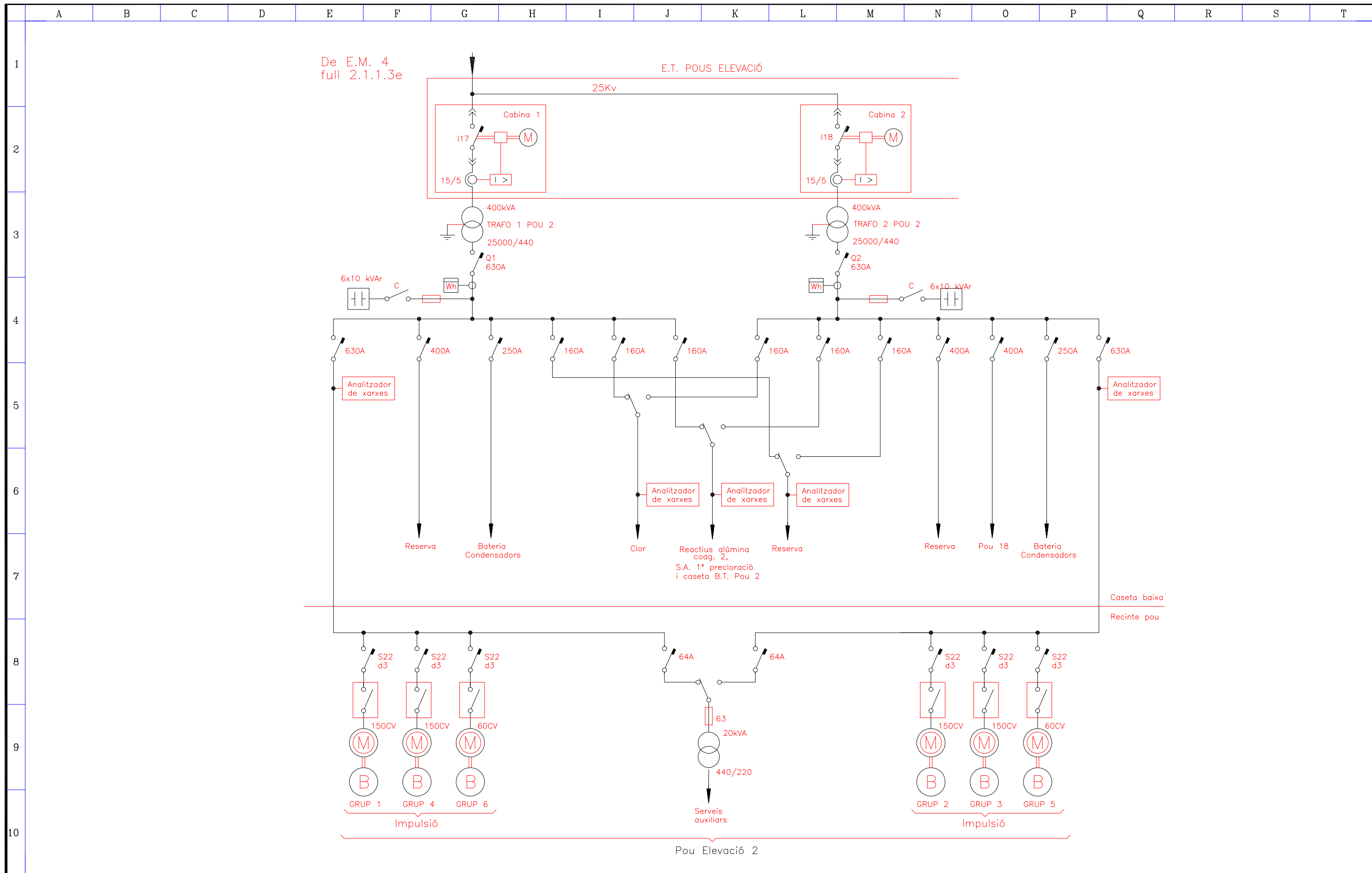
20-05-15	0	Documento inicial	M.CECILIANO	M.CECILIANO
Fecha:	Rev:	Motivo del cambio:	Dibujado:	Aprobado:

Substituye:	PLANO:	<b>8.1.8</b>
Substituido:	FOLIO:	<b>1</b>
	ESCALA:	<b>S/E</b>



20-05-15	0	Documento inicial	M.CECILIANO	M.CECILIANO
Fecha:	Rev:	Motivo del cambio:	Dibujado:	Aprobado:

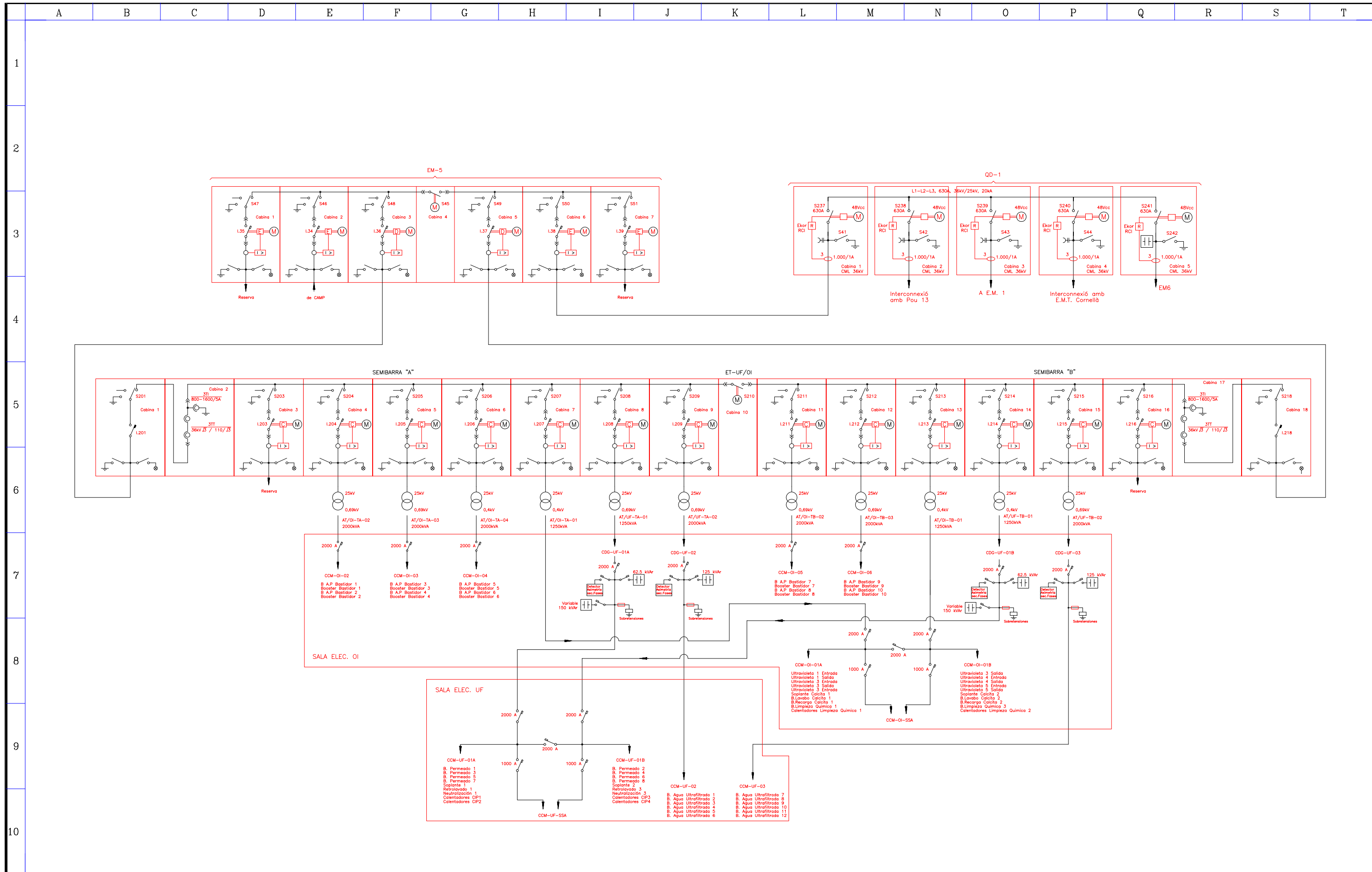
Substituye:	PLANO:	8.1.9
Substituido:	FOLIO:	1
	ESCALA:	S/E

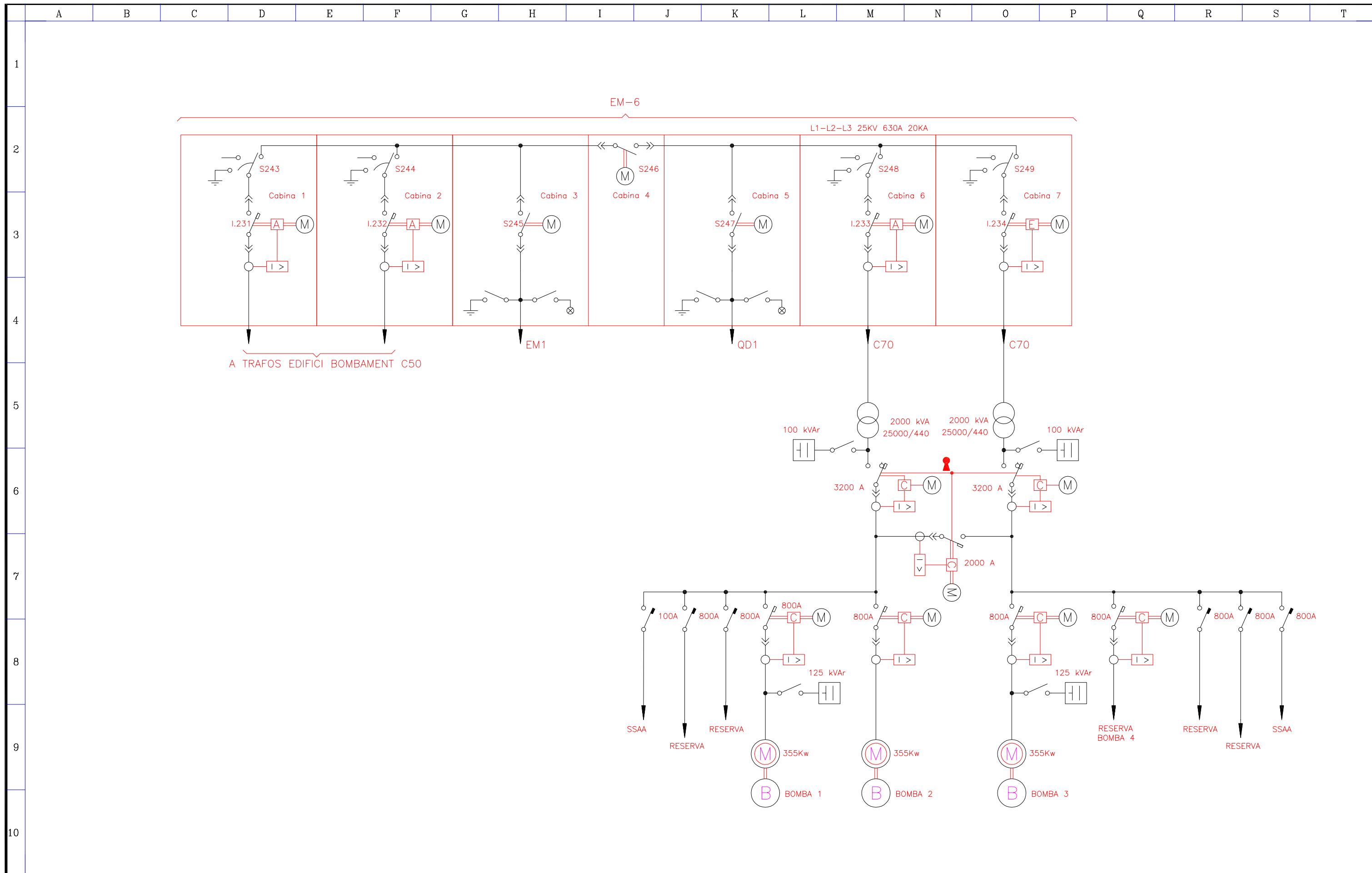


20-05-15	0	Documento inicial	M.CECILIANO	M.CECILIANO
Fecha:	Rev:	Motivo del cambio:	Dibujado:	Aprobado:

Substituye:	PLANO:	8.1.9
Substituido:	FOLIO:	2
	ESCALA:	S/E

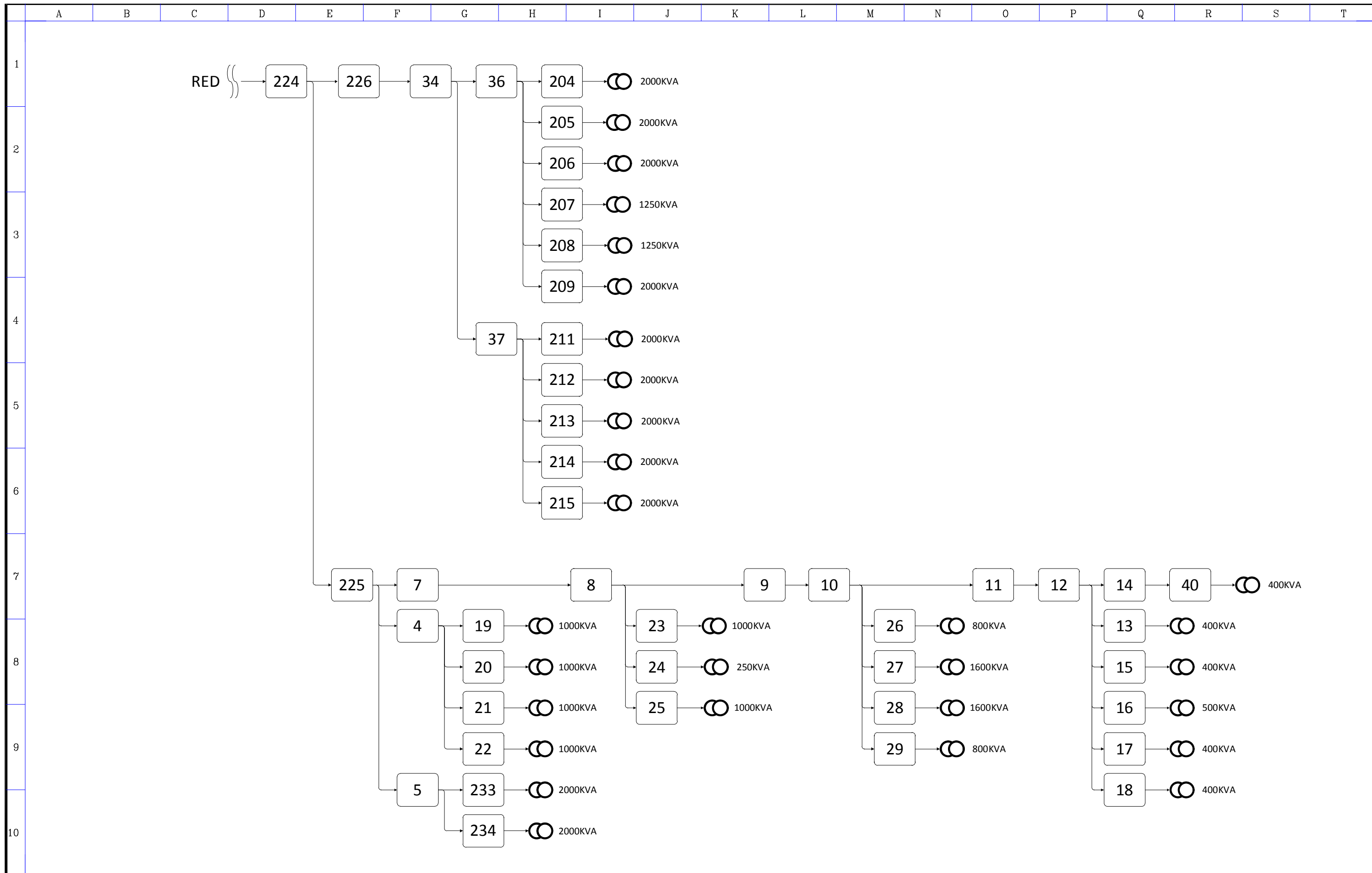






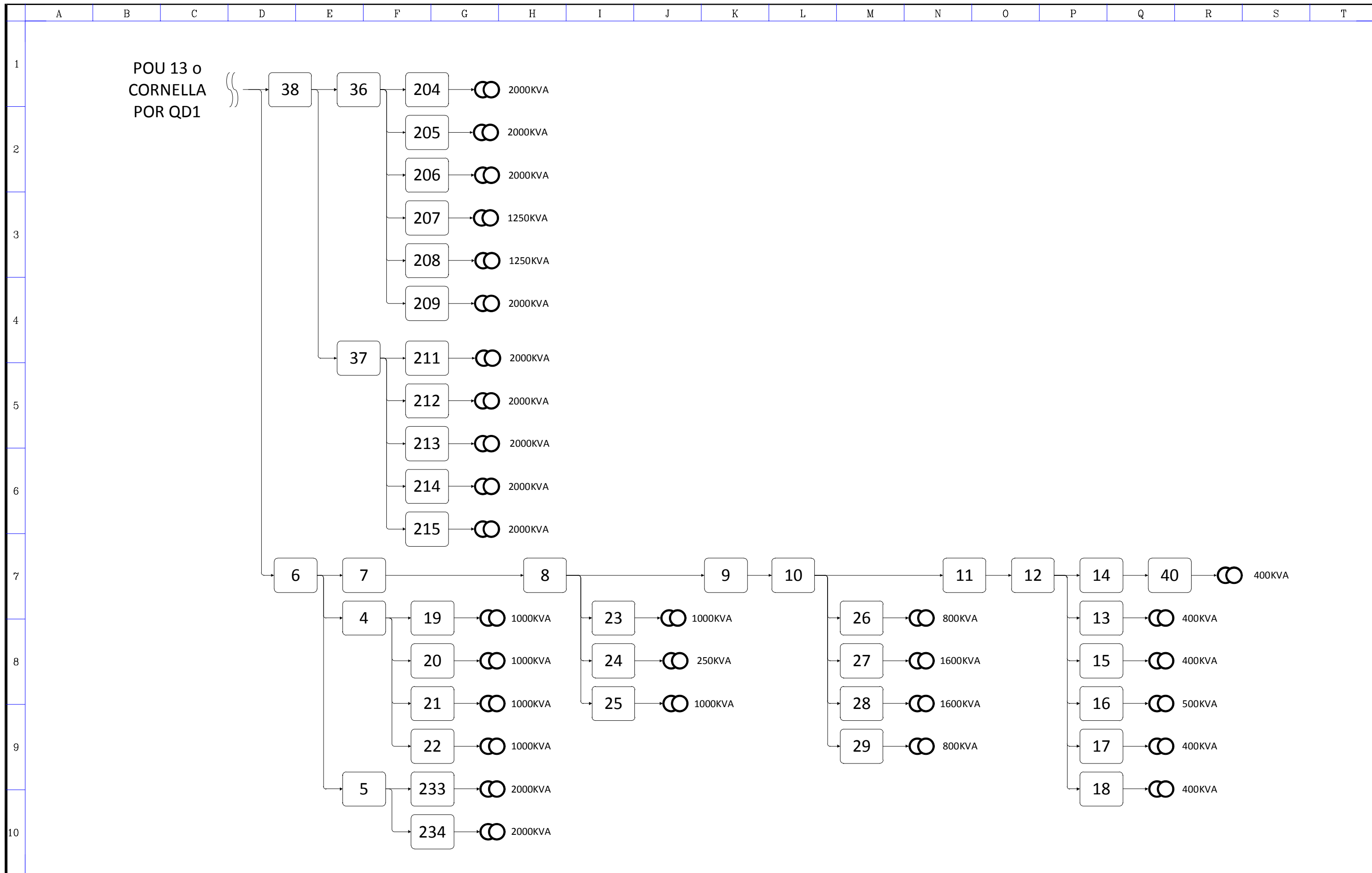
20-05-15	0	Documento inicial	M.CECILIANO	M.CECILIANO
Fecha:	Rev:	Motivo del cambio:	Dibujado:	Aprobado:

Substituye:	PLANO:	<b>8.1.11</b>
Substituido:	FOLIO:	<b>1</b>
	ESCALA:	<b>S/E</b>

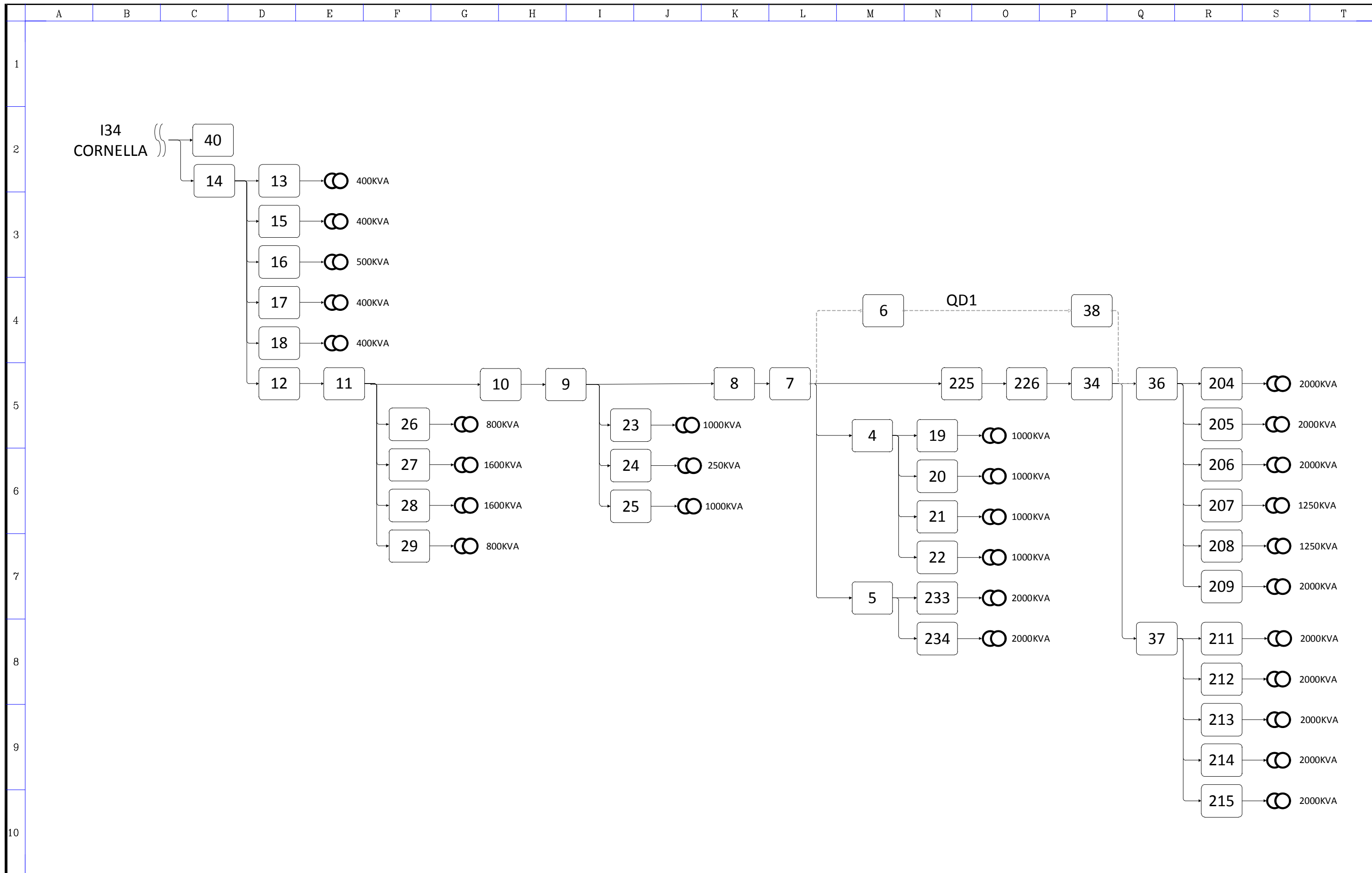


20-05-15	0	Documento inicial	M.CECILIANO	M.CECILIANO
Fecha:	Rev:	Motivo del cambio:	Dibujado:	Aprobado:

Substituye:	PLANO:	<b>8.1.12</b>
Substituido:	FOLIO:	<b>1</b>
	ESCALA:	<b>S/E</b>



20-05-15	0	Documento inicial	M.CECILIANO	M.CECILIANO
Fecha:	Rev:	Motivo del cambio:	Dibujado:	Aprobado:



20-05-15	0	Documento inicial	M.CECILIANO	M.CECILIANO
Fecha:	Rev:	Motivo del cambio:	Dibujado:	Aprobado:

Substituye:	PLANO:	<b>8.1.14</b>
Substituido:	FOLIO:	<b>1</b>
	ESCALA:	<b>S/E</b>



## **8.2. Impresión reglaje del Relé 34 EM5**

**Propiedades**

Cliente : ABEMGCIA

Proyeto : ETAP Sant Joan Despí

Cuadro de : EM5

Cabina : 34

Fecha de impresión : 19/05/15



**Configuración hardware**

Tipo aplicación : *Subestación S42*

Referencia del Sepam : *ET-M5/2*

modelo Sepam : *MD modelo (con IHM avanzado fijo)*

**Módulos opcionales**

MES (Módulo entradas / salidas) : *MES114 (módulo 10E + 4S)*

MET148 (Módulo 8 sondas de temperatura) número 1 : *ausente*

MET148 (Módulo 8 sondas de temperatura) número 2 : *ausente*

MSA141 (Módulo 1 salida analógica) : *ausente*

DSM303 (Módulo IHM avanzado periférico) : *ausente*

Interface comunicación : *ACE 937/949/959*

Modo sincronización : *Red*

**Configuración comunicación**

Protocolo comunicación : *Modbus*

Dirección Sepam : *22*

Velocidad : *19200 Bauds*

Paridad : *Par*

Mode Telecommande : *Directo*

**Características generales**

Frecuencia red : 50 Hz  
Selección de grupo activo de reglajes : Grupo reglajes A  
Telerreglaje habilitado : No  
Lenguaje de Sepam : Lenguaje local  
Acometida/salida : Acometida  
Calibre TI : TI 5A  
Número de TIs : I1,I2,I3  
Intensidad nominal (In) : 500A  
Intensidad de base (Ib) : 200A  
Período de integración : 5min  
Corriente residual : 20 CSH120/200  
Intensidad nominal residual (In0) : 20A  
Tensión de primario (Unp) : 27.5kV  
Tensión de secundario (Uns) : 110V  
Tipo conexión TTs : V1,V2,V3  
Medida de la tensión residual : Suma de 3V  
Incremento contador Energia activa : 1MW.h  
Incremento contador Energia reactiva : 1MVar.h

**Supervisión TIs**

En servicio : No

Temporización TI : 150ms

Comportamiento con 46/46BC/51N/32P/32Q : *Inhibición***Supervisión TTs**

En servicio : No

Utilización Iinv,Vinv : *Si*

Temporización Iinv, Vinv : 1s

Umbral Iinv : 5 %In

Umbral Vinv : 10 %Vn

Perdidos 3V/2U : No

Temporización 3V/2U : 1s

Presencia de corriente : *Si*Comportamiento con 27-27S/27D/32P/32Q/47/59/59N/50V-51V : *Inhibición*Comportamiento con 67 : *No direccional*Comportamiento con 67N : *No direccional*

**Lógica de mando**

Mando disyuntor : Sí

Selectividad lógica : Sí

**Parametros salidas**

	Usada	Característica	Impuls.
O1	Sí	norm. abierto	
O2	Sí	norm. abierto	
O3	Sí	norm. abierto	
O4	Sí	norm. cerrado	
O11	Sí	norm. abierto	
O12	Sí	norm. abierto	
O13	Sí	norm. abierto	
O14	Sí	norm. abierto	

**Asignación de entradas**

	Entrada lógica	Negativa	Enclavada
I11	Asignación disyuntor abierto		
I12	Asignación disyuntor cerrado		
I13	Recepción EL 1		
I14	Reset externo		
I21	Recepción EL 2		
I22	Otra utilización		
I23	Otra utilización		
I24	Otra utilización		
I25	Fin carga muelles		
I26	Otra utilización		



**50N/51N : Máxima intensidad a tierra**

	In servicio	Enclavamiento	disparo	disyunto	tipo corriente residu
Elemento 1	X	X	X		entrada Io
Elemento 2					entrada Io
Elemento 3					suma 3I
Elemento 4					suma 3I

**Grupo A (grupo activo)**

1/2 : *Selectividad lógica*

3/4 : *Select. cronométr.*

	Curva disparo	Imbr. Intensidad	Temporización	curva de retorno	tiempo de retorno	ret. armón.
1	tiempo definido	30A	100ms	tiempo definido	0ms	X
2	tiempo definido	80A	100ms	tiempo definido	0ms	X
3	tiempo definido	630A	100ms	tiempo definido	0ms	
4	tiempo definido	630A	100ms	tiempo definido	0ms	

**Grupo B**

1/2 : *Selectividad lógica*

3/4 : *Select. cronométr.*

	Curva disparo	Imbr. Intensidad	Temporización	curva de retorno	tiempo de retorno	ret. armón.
1	C Tiempo estándar inver	5A	130ms	tiempo definido	0ms	
2	Tiempo definido	50A	130ms	tiempo definido	0ms	
3	Tiempo definido	630A	100ms	tiempo definido	0ms	
4	Tiempo definido	630A	100ms	tiempo definido	0ms	

**Comportamiento de disparo**

	O1	O2	O3	O4	O11	O12	O13	O14	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	Alarme UK	Alarme Perso	OPG
Elemento 1											X							2	2	X
Elemento 2												X						2	2	X
Elemento 3																		2	2	X
Elemento 4																		2	2	X

50BF : Defecto disyuntor

	In servicio	Enclavamiento	Umbral Is	Temporización	Estado disyuntor	Disyuntor cerrado
Elemento 1			500A	120ms		

Comportamiento en disparo

	O1	O2	O3	O4	O11	O12	O13	O14	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	Alarme UK	Alarme Persc	OPG
Elemento 1																		40	40	



## 46 : Máximo de corriente inversa / desequilibrio

	In servicio	Enclavamiento	disparo disyunto	ombr. corrient	Curva disparo	Temporización
Elemento 1		X	X	10%Ib	tiempo definido	100ms
Elemento 2		X	X	10%Ib	tiempo definido	100ms

## Comportamiento de disparo

	O1	O2	O3	O4	O11	O12	O13	O14	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	Alarme UK	Alarme Persc	OPG
Elemento 1																		5	5	X
Elemento 2																		5	5	X

**67 : Máxima corriente de fase direccional**

	In servicio	Enclavamiento	disparo disyunto
Elemento 1		X	X
Elemento 2		X	X

**Juego A (Activar juego)**1 : *Select. lógica*2 : *Select. lógica*

	Curva de disparo	Umbral Is	Temporización	Angulo	Dirección
1	tiempo definido	1.26kA	100ms	45°	Cables
2	tiempo definido	1.26kA	100ms	45°	Cables

**Juego B**

	Curva de disparo	Umbral Is	Temporización	Angulo	Dirección
1	tiempo definido	1.26kA	100ms	45°	Cables
2	tiempo definido	1.26kA	100ms	45°	Cables





**Juego A avanzado**

	Curva	Tiempo de mantenimiento	Temporización	Tiempo de mantenimiento	Lógica de disparo
1		Tiempo independiente		0ms	Una salida
2		Tiempo independiente		0ms	Una salida

**Juego B avanzado**

	Curva	Tiempo de mantenimiento	Temporización	Tiempo de mantenimiento	Lógica de disparo
1		Tiempo independiente		0ms	Una salida
2		Tiempo independiente		0ms	Una salida

**Comportamiento al disparo**

	O1	O2	O3	O4	O11	O12	O13	O14	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	Alarme UK	Alarme Perso	OPG
Elemento 1																				X
Elemento 2																				X

**67N : Máxima intensidad direccional**

	On Enclavamiento	disparo disyunto	Tipo de corriente residual
Elemento 1	X	X	Tipo2 Suma 3I
Elemento 2	X	X	Tipo2 Suma 3I

**Grupo A (Grupo activo)**

1 : Lógica

2 : Lógica

	Curva de disparo	Umbr. Isc	Temporización	Ángulo	Umbr. Vso	Dirección
1	tiempo definido	1.26kA	100ms	0°	2%Unp	Línea
2	tiempo definido	1.26kA	100ms	0°	2%Unp	Línea

**Grupo B**

1 : Lógica

2 : Lógica

	Curva de disparo	Umbr. Isc	Temporización	Ángulo	Umbr. Vso	Dirección
1	tiempo definido	1.26kA	100ms	0°	2%Unp	Línea
2	tiempo definido	1.26kA	100ms	0°	2%Unp	Línea

**Grupo A avanzado**

	Curva de retorno	tiempo de retorno
1	tiempo definido	0ms
2	tiempo definido	0ms

**Grupo B avanzado**

	Curva de retorno	tiempo de retorno
1	tiempo definido	0ms
2	tiempo definido	0ms

**Comportamiento de disparo**

	O1	O2	O3	O4	O11	O12	O13	O14	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	Alarme UK	Alarme Perso	OPG
Elemento 1																		37	37	X
Elemento 2																		37	37	X

## 32P : Máximo de potencia activa

	In servicio	Enclavamiento	disparo disyunto	Tipo	Umbral de potencia	Temporización
Elemento 1		X	X	retorno de potencia	1.1MW	100ms


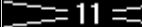

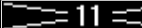
## Comportamiento al disparo

	O1	O2	O3	O4	O11	O12	O13	O14	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	Alarme UK	Alarme Perso	OPG
Elemento 1																		36	36	X

27/27S : Mínima tensión

	In servicio	Enclavamiento	disparo disyunto	modo de tensión	umbr. tensión	Temporización
Elemento 1				Fase-Fase	10%Unp	100ms
Elemento 2				Fase-Fase	10%Unp	100ms

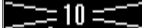
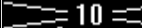

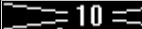
Comportamiento de disparo

	O1	O2	O3	O4	O11	O12	O13	O14	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	Alarme UK	Alarme Persc	OPG
Elemento 1																				X
Elemento 2																				X

**59 : Máxima tensión**

	In servicio	Enclavamiento	disparo disyunto	modo de tensión	umbr. tensión	Temporización
<b>Elemento 1</b>				Fase-Fase	110%Unp	100ms
<b>Elemento 2</b>				Fase-Fase	110%Unp	100ms

**Comportamiento de disparo**

	O1	O2	O3	O4	O11	O12	O13	O14	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	Alarme UK	Alarme Persc	OPG
<b>Elemento 1</b>																		 10	 10	X
<b>Elemento 2</b>																		 10	 10	X

## 59N : Máxima tensión residual

	In servicio	Enclavamiento	disparo disyunto	abr. tensión	Temporización
Elemento 1				10%Unp	100ms
Elemento 2				10%Unp	100ms

## Comportamiento de disparo

	O1	O2	O3	O4	O11	O12	O13	O14	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	Alarme UK	Alarme Persc	OPG
Elemento 1																		13	13	X
Elemento 2																		13	13	X

## 47 : Máxima tensión inversa

	In servicio	Enclavamiento	disparo disyunto	ombr. tensión	Temporización
Elemento 1				10%Unp	100ms

## Comportamiento de disparo


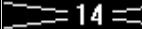

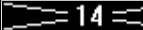
	O1	O2	O3	O4	O11	O12	O13	O14	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	Alarme UK	Alarme Persc	OPG
Elemento 1																		18	18	X



## 81H : Máximo de frecuencia

	In servicio	Enclavamiento	disparo disyunto	umbr. frecuencia	Temporización	umbral de tensión
Elemento 1				53Hz	100ms	20%Un
Elemento 2				53Hz	100ms	20%Un


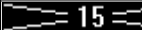
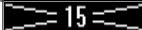
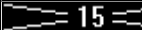

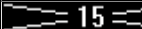

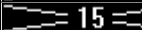
## Comportamiento de disparo

	O1	O2	O3	O4	O11	O12	O13	O14	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	Alarma UK	Alarma Perso	OPG
Elemento 1																				X
Elemento 2																				X

## 81L : Mínimo de frecuencia

	In servicio	Enclavamiento	disparo disyunto	umbr. frecuencia	Temporización	umbral de tensión	retención df/d	Umbral
Elemento 1				45Hz	100ms	20%Un	No	5Hz/s
Elemento 2				45Hz	100ms	20%Un	No	5Hz/s
Elemento 3				45Hz	100ms	20%Un	No	5Hz/s
Elemento 4				45Hz	100ms	20%Un	No	5Hz/s

## Comportamiento de disparo

	O1	O2	O3	O4	O11	O12	O13	O14	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	Alarma UK	Alarma Perso	OPG
Elemento 1																				X
Elemento 2																				X
Elemento 3																				X
Elemento 4																				X

**79 : Reenganchador**Actividad : *Inhibido*Número de ciclos de reenganche : *1 ciclo*Temp. adicional si el disyuntor no está listo : *No***Activación de ciclo de reenganche**

	ciclo 1	ciclos 2,3,
50/51-1	nactivo	Inactivo
50/51-2	nactivo	Inactivo
50/51-3	nactivo	Inactivo
50/51-4	nactivo	Inactivo
50N/51N-1	nactivo	Inactivo
50N/51N-2	nactivo	Inactivo
50N/51N-3	nactivo	Inactivo
50N/51N-4	nactivo	Inactivo
67-1	nactivo	Inactivo
67-2	nactivo	Inactivo
67N-1	nactivo	Inactivo
67N-2	nactivo	Inactivo
V_TRIPCB	nactivo	Inactivo

**Temporizaciones**Tiempo de recuperación : *10s*Tiempo de bloqueo hasta que 79 lista : *10s*Temporización de aislamiento ciclo 1 : *10s*Temporización de aislamiento ciclo 2 : *10s*Temporización de aislamiento ciclo 3 : *10s*Temporización de aislamiento ciclo 4 : *10s*

**Ecuaciones lógicas**

Guardar las variables VL24 a VL31 : Sí

	En servicio	Enclavamiento	Disparo disy.	O1	O2	O3	O4	O11	O12	O13	O14	Led 1	Led 2	Led 3	Led 4	Led 5	Led 6	Led 7	Led 8	Led 9	Inglés	Idioma Local	OPG	
50/51 - 1	X	X	X									X									1	1	X	
50/51 - 2	X	X	X										X									1	1	X
50/51 - 3																						1	1	X
50/51 - 4																						1	1	X
50N/51N - 1	X	X	X											X								2	2	X
50N/51N - 2															X							2	2	X
50N/51N - 3																						2	2	X
50N/51N - 4																						2	2	X
50BF - 1																						40	40	
46 - 1		X	X																			5	5	X
46 - 2		X	X																			5	5	X
67 - 1		X	X																			38	38	X
67 - 2		X	X																			38	38	X
67N - 1		X	X																			37	37	X
67N - 2		X	X																			37	37	X
32P - 1		X	X																			36	36	X
27/27S - 1																						11	11	X
27/27S - 2																						11	11	X
59 - 1																						10	10	X
59 - 2																						10	10	X
59N - 1																						13	13	X
59N - 2																						13	13	X
47 - 1																						18	18	X
81H - 1																						14	14	X
81H - 2																						14	14	X
81L - 1																						15	15	X
81L - 2																						15	15	X
81L - 3																						15	15	X
81L - 4																						15	15	X









**Parametraje de funciones**

**Osciloperturbografía**

Actividad : *En servicio*

**Parámetros**

Uso de memoria : 100%

Número de registros : 9

Longitud de registro : 2s

Número de ciclos memorizados antes de disparo de la osciloperturbografía : 36

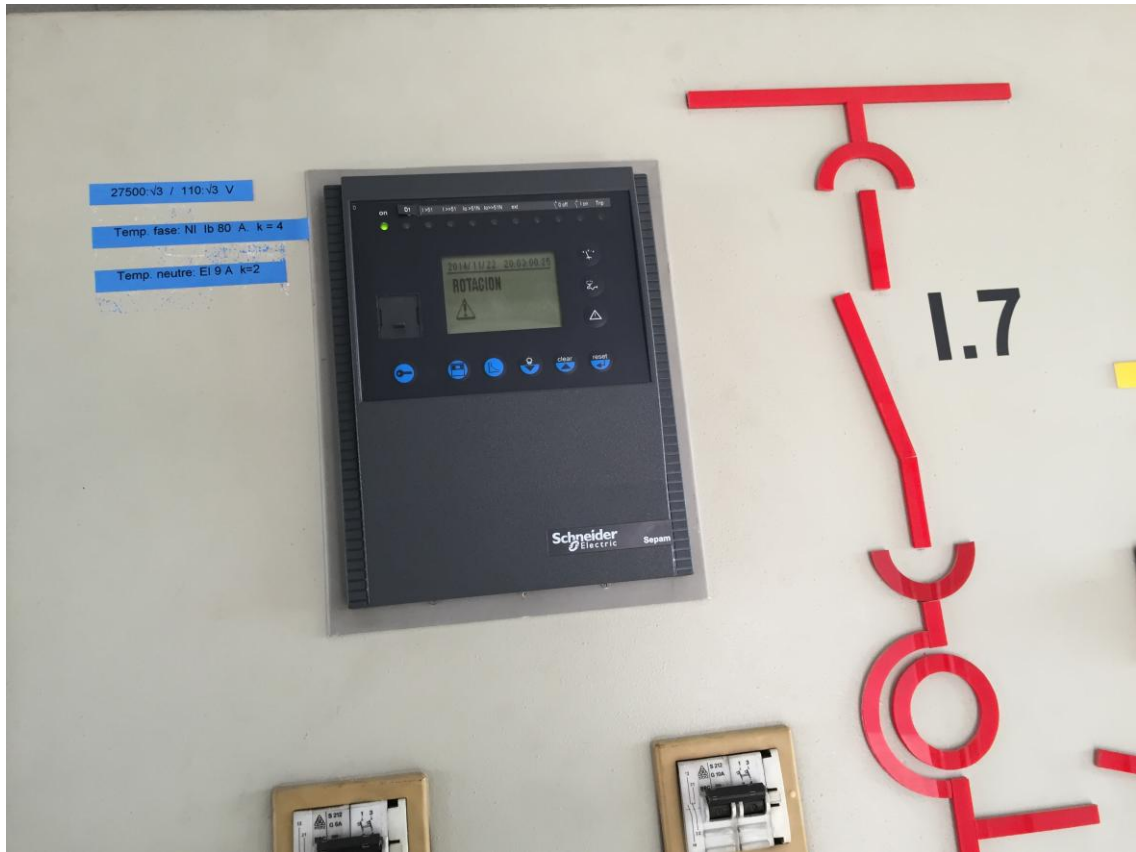


## **8.3. Fotos cabinas de MT**

## 8.2. Fotos Cabinas

### EM1





EM2







EM3



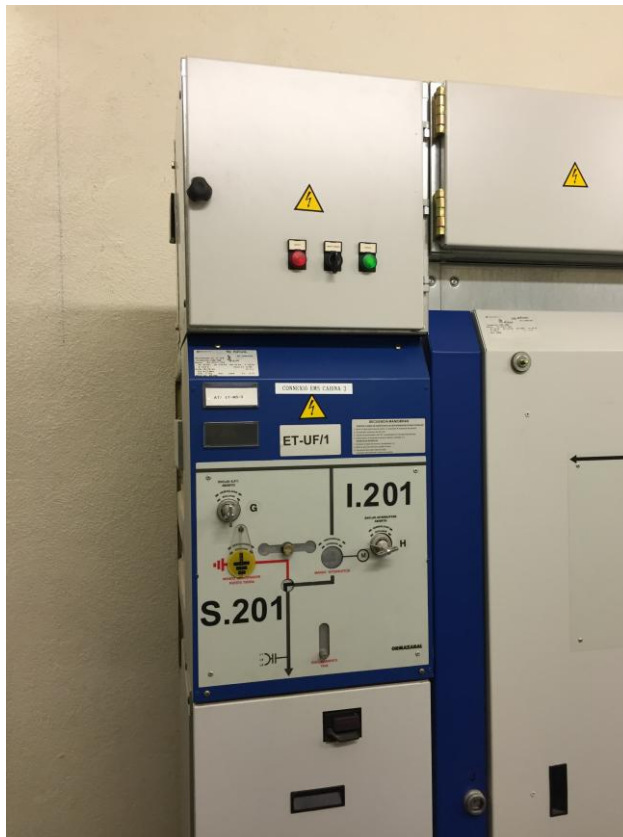




EM4



EM5









EM6





## **8.4. Tabla resumen ajustes actuales**





## **8.5. Resultados de cálculos**



8.5.1. Resultados de cálculos Alimentación A

EM	Nº Int	Mod. Relé	Tipo	T min	Cargas (KVA)	seccion	X (Ω/km)	L (km)	XL (Ω)	Σ XL (Ω)	In (A)	Icc	Icc posterior	In'=TI/5A	IA_dese 1	IA_rea I 1	K	n	β	Ks min	Redondeo	Ks real	t11/t22	t21	T	I Def	T Def	
CAMP	224	Sin Relé												10			0,14	0,02										
	225	S42	Línea	1,24	17550	240	0,112	0,162	0,018144	0,018144	405,30	11.382	11.377	500	445,83	446	0,14	0,02	2,97	0,59	0,6	0,6	1,25	1,26	1,78	2230	0,4	
	226	S42	Línea	0,53	19000	240	0,112	0,337	0,037744	0,037744	438,79	11.209	11.203	500	482,66	483	0,14	0,02	2,97	0,25	0,25	0,25	0,54	0,54	0,74	2415	0,2	
EM1	4	S40	Línea	0,21	4000		0,112	0,005	0,00056	0,018704	92,38	11.377	11.342	100	101,61	102	0,14	0,02	2,97	0,15	0,15	0,15	0,21	0,21	0,45	510	0,1	
	5	S20	Línea	0,22	4000	240	0,161	0,072	0,011592	0,049336	92,38	11.109	11.032	100	101,61	102	0,14	0,02	2,97	0,16	0,15	0,2	0,28	0,29	0,59	510	0,1	
	6	S42	SIN CARGA																									
	7	S40	Línea	1,07	9550		0,115	0,191	0,021965	0,033557	220,55	11.245	11.240	250	242,60	243	0,14	0,02	2,97	0,61	0,6	0,65	1,14	1,14	1,93	1215	0,35	
	19	T20	Trafo	0,1	1000		0,112	0,035	0,00392	0,022624	23,09	11.342		25	25,40	25	0,14	0,02	2,97	0,09	0,1	0,1	0,11		0,30	125	0,05	
	20	RSF1N	Trafo	0,1	1000		0,112	0,035	0,00392	0,022624	23,09	11.342		25	25,40	25	0,14	0,02	2,97	0,09	0,1	0,1	0,11		0,30	125	0,05	
	21	RS-3000C	Trafo	0,1	1000		0,112	0,035	0,00392	0,022624	23,09	11.342		25	25,40	25	0,14	0,02	2,97	0,09	0,1	0,1	0,11		0,30	125	0,05	
22	RS-3000C	Trafo	0,1	1000		0,112	0,035	0,00392	0,022624	23,09	11.342		25	25,40	25	0,14	0,02	2,97	0,09	0,1	0,1	0,11		0,30	125	0,05		
EM2	8	S42	Línea	0,92	9550		0,112	0,005	0,00056	0,034117	220,55	11.240	11.198	250	242,60	243	0,14	0,02	2,97	0,52	0,5	0,55	0,97	0,97	1,63	1215	0,3	
	9	S42	Línea	0,76	7300		0,11016	0,118	0,01299888	0,04711588	168,59	11.128	11.123	200	185,44	185	0,14	0,02	2,97	0,46	0,45	0,5	0,82	0,82	1,49	925	0,25	
	23	T40	Trafo	0,1	1000		0,112	0,043	0,004816	0,038933	23,09	11.198		25	25,40	25	0,14	0,02	2,97	0,09	0,1	0,1	0,11		0,30	125	0,05	
	24	T40	Trafo	0,1	250		0,112	0,043	0,004816	0,038933	5,77	11.198		10	6,35	6	0,14	0,02	2,97	0,12	0,1	0,15	0,13		0,45	30	0,05	
	25	T40	Trafo	0,1	1000		0,112	0,043	0,004816	0,038933	23,09	11.198		25	25,40	25	0,14	0,02	2,97	0,09	0,1	0,1	0,11		0,30	125	0,05	
EM3	10	S42	Línea	0,62	7300		0,112	0,005	0,00056	0,04767588	168,59	11.123	11.104	200	185,44	185	0,14	0,02	2,97	0,38	0,4	0,4	0,66	0,66	1,19	925	0,2	
	11	S42	Línea	0,49	2500		0,112	0,337	0,037744	0,08541988	57,74	10.808	10.804	60	63,51	64	0,14	0,02	2,97	0,38	0,4	0,4	0,52	0,52	1,19	320	0,15	
	26	T40	Trafo	0,1	800		0,112	0,02	0,00224	0,04991588	18,48	11.104		20	20,32	20	0,14	0,02	2,97	0,10	0,1	0,1	0,10		0,30	100	0,05	
	27	T40	Trafo	0,1	1600		0,112	0,02	0,00224	0,04991588	36,95	11.104		40	40,65	41	0,14	0,02	2,97	0,08	0,1	0,1	0,12		0,30	205	0,05	
	28	T40	Trafo	0,1	1600		0,112	0,02	0,00224	0,04991588	36,95	11.104		40	40,65	41	0,14	0,02	2,97	0,08	0,1	0,1	0,12		0,30	205	0,05	
	29	T40	Trafo	0,1	800		0,112	0,02	0,00224	0,04991588	18,48	11.104		20	20,32	20	0,14	0,02	2,97	0,10	0,1	0,1	0,10		0,30	100	0,05	
EM4	12	S42	Línea	0,38	2500		0,112	0,005	0,00056	0,08597988	57,74	10.804	10.795	60	63,51	64	0,14	0,02	2,97	0,29	0,3	0,3	0,39	0,39	0,89	320	0,1	
	13	T40	Trafo	0,1	400		0,112	0,01	0,00112	0,08709988	9,24	10.795		10	10,16	10	0,14	0,02	2,97	0,11	0,1	0,15	0,14		0,45	50	0,05	
	14	S42	Línea	0,24	400		0,112	0,11	0,01232	0,09829988	9,24	10.705	10.634	10	10,16	10	0,14	0,02	2,97	0,26	0,25	0,3	0,28	0,28	0,89	50	0,05	
	40	T40	Trafo	0,1	400	95	0,112	0,08	0,00896	0,10725988	9,24	10.634		10	10,16	10	0,14	0,02	2,97	0,11	0,1	0,15	0,14		0,45	50	0,05	
	15	T40	Trafo	0,1	400		0,112	0,075	0,0084	0,09437988	9,24	10.736		10	10,16	10	0,14	0,02	2,97	0,11	0,1	0,15	0,14		0,45	50	0,05	
	16	T40	Trafo	0,1	500		0,112	0,075	0,0084	0,09437988	11,55	10.736		13	12,70	13	0,14	0,02	2,97	0,10	0,1	0,15	0,15		0,45	65	0,05	
	17	T40	Trafo	0,1	400		0,112	0,075	0,0084	0,09437988	9,24	10.736		10	10,16	10	0,14	0,02	2,97	0,11	0,1	0,15	0,14		0,45	50	0,05	
	18	T40	Trafo	0,1	400		0,112	0,075	0,0084	0,09437988	9,24	10.736		10	10,16	10	0,14	0,02	2,97	0,11	0,1	0,15	0,14		0,45	50	0,05	
	34	S42	Línea	0,37	19000	240	0,124	0,005	0,00062	0,038364	438,79	11.203	11.179	500	482,66	483	0,14	0,02	2,97	0,17	0,15	0,2	0,43	0,43	0,59	2415	0,15	
EM5	35	S42	SIN CARGA		0																						0	
	36	S42	Línea	0,22	10500	240	0,124	0,022	0,002728	0,041092	242,49	11.179	11.168	250	266,74	267	0,14	0,02	2,97	0,12	0,1	0,15	0,27	0,27	0,45	1335	0,1	
	37	S42	Línea	0,22	8500	240	0,124	0,022	0,002728	0,041092	196,30	11.179	11.165	200	215,93	216	0,14	0,02	2,97	0,13	0,15	0,15	0,26	0,26	0,45	1080	0,1	
	38	S42	SIN CARGA		0																							0
	39	S42	RESERVA		0																							0
	203	T40	RESERVA		0																							0
	204	T40	Trafo	0,1	2000	150	0,112	0,021	0,002352	0,043444	46,19	11.159		50	50,81	51	0,14	0,02	2,97	0,08	0,1	0,1	0,12		0,30	255	0,05	
	205	T40	Trafo	0,1	2000	150	0,112	0,017	0,001904	0,042996	46,19	11.163		50	50,81	51	0,14	0,02	2,97	0,08	0,1	0,1	0,12		0,30	255	0,05	
	206	T40	Trafo	0,1	2000	150	0,112	0,015	0,00168	0,042772	46,19	11.165		50	50,81	51	0,14	0,02	2,97	0,08	0,1	0,1	0,12		0,30	255	0,05	
	207	T40	Trafo	0,1	1250	150	0,112	0,012	0,001344	0,042436	28,87	11.168		30	31,75	32	0,14	0,02	2,97	0,09	0,1	0,1	0,11		0,30	160	0,05	
	208	T40	Trafo	0,1	1250	150	0,112	0,021	0,002352	0,043444	28,87	11.159		30	31,75	32	0,14	0,02	2,97	0,09	0,1	0,1	0,11		0,30	160	0,05	
	209	T40	Trafo	0,1	2000	150	0,112	0,032	0,003584	0,044676	46,19	11.149		50	50,81	51	0,14	0,02	2,97	0,08	0,1	0,1	0,12		0,30	255	0,05	
	211	T40	Trafo	0,1	2000	150	0,112	0,015	0,00168	0,042772	46,19	11.165		50	50,81	51	0,14	0,02	2,97	0,08	0,1	0,1	0,12		0,30	255	0,05	
212	T40	Trafo	0,1	2000	150	0,112	0,03	0,00336	0,044452	46,19	11.150		50	50,81	51	0,14	0,02	2,97	0,08	0,1	0,1	0,12		0,30	255	0,05		
213	T40	Trafo	0,1	1250	150	0,112	0,032	0,003584	0,044676	28,87	11.149		10	31,75	32	0,14	0,02	2,97	0,09	0,1	0,1	0,11		0,30	160	0,05		
214	T40	Trafo	0,1	1250	150	0,112	0,029	0,003248	0,04434	28,87	11.151		30	31,75	32	0,14	0,02	2,97	0,09	0,1	0,1	0,11		0,30	160	0,05		

8.5.2. Resultados de cálculos Alimentación B

EM	Nº Int	Mod. Relé	Tipo	T min	Cargas (KVA)	seccion	X (Ω/km)	L (km)	XL (Ω)	Σ XL (Ω)	In (A)	Icc	Icc posterior	In'=TI/SA	IA_dese 1	IA_rea l 1	K	n	β	Ks min	Redondeo	Ks real	t11/t22	t21	T	I Tdef	T Tdef	
CAMP	224	Sin Relé																										
	225	S42	SIN CARGA			240	0,112																					
	226	S42	SIN CARGA																									
EM1	4	S40	Línea	0,21	4000		0,112	0,005	0,00056	0,00056	92,38	11.542	11.506	100	101,61	102	0,14	0,02	2,97	0,15	0,15	0,15	0,21	0,21	0,45	510	0,1	
	5	S20	Línea	0,22	4000	240	0,161	0,072	0,011592	0,011592	92,38	11.441	11.359	100	101,61	102	0,14	0,02	2,97	0,16	0,15	0,2	0,28	0,28	0,59	510	0,1	
	6	S42	Línea	1,24163718	17550	240	0,113	0,01	0,00113	0,00113	405,30	11.537	11.542	500	445,83	446	0,14	0,02	2,97	0,60	0,6	0,6	1,25	1,25	1,78	2230	0,4	
	7	S40	Línea	1,07	9550		0,115	0,191	0,021965	0,033557	220,55	11.245	11.240	250	242,60	243	0,14	0,02	2,97	0,61	0,6	0,65	1,14	1,14	1,93	1215	0,35	
	19	T20	Trafo	0,1	1000		0,112	0,035	0,00392	0,00448	23,09	11.506		25	25,40	25	0,14	0,02	2,97	0,09	0,1	0,1	0,11		0,30	125	0,05	
	20	RSF1N	Trafo	0,1	1000		0,112	0,035	0,00392	0,00448	23,09	11.506		25	25,40	25	0,14	0,02	2,97	0,09	0,1	0,1	0,11		0,30	125	0,05	
	21	RS-3000C	Trafo	0,1	1000		0,112	0,035	0,00392	0,00448	23,09	11.506		25	25,40	25	0,14	0,02	2,97	0,09	0,1	0,1	0,11		0,30	125	0,05	
	22	RS-3000C	Trafo	0,1	1000		0,112	0,035	0,00392	0,00448	23,09	11.506		25	25,40	25	0,14	0,02	2,97	0,09	0,1	0,1	0,11		0,30	125	0,05	
EM2	8	S42	Línea	0,92	9550		0,112	0,005	0,00056	0,034117	220,55	11.240	11.198	250	242,60	243	0,14	0,02	2,97	0,52	0,5	0,55	0,97	0,97	1,63	1215	0,3	
	9	S42	Línea	0,76	7300		0,11016	0,118	0,01299888	0,04711588	168,59	11.128	11.123	200	185,44	185	0,14	0,02	2,97	0,46	0,45	0,5	0,82	0,82	1,49	925	0,25	
	23	T40	Trafo	0,1	1000		0,112	0,043	0,004816	0,038933	23,09	11.198		25	25,40	25	0,14	0,02	2,97	0,09	0,1	0,1	0,11		0,30	125	0,05	
	24	T40	Trafo	0,1	250		0,112	0,043	0,004816	0,038933	5,77	11.198		10	6,35	6	0,14	0,02	2,97	0,12	0,1	0,15	0,13		0,45	30	0,05	
	25	T40	Trafo	0,1	1000		0,112	0,043	0,004816	0,038933	23,09	11.198		25	25,40	25	0,14	0,02	2,97	0,09	0,1	0,1	0,11		0,30	125	0,05	
EM3	10	S42	Línea	0,62	7300		0,112	0,005	0,00056	0,04767588	168,59	11.123	11.104	200	185,44	185	0,14	0,02	2,97	0,38	0,4	0,4	0,66	0,66	1,19	925	0,2	
	11	S42	Línea	0,49	2500		0,112	0,337	0,037744	0,08541988	57,74	10.808	10.804	60	63,51	64	0,14	0,02	2,97	0,38	0,4	0,4	0,52	0,52	1,19	320	0,15	
	26	T40	Trafo	0,1	800		0,112	0,02	0,00224	0,04991588	18,48	11.104		20	20,32	20	0,14	0,02	2,97	0,10	0,1	0,1	0,10		0,30	100	0,05	
	27	T40	Trafo	0,1	1600		0,112	0,02	0,00224	0,04991588	36,95	11.104		40	40,65	41	0,14	0,02	2,97	0,08	0,1	0,1	0,12		0,30	205	0,05	
	28	T40	Trafo	0,1	1600		0,112	0,02	0,00224	0,04991588	36,95	11.104		40	40,65	41	0,14	0,02	2,97	0,08	0,1	0,1	0,12		0,30	205	0,05	
	29	T40	Trafo	0,1	800		0,112	0,02	0,00224	0,04991588	18,48	11.104		20	20,32	20	0,14	0,02	2,97	0,10	0,1	0,1	0,10		0,30	100	0,05	
EM4	12	S42	Línea	0,38	2500		0,112	0,005	0,00056	0,08597988	57,74	10.804	10.795	60	63,51	64	0,14	0,02	2,97	0,29	0,3	0,3	0,39	0,39	0,89	320	0,1	
	13	T40	Trafo	0,1	400		0,112	0,01	0,00112	0,08709988	9,24	10.795		10	10,16	10	0,14	0,02	2,97	0,11	0,1	0,15	0,14		0,45	50	0,05	
	14	S42	Línea	0,24	400		0,112	0,11	0,01232	0,09829988	9,24	10.705	10.634	10	10,16	10	0,14	0,02	2,97	0,26	0,25	0,3	0,28	0,28	0,89	50	0,75	
	40	T40	Trafo	0,1	400	95	0,112	0,08	0,00896	0,10725988	9,24	10.634		10	10,16	10	0,14	0,02	2,97	0,11	0,1	0,15	0,14		0,45	50	0,05	
	15	T40	Trafo	0,1	400		0,112	0,075	0,0084	0,09437988	9,24	10.736		10	10,16	10	0,14	0,02	2,97	0,11	0,1	0,15	0,14		0,45	50	0,05	
	16	T40	Trafo	0,1	500		0,112	0,075	0,0084	0,09437988	11,55	10.736		13	12,70	13	0,14	0,02	2,97	0,10	0,1	0,15	0,15		0,45	65	0,05	
	17	T40	Trafo	0,1	400		0,112	0,075	0,0084	0,09437988	9,24	10.736		10	10,16	10	0,14	0,02	2,97	0,11	0,1	0,15	0,14		0,45	50	0,05	
	18	T40	Trafo	0,1	400		0,112	0,075	0,0084	0,09437988	9,24	10.736		10	10,16	10	0,14	0,02	2,97	0,11	0,1	0,15	0,14		0,45	50	0,05	
EM5	34	S42	SIN CARGA																									
	35	S42	SIN CARGA																									
	36	S42	Línea	0,22	10500	240	0,124	0,022	0,002728	0,002728	242,49	11.522	11.510	250	266,74	267	0,14	0,02	2,97	0,12	0,1	0,15	0,27	0,27	0,45	1335	0,1	
	37	S42	Línea	0,22	8500	240	0,124	0,022	0,002728	0,002728	196,30	11.522	11.506	200	215,93	216	0,14	0,02	2,97	0,13	0,15	0,15	0,25	0,25	0,45	1080	0,1	
	38	S42	Línea	0,36853453	19000	240	0,124	0,01	0,00124	0,00124	438,79	11.536	11.522	500	482,66	483	0,14	0,02	2,97	0,17	0,15	0,2	0,43	0,43	0,59	2415	0,15	
	39	S42	RESERVA																									
	203	T40	RESERVA																									
	204	T40	Trafo	0,1	2000	150	0,112	0,021	0,002352	0,00508	46,19	11.500		50	50,81	51	0,14	0,02	2,97	0,08	0,1	0,1	0,12		0,30	255	0,05	
	205	T40	Trafo	0,1	2000	150	0,112	0,017	0,001904	0,004632	46,19	11.504		50	50,81	51	0,14	0,02	2,97	0,08	0,1	0,1	0,12		0,30	255	0,05	
	206	T40	Trafo	0,1	2000	150	0,112	0,015	0,00168	0,004408	46,19	11.506		50	50,81	51	0,14	0,02	2,97	0,08	0,1	0,1	0,12		0,30	255	0,05	
	207	T40	Trafo	0,1	1250	150	0,112	0,012	0,001344	0,004072	28,87	11.510		30	31,75	32	0,14	0,02	2,97	0,09	0,1	0,1	0,11		0,30	160	0,05	
	208	T40	Trafo	0,1	1250	150	0,112	0,021	0,002352	0,00508	28,87	11.500		30	31,75	32	0,14	0,02	2,97	0,09	0,1	0,1	0,11		0,30	160	0,05	
	209	T40	Trafo	0,1	2000	150	0,112	0,032	0,003584	0,006312	46,19	11.489		50	50,81	51	0,14	0,02	2,97	0,08	0,1	0,1	0,12		0,30	255	0,05	
211	T40	Trafo	0,1	2000	150	0,112	0,015	0,00168	0,004408	46,19	11.506		50	50,81	51	0,14	0,02	2,97	0,08	0,1	0,1	0,12		0,30	255	0,05		
212	T40	Trafo	0,1	2000	150	0,112	0,03	0,00336	0,006088	46,19	11.491		50	50,81	51	0,14	0,02	2,97	0,08	0,1	0,1	0,12		0,30	255	0,05		
213	T40	Trafo	0,1	1250	150	0,112	0,032	0,003584	0,006312	28,87	11.489		500	31,75	32	0,14	0,02	2,97	0,09	0,1	0,1	0,11		0,30	160	0,05		
214	T40	Trafo	0,1	1250	150	0,112	0,029	0,003248	0,005976	28,87	11.492		30	31,75	32	0,14	0,02	2,97	0,09	0,1	0,1	0,11		0,30	160	0,05		
215	T40	Trafo	0,1	2000	150	0,112	0,032	0,003584	0,006312	46,19	11.489		50	50,81	51	0												

8.5.3. Resultados de cálculos Alimentación C

EM	Nº Int	Mod. Relé	Tipo	T min	Cargas (KVA)	seccion	X (Ω/km)	L (km)	XL (Ω)	Σ XL (Ω)	In (A)	Icc	Icc posterior	In'=TI/5A	IA_dese 1	IA_rea 1	K	n	β	Ks min	Redondeo	Ks real	t11/t22	t21	T	I Tdef	T Tdef	
CAMP	224	Sin Relé												10			0,14	0,02										
	225	S42	Línea	0,64	19000	240	0,112	0,01	0,00112	0,01975	438,79	11.367	11.209	500	482,66	483	0,14	0,02	2,97	0,30	0,3	0,3	0,64	0,65	0,89	2415	0,25	
	226	S42	Línea	0,53	19000	240	0,112	0,337	0,037744	0,037744	438,79	11.209	11.203	500	482,66	483	0,14	0,02	2,97	0,25	0,25	0,25	0,54	0,54	0,74	2415	0,2	
EM1	4	S40	Línea	0,21	4000		0,112	0,005	0,00056	0,00168	92,38	11.532	11.496	100	101,61	102	0,14	0,02	2,97	0,15	0,15	0,15	0,21	0,21	0,45	510	0,1	
	5	S20	Línea	0,22	4000	240	0,161	0,072	0,011592	0,049336	92,38	11.109	11.032	100	101,61	102	0,14	0,02	2,97	0,16	0,15	0,2	0,28	0,29	0,59	510	0,1	
	6	S42			0																							
	7	S40	Línea	0,74	27000		0,115	0,162	0,01863	0,0927648	623,54	10.749	11.532	750	685,89	686	0,14	0,02	2,97	0,31	0,3	0,35	0,87	0,84	1,04	3430	0,3	
	19	T20	Trafo	0,1	1000		0,112	0,035	0,00392	0,0056	23,09	11.496		25	25,40	25	0,14	0,02	2,97	0,09	0,1	0,1	0,11		0,30	125	0,05	
	20	RSF1N	Trafo	0,1	1000		0,112	0,035	0,00392	0,0056	23,09	11.496		25	25,40	25	0,14	0,02	2,97	0,09	0,1	0,1	0,11		0,30	125	0,05	
	21	RS-3000C	Trafo	0,1	1000		0,112	0,035	0,00392	0,0056	23,09	11.496		25	25,40	25	0,14	0,02	2,97	0,09	0,1	0,1	0,11		0,30	125	0,05	
	22	RS-3000C	Trafo	0,1	1000		0,112	0,035	0,00392	0,0056	23,09	11.496		25	25,40	25	0,14	0,02	2,97	0,09	0,1	0,1	0,11		0,30	125	0,05	
EM2	8	S42	Línea	0,97	27000		0,112	0,191	0,021392	0,0741348	623,54	10.901	10.749	750	685,89	686	0,14	0,02	2,97	0,39	0,4	0,4	0,98	0,99	1,19	3430	0,35	
	9	S42	Línea	1,08	29250		0,11016	0,005	0,0005508	0,0527428	675,50	11.080	10.901	750	743,05	743	0,14	0,02	2,97	0,43	0,45	0,45	1,13	1,14	1,34	3715	0,4	
	23	T40	Trafo	0,1	1000		0,112	0,043	0,004816	0,0789508	23,09	10.861		25	25,40	25	0,14	0,02	2,97	0,09	0,1	0,1	0,11		0,30	125	0,05	
	24	T40	Trafo	0,1	250		0,112	0,043	0,004816	0,0789508	5,77	10.861		10	6,35	6	0,14	0,02	2,97	0,12	0,1	0,15	0,13		0,45	30	0,05	
	25	T40	Trafo	0,1	1000		0,112	0,043	0,004816	0,0789508	23,09	10.861		25	25,40	25	0,14	0,02	2,97	0,09	0,1	0,1	0,11		0,30	125	0,05	
EM3	10	S42	Línea	1,23	29250		0,112	0,118	0,013216	0,052192	675,50	11.084	11.080	750	743,05	743	0,14	0,02	2,97	0,49	0,5	0,5	1,26	1,26	1,49	3715	0,45	
	11	S42	Línea	1,36	34050		0,112	0,005	0,00056	0,038976	786,35	11.198	11.084	1.000	864,99	865	0,14	0,02	2,97	0,51	0,5	0,55	1,47	1,47	1,63	4325	0,5	
	26	T40	Trafo	0,1	800		0,112	0,02	0,00224	0,054432	18,48	11.065		20	20,32	20	0,14	0,02	2,97	0,10	0,1	0,1	0,10		0,30	100	0,05	
	27	T40	Trafo	0,1	1600		0,112	0,02	0,00224	0,054432	36,95	11.065		40	40,65	41	0,14	0,02	2,97	0,08	0,1	0,1	0,12		0,30	205	0,05	
	28	T40	Trafo	0,1	1600		0,112	0,02	0,00224	0,054432	36,95	11.065		40	40,65	41	0,14	0,02	2,97	0,08	0,1	0,1	0,12		0,30	205	0,05	
	29	T40	Trafo	0,1	800		0,112	0,02	0,00224	0,054432	18,48	11.065		20	20,32	20	0,14	0,02	2,97	0,10	0,1	0,1	0,10		0,30	100	0,05	
EM4	12	S42	Línea	1,57	34050		0,112	0,338	0,037856	0,038416	786,35	11.203	11.198	1.000	864,99	865	0,14	0,02	2,97	0,59	0,6	0,6	1,60	1,60	1,78	4325	0,55	
	13	T40	Trafo	0,1	400		0,112	0,01	0,00112	0,039536	9,24	11.193		10	10,16	10	0,14	0,02	2,97	0,11	0,1	0,15	0,14		0,45	50	0,05	
	14	S42	Línea	1,70	36150		0,112	0,005	0,00056	0,00056	834,85	11.542	11.203	1.000	918,33	918	0,14	0,02	2,97	0,62	0,6	0,65	1,75	1,77	1,93	4590	0,6	
	40	T40	Trafo	0,1	400	95	0,112	0,08	0,00896	0,00952	9,24	11.460		10	10,16	10	0,14	0,02	2,97	0,11	0,1	0,15	0,14		0,45	50	0,05	
	15	T40	Trafo	0,1	400		0,112	0,075	0,0084	0,046816	9,24	11.130		10	10,16	10	0,14	0,02	2,97	0,11	0,1	0,15	0,14		0,45	50	0,05	
	16	T40	Trafo	0,1	500		0,112	0,075	0,0084	0,046816	11,55	11.130		13	12,70	13	0,14	0,02	2,97	0,10	0,1	0,15	0,15		0,45	65	0,05	
	17	T40	Trafo	0,1	400		0,112	0,075	0,0084	0,046816	9,24	11.130		10	10,16	10	0,14	0,02	2,97	0,11	0,1	0,15	0,14		0,45	50	0,05	
	18	T40	Trafo	0,1	400		0,112	0,075	0,0084	0,046816	9,24	11.130		10	10,16	10	0,14	0,02	2,97	0,11	0,1	0,15	0,14		0,45	50	0,05	
EM5	34	S42	Línea	0,37	19000	240	0,124	0,005	0,00062	0,038364	438,79	11.203	11.179	500	482,66	483	0,14	0,02	2,97	0,17	0,15	0,2	0,43	0,43	0,59	2415	0,15	
	35	S42	SIN CARGA		0																							
	36	S42	Línea	0,22	10500	240	0,124	0,022	0,002728	0,041092	242,49	11.179	11.168	250	266,74	267	0,14	0,02	2,97	0,12	0,1	0,15	0,27	0,27	0,45	1335	0,1	
	37	S42	Línea	0,22	8500	240	0,124	0,022	0,002728	0,041092	196,30	11.179	11.165	200	215,93	216	0,14	0,02	2,97	0,13	0,15	0,15	0,26	0,26	0,45	1080	0,1	
	38	S42	SIN CARGA		0																							
	39	S42	RESERVA		0																							
	203	T40	RESERVA		0																							
	204	T40	Trafo	0,1	2000	150	0,112	0,021	0,002352	0,043444	46,19	11.159		50	50,81	51	0,14	0,02	2,97	0,08	0,1	0,1	0,12		0,30	255	0,05	
	205	T40	Trafo	0,1	2000	150	0,112	0,017	0,001904	0,042996	46,19	11.163		50	50,81	51	0,14	0,02	2,97	0,08	0,1	0,1	0,12		0,30	255	0,05	
	206	T40	Trafo	0,1	2000	150	0,112	0,015	0,00168	0,042772	46,19	11.165		50	50,81	51	0,14	0,02	2,97	0,08	0,1	0,1	0,12		0,30	255	0,05	
	207	T40	Trafo	0,1	1250	150	0,112	0,012	0,001344	0,042436	28,87	11.168		30	31,75	32	0,14	0,02	2,97	0,09	0,1	0,1	0,11		0,30	160	0,05	
	208	T40	Trafo	0,1	1250	150	0,112	0,021	0,002352	0,043444	28,87	11.159		30	31,75	32	0,14	0,02	2,97	0,09	0,1	0,1	0,11		0,30	160	0,05	
	209	T40	Trafo	0,1	2000	150	0,112	0,032	0,003584	0,044676	46,19	11.149		50	50,81	51	0,14	0,02	2,97	0,08	0,1	0,1	0,12		0,30	255	0,05	
	211	T40	Trafo	0,1	2000	150	0,112	0,015	0,00168	0,042772	46,19	11.165		50	50,81	51	0,14	0,02	2,97	0,08	0,1	0,1	0,12		0,30	255	0,05	
	212	T40	Trafo	0,1	2000	150	0,112	0,03	0,00336	0,044452	46,19	11.150		50	50,81	51	0,14	0,02	2,97	0,08	0,1	0,1	0,12		0,30	255	0,05	
	213	T40	Trafo	0,1	1250	150	0,112	0,032	0,003584	0,044676	28,87	11.149		10	31,75	32	0,14	0,02	2,97	0,09	0,1	0,1	0,11		0,30	160	0,05	
	214	T40	Trafo	0,1	1250	150	0,112	0,029	0,003248	0,04434	28																	



## **8.6. Documentación digital aportada**

