



**VNiVERSiDAD
D SALAMANCA**

CAMPUS DE EXCELENCIA INTERNACIONAL



**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

Trabajo Fin de Grado

Grado en Ingeniería Eléctrica

Proyecto de instalación eléctrica de una fábrica de pellets

Electrical installation project of a pellet factory

Autor: Sergio Martín Maestre

Febrero 2023

Índice

I.-Memoria	6
1.- INTRODUCCIÓN Y OBJETO DEL PROYECTO	7
2.- NORMATIVA APLICADA	9
3.- NECESIDADES Y PRESTACIONES DE LAS INSTALACIONES REQUERIDAS	10
4.- SOLUCIONES ADOPTADAS.....	12
4.1.- Línea aérea	12
4.2.- Línea subterránea	17
4.3.- Centro de transformación.....	17
4.4.- Instalación de baja tensión.....	22
4.5.- Alumbrado exterior	26
4.6.- Protección contra incendios	31
5.- PLAZO Y DIAGRAMA DE EJECUCIÓN	32
6.- RESUMEN DEL PRESUPUESTO.....	33
7.- CONCLUSIÓN DE LA MEMORIA Y FIRMA	34
II.-Anejo de media tensión.....	35
1.- INTRODUCCIÓN Y OBJETO	36
2.- CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA INSTALACIÓN	36
3.- DERIVACIÓN EN MEDIA TENSIÓN.....	37
3.1.- Parte aérea	37
3.2.- Parte subterránea	91
4.- CENTRO DE TRANSFORMACIÓN.....	94
4.1.- Diseño de la instalación	94
4.1.8.- Interconexión transformador-cuadro BT.....	101
4.1.9.- Cuadros de protecciones de BT.....	101
4.2.- Instalaciones de puesta a tierra	102
4.3.- Materiales de seguridad y de primeros auxilios	108
5.- CONCLUSIÓN Y FIRMA	108
III.- Anejo de baja tensión	109
1.- INTRODUCCIÓN Y OBJETO.....	110
2.- PREVISIÓN Y REPARTO DE CARGAS.....	110
2.1.- Coeficientes de simultaneidad	113
2.2.- Cuadro de potencias extendido	114
3.- CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE LA INSTALACIÓN	116

3.1.- Parámetros generales	116
3.2.- Clasificación de la instalación	116
3.3.- Conductores, canalizaciones y condiciones de instalación	117
3.4.- Cruces, paralelismos y distancias de seguridad	120
3.5.- Empalmes, derivaciones y terminales	120
4.- CONJUNTOS DE PROTECCIÓN Y MEDIDA	120
4.1.- Protección de la instalación frente a sobrecargas y cortocircuitos ..	121
4.2.- Protección de personas frente a contactos indirectos según el régimen del neutro	121
4.3.- Puesta a tierra	124
5.- CÁLCULO ELÉCTRICO	126
5.1.- Cálculo de secciones	126
5.2.- Corrección del factor de potencia	135
6.-CONCLUSIÓN Y FIRMA	135
IV.- Anejo de iluminación	136
1.- INTRODUCCIÓN Y OBJETO	137
2.- NORMATIVA APLICADA	137
3.- FICHAS DE PRODUCTO	138
4.- INSTALACIÓN DE ALUMBRADO INTERIOR	139
4.1.- Cálculos luminotécnicos	139
4.2.- Imágenes	160
5.- INSTALACIÓN DE ALUMBRADO EXTERIOR	164
5.1.- Diseño luminotécnico	164
5.2.- Criterios de eficiencia energética para el diseño, explotación y mantenimiento de las instalaciones de alumbrado	173
5.3.- Instalación eléctrica	181
6.- CONCLUSIÓN Y FIRMA	186
V.- Anejo de protección contra incendios	187
1.- INTRODUCCIÓN Y OBJETO	188
2.- NORMATIVA APLICADA	188
3.- CLASIFICACIÓN DE LOS LOCALES	188
4.- SISTEMA DE DETECCIÓN Y EXTINCIÓN	189
4.1.- Componentes del sistema de detección	189
4.2.- Distribución de pulsadores manuales y detectores	191

4.3.- Características generales de la instalación. Canalizaciones y conductores.....	192
4.4.- Extinción de incendios y control de humos del incendio	194
5.- SEÑALIZACIÓN	196
6.- CONCLUSIÓN Y FIRMA	197
VI.- Anejo de gestión de residuos de la construcción	198
1.- INTRODUCCIÓN Y OBJETO	199
2.- NORMATIVA APLICABLE.....	199
3.- IDENTIFICACIÓN DE RESIDUOS Y CANTIDADES	199
4.- MEDIDAS PARA LA REDUCCIÓN DE RESIDUOS EN OBRA	200
5.- REUTILIZACIÓN, VALORIZACIÓN O ELIMINACIÓN DE RESIDUOS DE OBRA.....	200
6.- MEDIDAS PARA LA SEPARACIÓN DE RESIDUOS EN OBRA.....	200
7.- CONCLUSIÓN Y FIRMA	201
VII.- Pliego de condiciones	202
1.- INTRODUCCIÓN.....	203
2.- PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES	203
2.1.- Normativa a aplicar	203
2.2.- Replanteo de la obra	203
2.3.- Características y obligaciones del contratista	204
2.4.- Control de la obra y libro de órdenes	205
2.5.- Aceptaciones parciales y certificaciones periódicas.....	206
2.6.- Recepción de la instalación	206
3.- PLIEGO DE CONDICIONES PARTICULARES	207
3.1.- Condiciones aplicables a la ejecución y certificación de la obra civil y de construcción	207
3.2.- Condiciones aplicables a la ejecución y certificación de las instalaciones de media tensión	209
3.3.- Condiciones aplicables a la ejecución y certificación de las instalaciones de baja tensión	211
3.4.- Condiciones aplicables a la ejecución y certificación de las instalaciones de ventilación y extracción.....	214
3.5.- Condiciones aplicables a la ejecución y certificación de las instalaciones de alumbrado interior.....	214
4.- CONCLUSIÓN Y FIRMA	215

VIII- Estudio básico de seguridad y salud	216
1.- INTRODUCCIÓN Y NORMATIVA APLICADA	217
2.- CARACTERÍSTICAS DE LA OBRA.....	217
3.- PELIGROS DETECTADOS, RIESGOS ASUMIDOS Y MEDIDAS DE PREVENCIÓN.....	218
3.1.- Peligros generales y medidas de prevención.....	218
3.2.- Peligro de daños a terceros y medidas preventivas.....	224
3.3.- Carácter de los peligros y riesgos asumidos.....	224
4.- EQUIPOS DE PROTECCIÓN	225
4.1.- Protección personal	225
4.2.- Protección colectiva	227
5.- FORMACIÓN.....	228
6.- MEDIDAS PERVENTIVAS Y PRIMEROS AUXILIOS	228
7.- CONCLUSIÓN Y FIRMA	231
IX.- Planos.....	232
X.- Presupuesto.....	262
1.- PRESUPUESTO DESGLOSADO.....	263
2.- CUADRO RESUMEN DEL PRESUPUESTO	284
3.- NOMBRE, FECHA Y FIRMA.....	285

I.-Memoria

1.- INTRODUCCIÓN Y OBJETO DEL PROYECTO

El presente proyecto tiene como finalidad realizar la instalación eléctrica de una fábrica de pellets de producción anual de unas 10.000 toneladas de nueva construcción, sita en el municipio de Béjar (Salamanca), incluyendo la instalación de baja tensión y alumbrado de la nave, el centro de transformación y las líneas necesarias para conectarla a la línea eléctrica de alta tensión cercana.

La ubicación concreta del solar de la fábrica es en el polígono industrial del citado municipio, calle Alcalde Ángel Izar, parcelas 7,8,9,10,11 y 12. La superficie total del solar es de 14.668 m².

El presente documento incluye toda la información necesaria para su correcta legalización ante la Administración Pública competente, además de cumplir con las especificaciones técnicas de la compañía distribuidora, en este caso Iberdrola Distribución Eléctrica S.A.

El objetivo principal de la instalación eléctrica es dar suministro a la fábrica y al edificio de oficinas anexo a la misma, así como al alumbrado exterior.

A continuación, se describe de forma resumida en que consiste el proceso productivo de la fábrica, para posteriormente poder dimensionar la instalación correctamente.

➤ Descripción del proceso productivo

El proceso seguirá las siguientes fases:

1. RECEPCIÓN Y PROCESADO DE LA MATERIA PRIMA

En esta etapa se puede recibir la materia prima de tres formas diferentes:

- Astillas finas procedentes de restos de otras industrias (A).
- Restos forestales medios (B).
- Restos forestales gruesos (C).

La materia prima se clasificará y almacenará dentro de la fábrica, en la zona de almacén de materias primas, en función de su clasificación.

2. ASTILLADO DE LA MADERA

Se trasladarán del almacén la materia prima clasificada como B y C con una pala cargadora hacia unas tolvas, que comunican con una astilladora por medio de cintas transportadoras.

A la salida de la astilladora, otra cinta transportadora lleva las astillas hacia un mezclador, donde también se incorporan las astillas finas (A) provenientes de otra tolva mediante una cinta transportadora.

3. ELIMINACIÓN DE METALES

A la salida de la astilladora, se coloca un separador magnético para poder retirar cualquier impureza metálica que se haya podido introducir durante el proceso.

4. SECADO DE LAS ASTILLAS

En esta etapa se pretende reducir la humedad desde el 40-50% que tienen aproximadamente hasta un 15%. Esto se consigue mediante un secador de tambor rotatorio, que obtiene el calor de una caldera de biomasa alimentada con los desechos de la fábrica y pellets producidos.

5. TRITURADO DE LA MADERA

Tras el secado, las partículas de madera perderán humedad de manera heterogénea, y su tamaño se verá afectado de igual forma. Por esto, se introduce en el molino de martillos, donde se obtiene un tamaño uniforme y apto para el procesado en posteriores etapas.

6. PALLETIZADO

En esta etapa se producen los pellets propiamente dichos. Para ello, se introduce la madera proveniente del molino de martillos en una máquina paletizadora, que comprime la madera de forma continua, obligándola a atravesar unos orificios del tamaño establecido para los pellets.

Debido a las altas presiones que se producen, se desprenden resinas (lignina principalmente) que unen las partículas de madera entre sí. Cuando la masa resultante de atravesar los orificios adquiere la longitud deseada, se cortan y se obtienen los pellets.

7. ENFRIADO

En esta etapa se pretende bajar la temperatura del producto para endurecer las ligninas y facilitar la manipulación del mismo, así como evitar la formación de hongos. Este proceso se consigue introduciendo aire en la tolva donde caen los pellets.

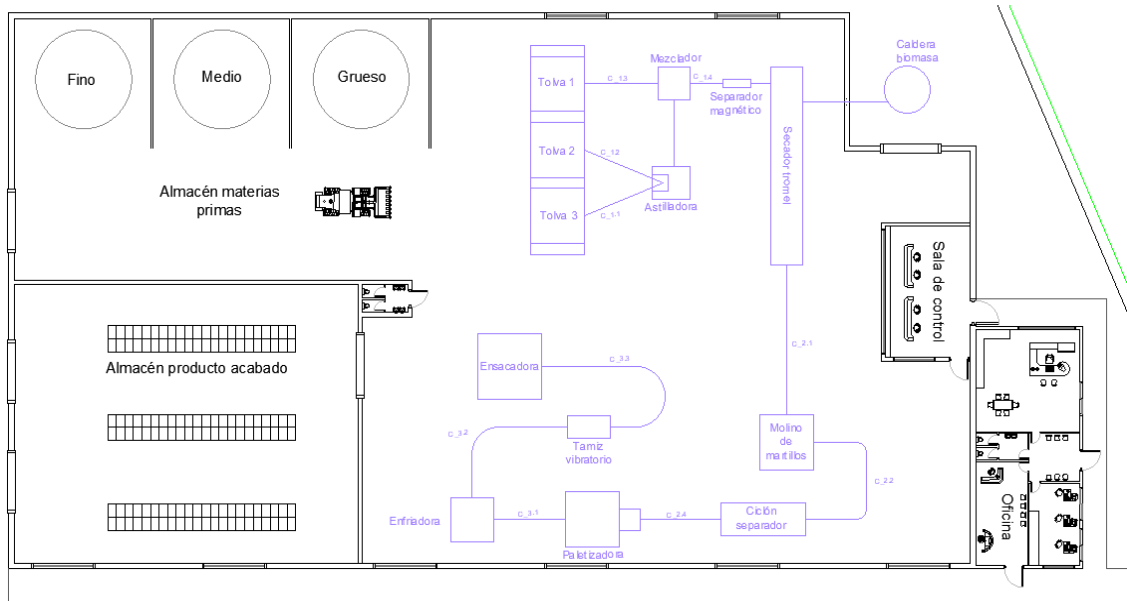
8. CRIBADO

A la salida de la enfriadora se llevan los pellets a un tamiz vibratorio donde se retiran los pellets de tamaño que no sea adecuado y los restos finos de madera. Estos restos sirven de combustible para la caldera.

9. ALMACENAJE DEL PRODUCTO TERMINADO

Los pellets fríos y cribados, se llevan a una máquina ensacadora con dispositivo de pesaje automático, donde se llenarán sacos de 15 kg, que se almacenarán en el almacén de producto acabado.

A parte de todas estas etapas, se tiene una báscula de camiones para pesar tanto los camiones que llegan como los que salen



2.- NORMATIVA APLICADA

En este apartado se nombrará la normativa general aplicada al presente proyecto:

- Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias, aprobado por RD 842/2002 de 2 de agosto.
- Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias, aprobado por RD 337/2014, de 9 de mayo.
- Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias, aprobado por RD 223/2008, de 15 de febrero.
- Reglamento de instalaciones de protección contra incendios, aprobado por RD 513/2017, de 22 de mayo.
- Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales, aprobado por RD 2267/2004, de 3 de diciembre.
- RD 105/2008, de 1 de febrero, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición.
- Código Técnico de la Edificación, aprobado por RD 314/2004, de 17 de marzo.

- Normativa UNE e ISO de aplicación.
- Normativa específica de la compañía distribuidora.

Toda la normativa utilizada se encuentra consolidada a la fecha de firma del presente proyecto.

En cada anejo se enumera la normativa utilizada de forma específica para los mismos.

3.- NECESIDADES Y PRESTACIONES DE LAS INSTALACIONES REQUERIDAS

Para poder realizar todo el proceso productivo mencionado anteriormente, es necesario alimentar una serie de receptores. A continuación, se muestra una tabla con dichos receptores y la potencia nominal en vatios de cada uno:

RECEPTOR	P (W)	FASES
Paletizadora KMPM 508 o similar	180000	RST
Cinta 3 kW	3000	RST
Cinta 4 kW	4000	RST
Astilladora BX216 o similar	55000	RST
Mezclador horizontal WBH o similar	20000	RST
Separador magnético DND-AC M7 F Panther o similar	2000	RST
Secador de tambor rotatorio HZG24 o similar	22000	RST
Horno combustible sólido seria RSL-I o similar	10000	RST
Molino de martillos MFSP66*80 o similar	90000	RST
Ciclón separador KD-100 o similar	26000	RST
Enfriador a contracorriente SLNF 15X15 o similar	2000	RST
Tamiz vibratorio lineal DZSF-2050 o similar	7000	RST
Ensacadora semiautomática ILERFIL AB o similar	2000	RST

ILUMINACIÓN EXTERIOR	P (W)	FASES
Fachada principal	197	R
Fachada lateral	236,4	S
Aparcamiento y caldera	630,4	T

ILUMINACIÓN INTERIOR: ALMACÉN MAT. PRIMAS	P (W)	FASES
Iluminación zona finos	928	R
Iluminación zona medios	928	S
Iluminación zona gruesos	928	T
Iluminación pasillo central	2088	R

ILUMINACIÓN INTERIOR: FÁBRICA	P (W)	FASES
Iluminación zona derecha nave	2088	R
Iluminación zona central nave	2088	S
Iluminación zona izquierda nave	2088	T

ILUMINACIÓN INTERIOR: ALMACÉN PROD. FINAL	P (W)	FASES
Iluminación zona 1	1895	R
Iluminación zona 2	1895	S
Iluminación zona 3	1895	T

OFICINA, SALA DE CONTROL Y BÁSCULA	P (W)	FASES
Iluminación de todas las oficinas	1035	S
Iluminación de la sala de control	290	T
Iluminación báscula pesaje	224	R y S
Ordenadores	400	-

Además de alimentar todos estos receptores, hay que diseñar:

- Puesta a tierra del edificio.
- Cuadros eléctricos.
- Secciones de los conductores.
- Modos de instalación de los conductores.
- Protecciones eléctricas.
- Centro de transformación propiedad del cliente. Transformador reductor 13,2-20 kV/400 V fin de línea.
- Línea subterránea de 60 m de longitud.
- Línea aérea de media tensión de 540 m de longitud.
- Protecciones eléctricas de las líneas.
- Instalación de protección contra incendios.

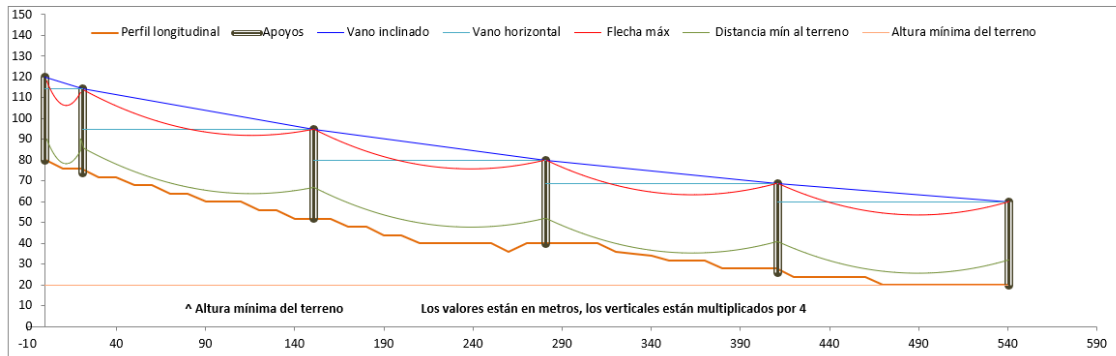
El presente proyecto también debe incluir un anejo de gestión de residuos, un estudio básico de seguridad y salud (en su caso), un pliego de condiciones y un presupuesto.

4.- SOLUCIONES ADOPTADAS

En este apartado se muestra un resumen de las soluciones adoptadas para conseguir el resultado del proyecto de forma satisfactoria. Para ampliar información y ver métodos de cálculos empleados, acudir a los diferentes anejos y documentos del presente proyecto.

4.1.- Línea aérea

La línea aérea se compone por 5 apoyos: dos apoyos fin de línea, dos apoyos de suspensión alineación y un apoyo de anclaje de alineación.



Por tanto, se puede dividir a la línea en dos tramos a efectos de cálculo, desde cada extremo hasta el apoyo de anclaje de alineación.

La línea se encuentra en Zona B (entre 500 y 1000 m de altitud).

Los vanos de la línea tienen las siguientes medidas:

VANO	Vano a (m)	Desnivel b (m)
1	20,80	-1,50
2	130,00	-4,80
3	130,00	-3,70
4	130,00	-2,80
5	130,00	-2,20

➤ CONDUCTOR

El conductor elegido es el 47-AL1/8-ST1A, antiguamente denominado LA 56, que tiene las siguientes especificaciones:

Diámetro	9,45 mm
Sección	54,60 mm ²
Módulo de elasticidad	7900 daN/mm ²
Coefficiente de dilatación	1,9·10 ⁻⁵ °C ⁻¹
Carga de rotura	1640 daN
Peso por unidad de longitud	0,1853 daN/m

Para el cálculo hay que seguir las prescripciones establecidas en la ITC-LAT-07 de líneas aéreas con conductores desnudos, que en su apartado 3 establece las siguientes obligaciones:

- La tracción máxima de los conductores y cables de tierra no resultará superior a su carga de rotura, mínima dividida por 2,5, si se trata de conductores cableados (apartado 3.2.1).

$$T_{max} = \frac{CR}{c.s}$$

- Como se encuentra en Zona B, las condiciones de las hipótesis que limitan la tracción máxima admisible vienen establecidas en la tabla 4 del apartado 3.2.1.

ZONA B			
Hipótesis	Temperatura (°C)	Sobrecarga Viento	Sobrecarga hielo
Tracción máxima viento	-10	Según el apartado 3.1.2 Mínimo 120 ó 140 km/h según la tensión de línea	No se aplica
Tracción máxima de hielo	-15	No se aplica	Según el apartado 3.1.3
Tracción máxima hielo + viento (1)	-15	Según el apartado 3.1.2 Mínimo 60 km/h	Según el apartado 3.1.3.

- También deben tenerse en cuenta la incidencia de los posibles fenómenos vibratorios producidos por la vibración eólica, que pueden comprometer la fiabilidad de la línea. Por ello, se establece que la tracción a temperatura de 15 °C no supere el 22% de la carga de rotura, si se realiza el estudio de amortiguamiento y se instalan dichos dispositivos, o que bien no supere el 15% de la carga de rotura si no se instalan (apartado 3.2.2).
- Por último, en el apartado 3.2.3 se establece la obligación de determinar la flecha máxima de los conductores en las hipótesis siguientes, y que en estas condiciones se respete siempre la distancia mínima al terreno (7 m).
 - Hipótesis de viento:* Sometidos a la acción de su peso propio y a una sobrecarga de viento, según el apartado 3.1.2, para una velocidad de viento de 120 km/h a la temperatura de 15 °C.
 - Hipótesis de temperatura:* Sometidos a la acción de su peso propio, a la temperatura máxima previsible, teniendo en cuenta las condiciones climatológicas y de servicio de la línea. Esta temperatura no será en ningún caso inferior a 50 °C.
 - Hipótesis de hielo:* Sometidos a la acción de su peso propio y a la sobrecarga de hielo correspondiente a la zona, según el apartado 3.1.3, a la temperatura de 0 °C.

Los valores de las tracciones máximas para cada tramo de línea y el valor de la flecha máxima son:

	Tramo 1	Tramo 2
Hipótesis más desfavorable	Hielo	Hielo
Tracción máxima punto medio en daN	652,20	652,94
Tracción máxima en el vértice en daN	651,62	952,70
Flecha máxima en m	2,60	2,60

➤ APOYOS

Para realizar los cálculos hay que recurrir a la ITC-LAT 07 apartados 3.1 y 3.5. Como la línea transcurre por zona B, el reglamento proporciona las siguientes tablas para realizar el cálculo mecánico de los apoyos.

TIPO DE APOYO	TIPO DE ESFUERZO	1ª HIPÓTESIS (Viento)	2ª HIPÓTESIS		3ª HIPÓTESIS (Desequilibrio de tracciones)	4ª HIPÓTESIS (Rotura de conductores)
			(Hielo)	(Hielo+Viento)		
Suspensión de Alineación o Suspensión de Ángulo	V	Cargas permanentes (apdo. 3.1.1) considerando los conductores y cables de tierra sometidos a una sobrecarga de viento (apdo. 3.1.2) correspondiente a una velocidad mínima de 120 ó 140 km/h según la categoría de la línea.	Cargas permanentes (apdo. 3.1.1) considerando los conductores y cables de tierra sometidos a la sobrecarga de hielo mínima (apdo. 3.1.3).	Cargas permanentes (apdo. 3.1.1) considerando los conductores y cables de tierra sometidos a la sobrecarga de hielo mínima (apdo. 3.1.3) y a una sobrecarga de viento mínima correspondiente a 60 km/h (apdo. 3.1.2).	Cargas permanentes (apdo. 3.1.1) considerando los conductores y cables de tierra sometidos a la sobrecarga de hielo mínima (apdo. 3.1.3). Para las líneas de categoría especial, además de la sobrecarga de hielo, se considerarán los conductores y cables de tierra sometidos a una sobrecarga de viento mínima correspondiente a 60 km/h (apdo. 3.1.2).	
	T	Esfuerzo del viento (apdo. 3.1.2) correspondiente a una velocidad mínima de 120 ó 140 km/h según la categoría de la línea, sobre: - Conductores y cables de tierra. - Apoyo. SÓLO ÁNGULO: Resultante de ángulo (apdo. 3.1.6.)	ALINEACIÓN: No se aplica. ÁNGULO: Resultante de ángulo (apdo. 3.1.6.)	Esfuerzo del viento (apdo. 3.1.2) para una velocidad mínima de 60 km/h y sobrecarga de hielo (apdo. 3.1.3) sobre: - Conductores y cables de tierra. - Apoyo. SÓLO ÁNGULO: Resultante de ángulo (apdo. 3.1.6.)	ALINEACIÓN: No se aplica. ÁNGULO: Resultante de ángulo (apdo. 3.1.6.)	
	L		No aplica.		Desequilibrio de tracciones (apdo. 3.1.4.1)	Rotura de conductores y cables de tierra (apdo. 3.1.5.1.)

TIPO DE APOYO	TIPO DE ESFUERZO	1ª HIPÓTESIS (Viento)	2ª HIPÓTESIS		3ª HIPÓTESIS (Desequilibrio de tracciones)	4ª HIPÓTESIS (Rotura de conductores)
			(Hielo)	(Hielo+Viento)		
Anclaje de Alineación o Anclaje de Ángulo	V	Cargas permanentes (apdo. 3.1.1) considerando los conductores y cables de tierra sometidos a una sobrecarga de viento (apdo. 3.1.2) correspondiente a una velocidad mínima de 120 ó 140 km/h según la categoría de la línea.	Cargas permanentes (apdo. 3.1.1) considerando los conductores y cables de tierra sometidos a la sobrecarga de hielo mínima (apdo. 3.1.3).	Cargas permanentes (apdo. 3.1.1) considerando los conductores y cables de tierra sometidos a la sobrecarga de hielo mínima (apdo. 3.1.3) y a una sobrecarga de viento mínima correspondiente a 60 km/h (apdo. 3.1.2).	Cargas permanentes (apdo. 3.1.1) considerando los conductores y cables de tierra sometidos a la sobrecarga de hielo mínima (apdo. 3.1.3). Para las líneas de categoría especial, además de la sobrecarga de hielo, se considerarán los conductores y cables de tierra sometidos a una sobrecarga de viento mínima correspondiente a 60 km/h (apdo. 3.1.2).	
	T	Esfuerzo del viento (apdo. 3.1.2) correspondiente a una velocidad mínima de 120 ó 140 km/h según la categoría de la línea, sobre: - Conductores y cables de tierra. - Apoyo. SÓLO ÁNGULO: Resultante de ángulo (apdo. 3.1.6.)	ALINEACIÓN: No se aplica. ÁNGULO: Resultante de ángulo (apdo. 3.1.6.)	Esfuerzo del viento (apdo. 3.1.2) para una velocidad mínima de 60 km/h y sobrecarga de hielo (apdo. 3.1.3) sobre: - Conductores y cables de tierra. - Apoyo. SÓLO ÁNGULO: Resultante de ángulo (apdo. 3.1.6.)	ALINEACIÓN: No se aplica. ÁNGULO: Resultante de ángulo (apdo. 3.1.6.)	
	L		No aplica.		Desequilibrio de tracciones (apdo. 3.1.4.3)	Rotura de conductores y cables de tierra (apdo. 3.1.5.3.)
Fin de línea	V	Cargas permanentes (apdo. 3.1.1) considerando los conductores y cables de tierra sometidos a una sobrecarga de viento (apdo. 3.1.2) correspondiente a una velocidad mínima de 120 ó 140 km/h según la categoría de la línea.	Cargas permanentes (apdo. 3.1.1) considerando los conductores y cables de tierra sometidos a la sobrecarga de hielo mínima (apdo. 3.1.3).	Cargas permanentes (apdo. 3.1.1) considerando los conductores y cables de tierra sometidos a la sobrecarga de hielo mínima (apdo. 3.1.3) y a una sobrecarga de viento mínima correspondiente a 60 km/h (apdo. 3.1.2).	No aplica.	Cargas permanentes (apdo. 3.1.1) considerando los conductores y cables de tierra sometidos a la sobrecarga de hielo mínima (apdo. 3.1.3). Para las líneas de categoría especial, además de la sobrecarga de hielo, se considerarán los conductores y cables de tierra sometidos a una sobrecarga de viento mínima correspondiente a 60 km/h (apdo. 3.1.2).
	T	Esfuerzo del viento (apdo. 3.1.2) correspondiente a una velocidad mínima de 120 ó 140 km/h según la categoría de la línea, sobre: - Conductores y cables de tierra. - Apoyo.	No aplica.	Esfuerzo del viento (apdo. 3.1.2) para una velocidad mínima de 60 km/h y sobrecarga de hielo (apdo. 3.1.3) sobre: - Conductores y cables de tierra. - Apoyo.		No aplica.
	L	Desequilibrio de tracciones (apdo. 3.1.4.4.)	Desequilibrio de tracciones (apdo. 3.1.4.4.)			Rotura de conductores y cables de tierra (apdo. 3.1.5.4.)

El reglamento también establece en el apartado 3.5.4 establece unos coeficientes de seguridad aplicables a los apoyos, que serán diferentes según la hipótesis de cálculo. El coeficiente será de 1,5 para las hipótesis normales y de 1,2 para las anormales. La definición de hipótesis normal o anormal la define el reglamento en el siguiente cuadro:

Tipo de apoyo	Hipótesis normales	Hipótesis anormales
Alineación	1ª, 2ª	3ª, 4ª
Angulo	1ª, 2ª	3ª, 4ª
Anclaje	1ª, 2ª	3ª, 4ª
Fin de línea	1ª, 2ª	4ª

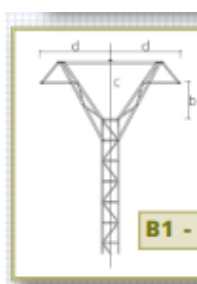
La línea aérea estará formada por cinco apoyos de celosía de la empresa IME-DEXSA, cuyos modelos se indican a continuación:

- Apoyo nº1: fin de línea C-3.000-12-L2.
- Apoyo nº2: suspensión de alineación C-3.000-12-B1.
- Apoyo nº3: anclaje de alineación C-3.000-12-L2.
- Apoyo nº4: suspensión de alineación C-3.000-12-B1.
- Apoyo nº5: fin de línea C-3.000-12-L2

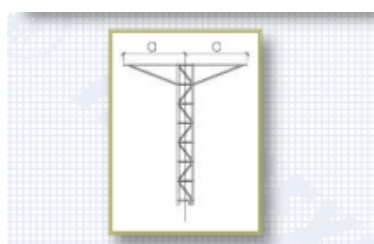
La nomenclatura empleada para nombrar los diferentes postes hace referencia a las diferentes características del mismo:



Entonces, todos los apoyos de la presente línea son de torre tipo C, de diferentes esfuerzos y dos tipos de cruceta, B1 y L2, que se muestran a continuación:



$$\begin{aligned}d &= 1,5 \text{ m} \\ b &= 0,7 \text{ m} \\ c &= 1,15 \text{ m}\end{aligned}$$



$$a = 1,5 \text{ m}$$

Para las cimentaciones de los apoyos, el método de cálculo empleado (método de Sulzberger) consiste en igualar el momento de vuelco del apoyo con el momento estabilizador del terreno sumado al momento estabilizador del bloque de hormigón y del peso del apoyo.

Las cimentaciones de los apoyos tienen las siguientes dimensiones:

Profundidad	Lado (base cuadrada)	Volumen
APOYO N°1		
1,9 m	1,5 m	4,3 m ³
APOYO N°2		
1,2 m	1,22 m	1,77 m ³
APOYO N°3		
1,9 m	0,85 m	1,38 m ³
APOYO N°4		
1,2 m	1,22 m	1,77 m ³
APOYO N°5		
1,9 m	1,51 m	4,31 m ³

➤ PUESTA A TIERRA

Hay que seguir la normativa que se muestra a continuación:

- ITC-LAT 07 apartado 7.
- Manual Técnico de Distribución de Iberdrola Distribución 2.23.35, de diseño de puestas a tierra en apoyos de líneas de alta tensión de tensión nominal igual o inferior a 20 kV.
- ITC-RAT 13.
- Recomendaciones UNESA sobre puestas a tierra.

Los apoyos recogidos en este proyecto se clasifican como apoyos no frecuentados, ya que se encuentran en campo abierto sin presencia humana remarcable.

Atendiendo a la normativa anterior, si se asegura para los apoyos de este proyecto que la resistencia de puesta a tierra es inferior a 230 Ω , se puede asegurar que existe una desconexión automática inmediata en caso de falta y entonces el reglamento establece que no es obligatorio garantizar valores de tensión de contacto inferiores a los admisibles ya que se puede considerar despreciable la probabilidad de acceso y coincidencia de fallo simultáneo.

Para la puesta a tierra de los apoyos se ha optado por dos picas de cobre de 2 m de longitud y 14 mm de diámetro enterradas a una profundidad de 0,5 m separadas entre sí una distancia de 3 m y unidas por un conductor de cobre desnudo de 50 mm² de sección.

Con esta configuración, se tiene que la tensión de paso es de 1856,44 V, inferior a los 7597 V que se obtienen como límite máximo según el reglamento.

➤ PROTECCIONES

Las protecciones empleadas son las siguientes:

- Seccionador normalizado 24 kV/400 A.
- Cortacircuitos fusible de expulsión seccionador tipo P-CFE 24, de 100 A.
- Cortacircuitos fusible de expulsión seccionador tipo FE-20 24 kV, de 20 A.
- Pararrayos de óxidos metálicos sin explosores con envolvente polimérica tipo POM-P 21/10.

4.2.- Línea subterránea

Se instalará un conductor RHZ1-2OL 12/20 kV 1X240 K Al+H16, que tiene las siguientes características eléctricas:

$$\begin{aligned}X &= 0,101 \, \Omega/km \\C &= 0,295 \, \mu F/km \\R_{90^{\circ}C} &= 0,162 \, \Omega/km\end{aligned}$$

Este cable irá dentro de un tubo curvable de polietileno de doble pared (interior liso y exterior corrugado), de color naranja, de 160 mm de diámetro nominal con resistencia a la compresión de 450 N, resistencia al impacto de 40 julios, con grado de protección IP549.

Además, se deberá dejar otro tubo vacío de las mismas características y que transcurra paralelamente a este.

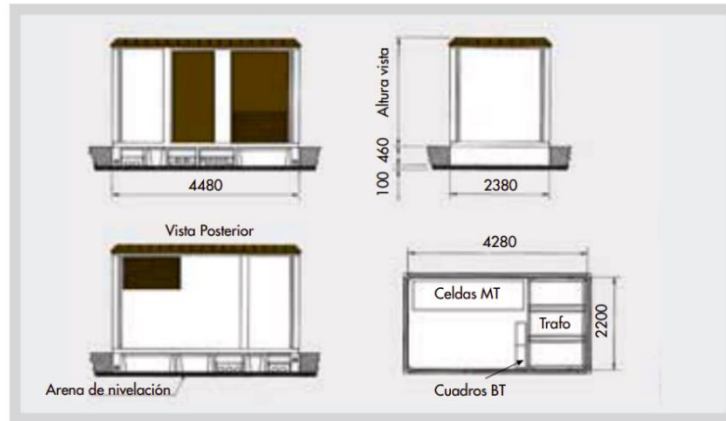
La profundidad del tubo, medida desde la parte superior de este, es de 1 m.

A una profundidad de 0,2 m debe ir instalada una cinta de señalización de polietileno, de 150 mm de anchura, color amarillo, con la inscripción "¡ATENCIÓN! DEBAJO HAY CABLES ELÉCTRICOS".

4.3.- Centro de transformación

➤ EDIFICIO

Para este proyecto se ha optado por un edificio prefabricado de hormigón, en concreto el pfu-4/20. Los edificios pfu para CT, de superficie y maniobra interior (tipo caseta), constan de una envolvente de hormigón, de estructura monobloque, en cuyo interior se incorporan todos los componentes eléctricos, desde la apartamentada de MT, hasta los cuadros de BT, incluyendo los transformadores, dispositivos de control e interconexiones entre los diversos elementos.



La envolvente de estos centros es de hormigón armado vibrado. Se compone de dos partes: una que aglutina el fondo y las paredes, que incorpora las puertas y rejillas de ventilación natural, y otra que constituye el techo.

Las piezas construidas en hormigón ofrecen una resistencia característica de 300 kg/cm^2 . Además, disponen de una armadura metálica, que permite la interconexión entre sí y al colector de tierras. Esta unión se realiza mediante latiguillos de cobre, dando lugar a una superficie equipotencial que envuelve completamente al centro. Las puertas y rejillas están aisladas eléctricamente, presentando una resistencia de $10 \text{ k}\Omega$ respecto de la tierra de la envolvente.

Las cubiertas están formadas por piezas de hormigón con inserciones en la parte superior para su manipulación.

En la parte inferior de las paredes frontal y posterior se sitúan los orificios de paso para los cables de MT y BT. Estos orificios están semiperforados, realizándose en obra la apertura de los que sean necesarios para cada aplicación. De igual forma, dispone de unos orificios semiperforados practicables para las salidas a las tierras exteriores.

➤ CELDAS

Las celdas empleadas en este CT son del tipo cgmcosmos, que es un sistema de celdas de Media Tensión modulares bajo envolvente metálica de aislamiento integral en gas SF₆ de acuerdo a la normativa UNE-EN 62271-200 para instalación interior, clase -5 °C según IEC 62271-1, hasta una altitud de 2000 m sobre el nivel del mar sin mantenimiento con las siguientes características generales estándar:

CONSTRUCCIÓN

- Cuba de acero inoxidable de sistema de presión sellado, según IEC 62271-1, conteniendo los elementos del circuito principal sin necesidad de reposición de gas durante 30 años.
- 3 divisores capacitivos de 24 kV.
- Bridas de sujeción de cables de Media Tensión diseñadas para sujeción de cables unipolares de hasta 630 mm² y para soportar los esfuerzos electrodinámicos en caso de cortocircuito.

- Alta resistencia a la corrosión, soportando 150 h de niebla salina en el mecanismo de maniobra según norma ISO 7253.

SEGURIDAD

- Enclavamientos propios que no permiten acceder al compartimento de cables hasta haber conectado la puesta a tierra, ni maniobrar el equipo con la tapa del compartimento de cables retirada. Del mismo modo, el interruptor y el seccionador de puesta a tierra no pueden estar conectados simultáneamente.
- Enclavamientos por candado independientes para los ejes de maniobra del interruptor y de seccionador de puesta a tierra, no pudiéndose retirar la tapa del compartimento de mecanismo de maniobras con los candados colocados.
- Posibilidad de instalación de enclavamientos por cerradura independientes en los ejes de interruptor y de seccionador de puesta a tierra.

INUNDABILIDAD

- Equipo preparado para mantener servicio en el bucle de Media Tensión en caso de una eventual inundación de la instalación soportando ensayo de 3 m de columna de agua durante 24 h.

GRADOS DE PROTECCIÓN

- Celda / Mecanismos de Maniobra: IP 2XD según EN 60529.
- Cuba: IP X7 según EN 60529.
- Protección a impactos en:
 - Cubiertas metálicas: IK 08 según EN 5010.
 - Cuba: IK 09 según EN 5010.

CONEXIÓN DE CABLES

- La conexión de cables se realiza desde la parte frontal mediante unos pasatapas estándar.

ENCLAVAMIENTOS

La función de los enclavamientos incluidos en todas las celdas **cgmcosmos** es que:

- No se pueda conectar el seccionador de puesta a tierra con el aparato principal cerrado, y recíprocamente, no se pueda cerrar el aparato principal si el seccionador de puesta a tierra está conectado.
- No se pueda quitar la tapa frontal si el seccionador de puesta a tierra está abierto, y a la inversa, no se pueda abrir el seccionador de puesta a tierra cuando la tapa frontal ha sido extraída.

CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS

Tensión nominal 24 kV

Frecuencia 50 Hz

Impulso tipo rayo a tierra y entre fases 125 kV

Impulso tipo rayo a la distancia de seccionamiento 145 kV

Las celdas del CT son:

- Celda de entrada cgmcosmos-l: está constituida por un módulo metálico con aislamiento y corte en gas, que incorpora en su interior un embarrado superior de cobre, y una derivación con un interruptor-seccionador rotativo, con capacidad de corte y aislamiento, y posición de puesta a tierra de los cables de acometida inferior-frontal mediante bornas enchufables. Presenta también captadores capacitivos ekor.vpis para la detección de tensión en los cables de acometida y alarma sonora de prevención de puesta a tierra ekor.sas.

- Celda de protección general cgmcosmos-p: está constituida por un módulo metálico con aislamiento y corte en gas, que incorpora en su interior un embarrado superior de cobre, y una derivación con un interruptor-seccionador rotativo, con capacidad de corte y aislamiento, y posición de puesta a tierra de los cables de acometida inferior-frontal mediante bornas enchufables, y en serie con él, un conjunto de fusibles fríos, combinados o asociados a ese interruptor. Presenta también captadores capacitivos para la detección de tensión en los cables de acometida y puede llevar una de alarma sonora de prevención de puesta a tierra ekor.sas, que suena cuando habiendo tensión en la línea se introduce la palanca en el eje del seccionador de puesta a tierra. Al introducir la palanca en esta posición, un sonido indica que puede realizarse un cortocircuito o un cero en la red si se efectúa la maniobra.

- Celda de medida cgmcosmos-m: es un módulo metálico, construido en chapa galvanizada, que permite la incorporación en su interior de los transformadores de tensión e intensidad que se utilizan para dar los valores correspondientes a los aparatos de medida, control y contadores de medida de energía. Por su constitución, esta celda puede incorporar los transformadores de cada tipo (tensión e intensidad), normalizados en las distintas compañías suministradoras de electricidad. La tapa de la celda cuenta con los dispositivos que evitan la posibilidad de contactos indirectos y permiten el sellado de la misma, para garantizar la no manipulación de las conexiones.

➤ TRANSFORMADOR

El transformador elegido es un transformador trifásico reductor de tensión, de marca ORMAZABAL, con neutro accesible en el secundario, de potencia 400 kVA y refrigeración natural aceite, de tensión primaria 20 kV y tensión secundaria 420 V en vacío.

Algunas características del mismo son:

CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS			
Potencia en kVA		250	400
Tensión	Primaria		
Asignada	Secundaria en Vacío*		
Regulación sin Tensión		$\pm 2,5 \pm 5\%$	
Grupo de Conexión*			
Pérdidas en Vacío (W)*		650	930
Pérdidas en Carga (W)*		3250	4600
Impedancia de Cortocircuito % a 75° C *		4	4
Intensidad de Vacío al 100% de Vn*		2	1,8
Nivel de Potencia Acústica*		62	65
Caída de Tensión	$\cos \varphi = 1$	1,4	1,2
a Plena Carga %	$\cos \varphi = 0,8$	3,3	3,2
	Carga $\cos \varphi = 1$	98,5	98,6
	100% $\cos \varphi = 0,8$	98,1	98,3
Rendimiento (%)	Carga $\cos \varphi = 1$	98,7	98,8
	75% $\cos \varphi = 0,8$	98,4	98,6

DIMENSIONES ESTÁNDAR (mm) (otras dimensiones)			
Potencia en kVA		250	400
A (Largo)		1120	1430
B (Ancho)		880	890
C (Alto a tapa)		820	910
D1 (Alto a MT)		1205	1295
D2 (Alto a BT)		996	1086
E (MT)		155	160
F (MT)		275	275
G (BT)		145	155
H (BT)		150	150
J (Carros)		670	670
K (Ancho de ruedas)		40	40
Ø (Ruedas)		125	125
L (Rueda)		110	110
PASABARRAS BT (di Métrica)	M-20	M-20	M-20
PASABARRAS BT (Amp)	630	630	630
VOL. ACEITE (Litros)*		240	300
PESO TOTAL (Kg)		980	1390

* Otras posibilidades bajo contrato

* Densidad del aceite 0,88gr/cm³ a 20° C

** Dimensiones sin el depósito de expansión.

➤ PROTECCIÓN DEL TRANSFORMADOR

Para proteger al transformador se emplea una unidad de protección ekor-rpt, compuesto por:

- Relé electrónico.
- Transformadores toroidales 300 A / 1 A.
- Disparador biestable: actuador electromecánico de bajo consumo integrado en el mecanismo de maniobra del interruptor.

➤ CUADRO DE BAJA TENSIÓN

También se dispone de un cuadro de baja tensión que conecta con el secundario del transformador desde donde se alimenta el cuadro general de la instalación y los elementos auxiliares del CT, tales como iluminación y tomas de fuerza.

➤ PUESTA A TIERRA

La puesta a tierra está formada por un rectángulo de 5x3 m formado con un conductor de cobre desnudo de sección 35 mm² con cuatro picas de cobre en los extremos del mismo de 2 m de longitud y diámetro de 14 mm enterrados a 0,5 m de profundidad.

A esta puesta a tierra se unirán todos los elementos metálicos del CT, así como una malla equipotencial dentro del CT formada por un mallazo electrosoldado de retícula 0,3x0,3 m de redondo 4 conectado a la puesta de tierra de protección del CT en dos puntos opuestos y recubierto con una capa de hormigón de al menos 10 cm de espesor.

A una distancia de al menos 12,98 m se realizará la puesta a tierra del neutro del transformador, formada por dos picas como las anteriores unidas por un conductor de cobre desnudo de las mismas características que el nombrado anteriormente de 3 m de longitud. Esta toma de tierra se unirá por medio de un conductor aislado a 0,6/1 kV de cobre de 35 mm² de sección al neutro del transformador.

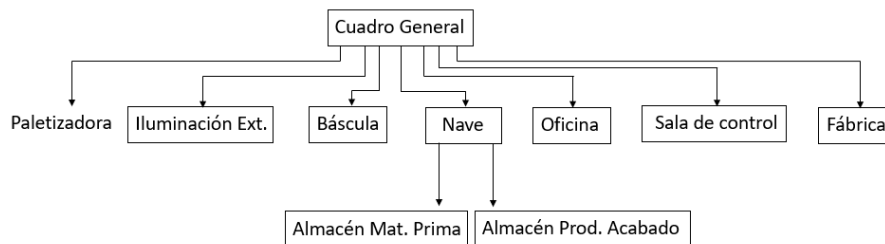
Con estas configuraciones se tienen los siguientes resultados:

COMPROBACIÓN DEL DISEÑO ELEGIDO PARA LA PUESTA A TIERRA DE PROTECCIÓN					
Intensidad de defecto $I_d \geq I$ arranque de la protección					
Id sin asimetría (A)	233,04	I arranque (A)	100,00	Cumplimiento:	CUMPLE
Tensión de defecto $V_d \leq$ Nivel de aislamiento de las instalaciones de BT					
Vd (V)	7585,37	Nivel aislamiento (V)	10.000	Cumplimiento:	CUMPLE
Tensión de paso $V_p \leq$ Tensión de paso máxima admisible (ITC-RAT 13)					
Vp (V)	1712,83	Vp máx (V)	7597,00	Cumplimiento:	CUMPLE
Tensión de contacto $U_c \leq$ Tensión de contacto máxima admisible (ITC-RAT 13)					
Vc (V)	3760,06	Vc máx (V)	631,64	Cumplimiento:	NO CUMPLE
Se adoptarán medidas adicionales para que la tensión de contacto sea despreciable					Sí
Tensión de paso en el acceso $V_p (acc) \leq$ Tensión de paso máxima admisible en el acceso (ITC-RAT 13)					
Vp (acc) (V)	3760,06	Vp (acc) máx (V)	14826,32	Cumplimiento:	CUMPLE
Tensión de defecto $V_d \leq$ Máxima tensión admitida para disponer una tierra única (ITC-RAT 13)					
Vd (V)	7585,37	Tensión admisible (V)	1000	Cumplimiento:	OBLIG. TIERRAS SEPARADAS
EL DISEÑO DE LA TIERRA DE PROTECCIÓN ES CORRECTO					

COMPROBACIÓN DEL DISEÑO ELEGIDO PARA LA PUESTA A TIERRA DEL NEUTRO				
Resistencia del neutro $\geq$ Resistencia máxima recomendada				
Resis. neutro (Ω)	36,40	Resis. Máxima (Ω)	37	Cumplimiento:
				CUMPLE
EL DISEÑO DE LA TIERRA DEL NEUTRO ES CORRECTO				

4.4.- Instalación de baja tensión.

La instalación de baja tensión se realizará siguiendo el diagrama de bloques que se muestra a continuación:



➤ PREVISIÓN DE POTENCIA

A partir de esta distribución de cuadros se obtiene el siguiente cuadro simplificado de previsión de potencia:

PREVISIÓN DE CARGAS POR CUADRO				
CUADROS	CIRCUITOS	FASES	Pn (W)	NOTAS
Cuadro General				
0.01	Cuadro_01	RST		Iluminación Exterior
0.02	Cuadro_02	RST		Báscula
0.03	Cuadro_03	RST		Nave
0.04	Cuadro_04	S		Oficina

0.05	Cuadro_05	T		Sala de control
0.06	Cuadro_06	RST		Fábrica
0.07	Paletizadora	RST	180000	Paletizadora KMPM 508 o similar
Cuadro_01				Iluminación Exterior
1.01	Ilum_Fachada	R	197	Iluminación fachada principal
1.02	Ilum_Fachada_2	S	236,4	Iluminación fachada lateral
1.03	Ilum_Aparcamiento	T	630,4	Iluminación aparcamiento y caldera
Cuadro_02				Báscula
2.01	Ilum_01	R	144	Iluminación interior
2.02	Ilum_02	S	78,8	Iluminación exterior
2.03	Fuerza	T	2000	Ordenador, radiador, etc.
Cuadro_03				Nave
Cuadro_03.1				Almacén Materias Primas
3.11	Ilum_01	R	928	Iluminación zona finos
3.12	Ilum_02	S	928	Iluminación zona medios
3.13	Ilum_03	T	928	Iluminación zona gruesos
3.14	Ilum_04	R	2088	Iluminación pasillo central
3.15	Ilum_05	R	58	Iluminación baños
Cuadro_03.2				Almacén Producto Acabado
3.21	Ilum_01	R	1895	Iluminación zona 1
3.22	Ilum_02	S	1895	Iluminación zona 2
3.23	Ilum_03	T	1895	Iluminación zona 3
Cuadro_04				Oficina
4.01	Iluminación	S	1035	Iluminación de todas las oficinas
4.02	Ordenadores	S	2400	Ordenadores (6x400 W)
4.03	Fuerza	S		No se asigna potencia. Se calcula sección con 16A
Cuadro_05				Sala de control
5.01	Iluminación	T	290	Iluminación de la sala de control
5.02	Ordenadores	T	1600	Ordenadores (4x400 W)
5.03	Fuerza	T		No se asigna potencia. Se calcula sección con 16A
Cuadro_06				Fábrica
6.01	Ilum_01	R	2088	Iluminación zona derecha nave
6.02	Ilum_02	S	2088	Iluminación zona central nave
6.03	Ilum_03	T	2088	Iluminación zona izquierda nave
6.04	Cintas_01	RST	12000	Cintas 1.1 a 1.4 (4x3 kW)
6.05	Cintas_02	RST	12000	Cintas 2.1 a 2.4 (4x3 kW)
6.06	Cintas_03	RST	10000	Cintas 3.1 a 3.4 (2x3 kW + 1x4 kW)
6.07	Astilladora	RST	55000	Astilladora BX216 o similar
6.08	Mezcladora	RST	20000	Mezclador horizontal WBH o similar
6.09	Separador_Mag	RST	2000	Separador magnético DND-AC M7 F Panther o similar
6.10	Trómel	RST	22000	Secador de tambor rotatorio HZG24 o similar
6.11	Caldera	RST	10000	Horno combustible sólido seria RSL-I o similar
6.12	Molino	RST	90000	Molino de martillos MFSP66*80 o similar

6.13	Ciclón	RST	26000	Ciclón separador KD-100 o similar
6.14	Enfriadora	RST	2000	Enfriador a contracorriente SLNF 15X15 o similar
6.15	Tamiz	RST	7000	Tamiz vibratorio lineal DZSF-2050 o similar
6.16	Ensacadora	RST	2000	Ensacadora semiautomática ILERFIL AB o similar
6.17	FuerzaM_01	T		Tomas de fuerza monofásicas
6.18	FuerzaM_02	T		
6.19	FuerzaM_03	T		
6.20	FuerzaT_01	RST		Tomas de fuerza trifásicas
6.21	FuerzaT_02	RST		
6.22	FuerzaT_03	RST		

La potencia instalada de la instalación es de 475,49 kW, que aplicando los coeficientes de simultaneidad obtenidos en el anejo de baja tensión queda una potencia simultánea de 332,437 kW. A continuación, se muestra un cuadro resumen de las potencias simultáneas:

	FASE R	FASE S	FASE T	FASE RST
Nº receptores	9	7	10	17
Pmáx (kW)	111,70	110,73	110,02	332,44
Qmáx (kVAr)	67,99	67,89	67,36	203,24
Smáx (kVA)	130,76	129,88	129,00	389,65

➤ SECCIONES DE LOS CONDUCTORES

Inicio	Final	LONGITUD (m)	DENOMINACIÓN
CT	C_Gen	20	RZ1-K(AS) 4x(2x120+2x70) mm ²
C_Gen	C_01	6	RZ1-K(AS) 4x(1x16) + 16 mm ²
C_01	1.01	164	C
C_01	1.02	110	RZ1-K(AS) 2x(1x10) + 10 mm ²
C_01	1.03	130	RZ1-K(AS) 2x(1x10) + 10 mm ²
C_Gen	C_02	200	RZ1-K(AS) 4x(1x10) + 10 mm ²
C_02	2.01	10	RZ1-K(AS) 2x(1x1,5) + 1,5 mm ²
C_02	2.02	30	RZ1-K(AS) 2x(1x6) + 6 mm ²
C_02	2.03	10	RZ1-K(AS) 2x(1x2,5) + 2,5 mm ²
C_Gen	C_03	10	RZ1-K(AS) 4x(1x16) + 16 mm ²
C_03	C_03.1	100	RZ1-K(AS) 4x(1x10) + 10 mm ²
C_03.1	3.11	40	RZ1-K(AS) 2x(1x2,5) + 2,5 mm ²
C_03.1	3.12	60	RZ1-K(AS) 2x(1x2,5) + 2,5 mm ²
C_03.1	3.13	80	RZ1-K(AS) 2x(1x2,5) + 2,5 mm ²
C_03.1	3.14	70	RZ1-K(AS) 2x(1x6) + 6 mm ²
C_03.1	3.15	80	RZ1-K(AS) 2x(1x1,5) + 1,5 mm ²
C_03	C_03.2	120	RZ1-K(AS) 4x(1x10) + 10 mm ²
C_03.2	3.21	60	RZ1-K(AS) 2x(1x4) + 4 mm ²
C_03.2	3.22	70	RZ1-K(AS) 2x(1x4) + 4 mm ²
C_03.2	3.23	80	RZ1-K(AS) 2x(1x4) + 4 mm ²
C_Gen	C_04	35	RZ1-K(AS) 2x(1x6) + 6 mm ²
C_04	4.01	40	RZ1-K(AS) 2x(1x1,5) + 1,5 mm ²
C_04	4.02	20	RZ1-K(AS) 2x(1x2,5) + 2,5 mm ²
C_04	4.03	30	RZ1-K(AS) 2x(1x2,5) + 2,5 mm ²

C_Gen	C_05	3	RZ1-K(AS) 2x(1x6) + 6 mm2
C_05	5.01	20	RZ1-K(AS) 2x(1x1,5) + 1,5 mm2
C_05	5.02	15	RZ1-K(AS) 2x(1x2,5) + 2,5 mm2
C_05	5.03	15	RZ1-K(AS) 2x(1x2,5) + 2,5 mm2
C_Gen	C_06	10	RZ1-K(AS) 4x(2x70) + 2x35 mm2
C_06	6.01	170	RZ1-K(AS) 2x(1x10) + 10 mm2
C_06	6.02	140	RZ1-K(AS) 2x(1x10) + 10 mm2
C_06	6.03	180	RZ1-K(AS) 2x(1x10) + 10 mm2
C_06	6.04	60	RZ1-K(AS) 4x(1x10) + 10 mm2
C_06	6.05	110	RZ1-K(AS) 4x(1x10) + 10 mm2
C_06	6.06	140	RZ1-K(AS) 4x(1x10) + 10 mm2
C_06	6.07	50	RZ1-K(AS) 4x(1x35) + 16 mm2
C_06	6.08	70	RZ1-K(AS) 4x(1x16) + 16 mm2
C_06	6.09	55	RZ1-K(AS) 4x(1x16) + 16 mm2
C_06	6.10	35	RZ1-K(AS) 4x(1x16) + 16 mm2
C_06	6.11	25	RZ1-K(AS) 4x(1x16) + 16 mm2
C_06	6.12	100	RZ1-K(AS) 4x(1x70) + 35 mm2
C_06	6.13	85	RZ1-K(AS) 4x(1x16) + 16 mm2
C_06	6.14	110	RZ1-K(AS) 4x(1x10) + 10 mm2
C_06	6.15	100	RZ1-K(AS) 4x(1x10) + 10 mm2
C_06	6.16	125	RZ1-K(AS) 4x(1x10) + 10 mm2
C_06	6.17	150	RZ1-K(AS) 2x(1x10) + 10 mm2
C_06	6.18	200	RZ1-K(AS) 2x(1x10) + 10 mm2
C_06	6.19	200	RZ1-K(AS) 2x(1x10) + 10 mm2
C_06	6.20	150	RZ1-K(AS) 4x(1x10) + 10 mm2
C_06	6.21	200	RZ1-K(AS) 4x(1x10) + 10 mm2
C_06	6.22	200	RZ1-K(AS) 4x(1x10) + 10 mm2
C_Gen	Paletizadora	100	RZ1-K(AS) 4x(2x95) + 2x50 mm2

➤ CORRECCIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA

Para corregir el factor de potencia se emplea una batería automática de condensadores, para 210 kVAr de potencia reactiva, de 9 escalones con una relación de potencia entre condensadores de 1:2:2:2:2:2:2:2:2, para alimentación trifásica a 400 V de tensión y 50 Hz de frecuencia, conectada a la red por medio de un conductor RZ1-K(AS) 3x(2x95) mm².

➤ PUESTA A TIERRA

Se establecerá una red de toma de tierra para estructura de hormigón de la nave, que estará compuesta por un anillo formado por 720 m de cable conductor de cobre desnudo recocido de 35 mm² de sección enterrado a una profundidad mínima de 80 cm.

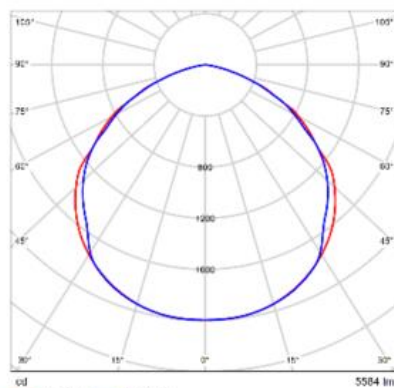
El sistema de puesta a tierra de neutro y receptores es un sistema TT.

4.5.- Alumbrado exterior

La luminaria escogida es la siguiente:

ASTZ - DKU64-40-111 Premier RA 750

 	
Nº de artículo	-
P	39.4 W
$\Phi_{\text{Luminaria}}$	5584 lm
Rendimiento lumínico	141.7 lm/W
CCT	5000 K
CRI	79



CDL polar

Estas luminarias irán una parte de ellas ancladas a la pared de la nave, a una altura que se indica posteriormente, y otras irán colocadas en farolas de una altura de 8 m.

Dichas farolas serán del modelo NE-0800-EMP de la empresa Elecnor o similar.

➤ RESULTADOS CÁLCULOS LUMINOTÉCNICOS

Los resultados para la zona de aparcamiento son:

	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación	Índice
Plano útil	$E_{\text{perpendicular}}$	18.9 lx	≥ 15.0 lx	✓	WP16
	g_{r}	0.015	-	-	WP16
Valores de consumo	Consumo	1400 kWh/a	máx. 41200 kWh/a	✓	
Local	Potencia específica de conexión	0.13 W/m ²	-	-	
		0.71 W/m ² /100 lx	-	-	

Perfil de uso: Aparcamientos, Volumen medio de tránsito, p. ej. aparcamientos delante de grandes almacenes, edificios de oficinas, fábricas, instalaciones deportivas y pabellones multifuncionales

Lista de luminarias

Unl.	Fabricante	Nº de artículo	Nombre del artículo	P	Φ	Rendimiento lumínico
4	ASTZ	-	DKU64-40-111 Premier RA 750	39.4 W	5584 lm	141.7 lm/W

Los resultados para la zona peatonal son:

Resultados

	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación	Índice
Plano útil	$E_{\text{perpendicular}}$	21.3 lx	≥ 5.00 lx	✓	WP20
	g_1	0.23	-	-	WP20
Valores de consumo	Consumo	5200 kWh/a	máx. 89850 kWh/a	✓	
Local	Potencia específica de conexión	0.42 W/m ²	-	-	
		2.00 W/m ² /100 lx	-	-	

Perfil de uso: Áreas de tránsito generales en lugares de trabajo / puestos de trabajo al aire libre, Vías peatonales, exclusivamente para peatones

Lista de luminarias

Unl.	Fabricante	Nº de artículo	Nombre del artículo	P	Φ	Rendimiento lumínico
15	ASTZ	-	DKU64-40-111 Premier RA 750	39.4 W	5584 lm	141.7 lm/W

Los resultados para la zona de la caldera son:

Resultados

	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación	Índice
Plano útil	$E_{\text{perpendicular}}$	27.6 lx	≥ 5.00 lx	✓	WP17
	g_1	0.00	-	-	WP17
Valores de consumo	Consumo	1050 kWh/a	máx. 5000 kWh/a	✓	
Local	Potencia específica de conexión	0.83 W/m ²	-	-	
		3.01 W/m ² /100 lx	-	-	

Perfil de uso: Áreas de tránsito generales en lugares de trabajo / puestos de trabajo al aire libre, Vías peatonales, exclusivamente para peatones

Lista de luminarias

Unl.	Fabricante	Nº de artículo	Nombre del artículo	P	Φ	Rendimiento lumínico
3	ASTZ	-	DKU64-40-111 Premier RA 750	39.4 W	5584 lm	141.7 lm/W

Los resultados para la zona de la fachada principal son:

Resultados

	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación	Índice
Plano útil	E _{perpendicular}	12.8 lx	≥ 10.0 lx	✓	WP18
	g ₁	0.088	-	-	WP18
	Potencia específica de conexión	0.17 W/m ²	-	-	
		1.37 W/m ² /100 lx	-	-	
Valores de consumo	Consumo	1750 kWh/a	máx. 39450 kWh/a	✓	
Local	Potencia específica de conexión	0.17 W/m ²	-	-	
		1.37 W/m ² /100 lx	-	-	

Perfil de uso: Aparcamientos, Volumen medio de tránsito, p. ej. aparcamientos delante de grandes almacenes, edificios de oficinas, fábricas, instalaciones deportivas y pabellones multifuncionales

Lista de luminarias

Unl.	Fabricante	Nº de artículo	Nombre del artículo	P	Φ	Rendimiento lumínico
5	ASTZ	-	DKU64-40-111 Premier RA 750	39.4 W	5584 lm	141.7 lm/W

➤ CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DE LA INSTALACIÓN

La clasificación energética de cada zona, según las prescripciones establecidas en el RD 1890/2008, son:

ZONA	CALIFICACIÓN ENERGÉTICA
Peatonal	A
Caldera	B
Aparcamiento	A
Fachada principal	A

➤ CONSUMO ENERGÉTICO ANUAL

Se ha calculado un consumo energético anual de 1709 kWh, teniendo en cuenta que se dispone de un sistema de encendido y apagado automático que hace coincidir el funcionamiento de la instalación con la salida y puesta de sol y necesidad del alumbrado en función de la presencia o no de actividad en la fábrica.

➤ LÍNEA SUBTERRÁNEA

La línea subterránea, que alimenta a todas las farolas, debe tener las siguientes características:

- Conductor aislado a 0.6/1 kV tipo RZ1-K (AS) dentro de tubo en canalización enterrada en suelo pesado, resistencia a la compresión de 750N,

resistencia al impacto media, protegido contra la penetración de objetos con $D \geq 1\text{mm}$ y protegido contra la penetración de agua en forma de lluvia.

- Diámetro del tubo de 60 mm.
- Profundidad de enterramiento de 0,5 m desde cota inferior del tubo.
- Se colocará una cinta de señalización que advierta de la existencia de cables de alumbrado, situada a una distancia mínima de 0,1 m del nivel del suelo y al menos 0,25 m por encima del tubo.

➤ LÍNEA AÉREA

En el presente proyecto hay dos líneas aéreas, para alimentar las diferentes partes de la fachada (circuito 1.01 fachada principal y circuito 1.02 resto fachada). Estas líneas tienen las siguientes características:

- Conductor aislado a 0.6/1 kV tipo RZ1-K (AS) directamente posado sobre fachada mediante abrazaderas fijadas a los mismos y resistentes a las acciones de la intemperie.
- Altura mínima al suelo de 2,5 m.

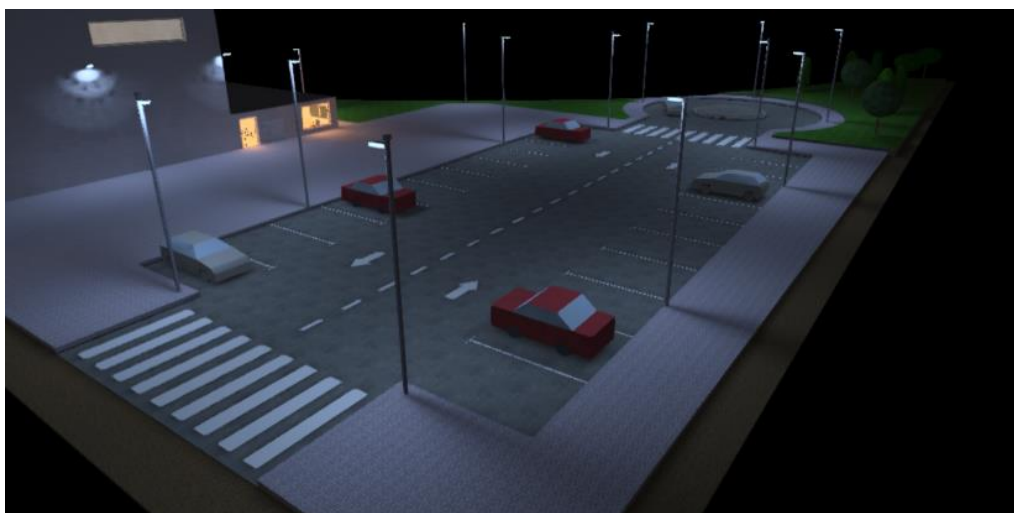
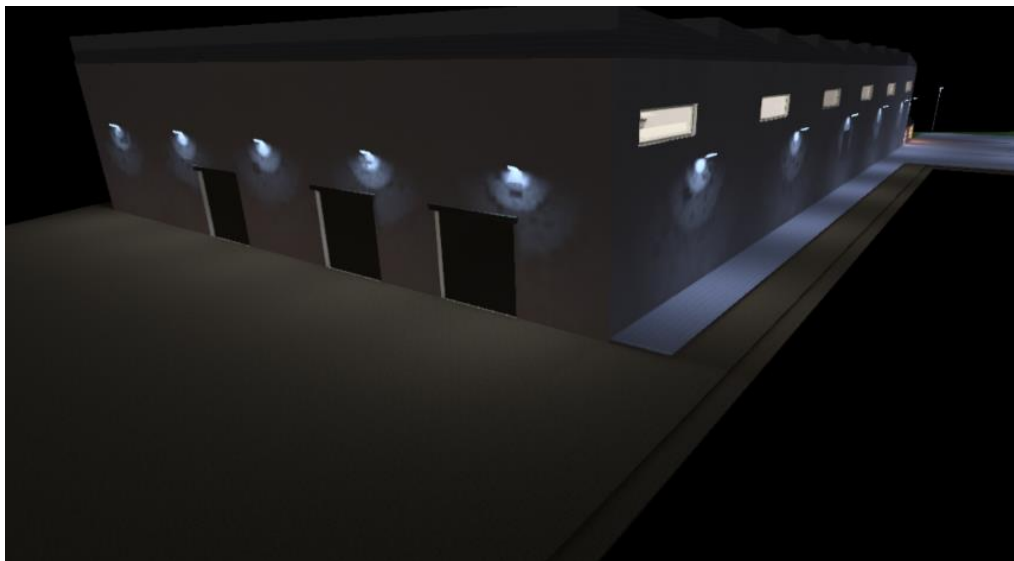
➤ PUESTA A TIERRA

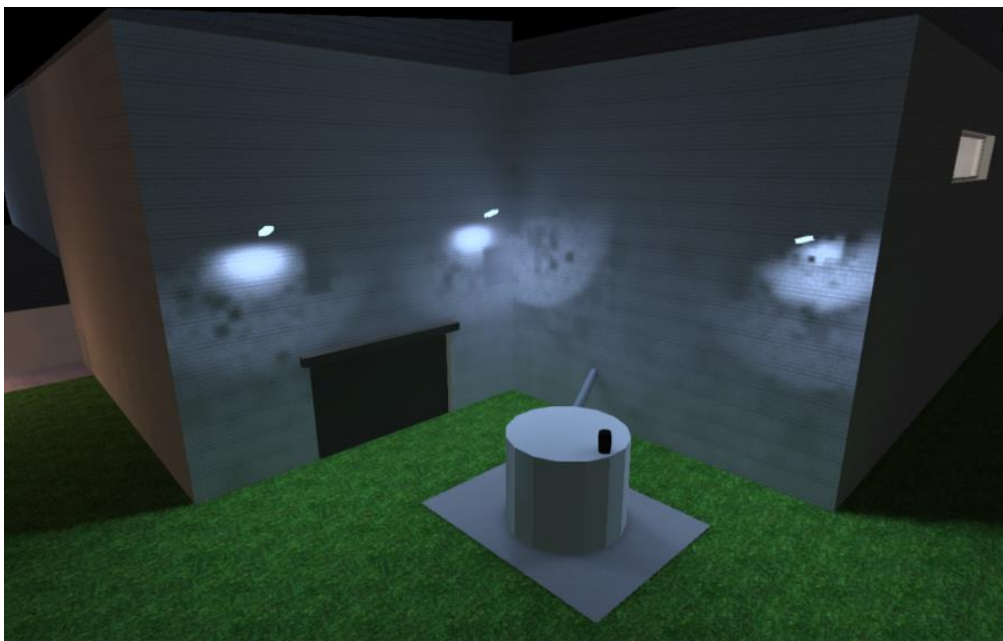
Para la instalación de puesta a tierra, se seguirán las siguientes prescripciones:

- Puesta a tierra de los soportes conectada a la red de tierra común de la nave.
- Se colocará un electrodo cada 3 soportes de luminarias y siempre en el primero y el último de cada línea.
- Para la línea subterránea, conductor aislado a 450/750 V. tipo H07V-R de color verde-amarillo que transcurre por el interior de las canalizaciones subterráneas.
- Para la línea aérea, conductor aislado a 0.6/1 kV tipo RZ1-K (AS) directamente posado sobre fachada mediante abrazaderas fijadas a los mismos y resistentes a las acciones de la intemperie con una marcación mediante el símbolo de tierra o las siglas CP cada 0,5 m.

➤ SIMULACIÓN 3D

A continuación se muestran algunas imágenes de los resultados obtenidos con el programa Dialux.





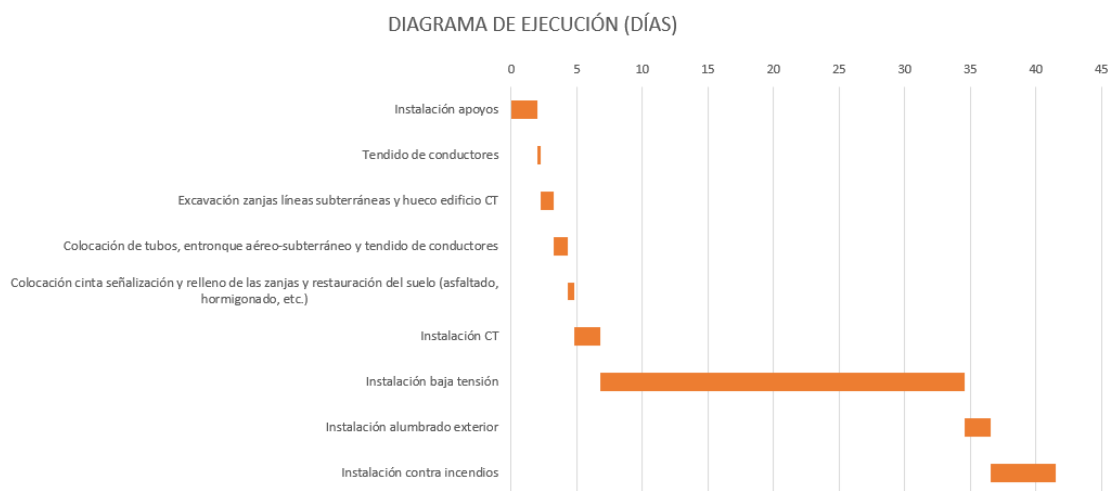
4.6.- Protección contra incendios

Se dispondrá de los siguientes elementos:

- Central de señalización y control modelo CSP-104.
- Detectores de humo y calor puntual modelo DRP-100.
- Avisador de incendios convencional manual modelo ROP-100/EU.
- Hidrantes exteriores con caudal de 2000 l/min y autonomía de 90 min.
- Extintores de incendios categoría ABC de al menos 6 kg.
- Bocas de incendio equipadas DN 45 mm.
- Sistema rociador automático de agua.
- Bomba de impulsión.
- Señalización.

5.- PLAZO Y DIAGRAMA DE EJECUCIÓN

Nombre de la tarea	Duración (días)
Instalación apoyos	2
Tendido de conductores	0,27
Excavación zanjas líneas subterráneas y hueco edificio CT	1
Colocación de tubos, entronque aéreo-subterráneo y tendido de conductores	1
Colocación cinta señalización y relleno de las zanjas y restauración del suelo (asfaltado, hormigonado, etc.)	0,5
Instalación CT	2
Instalación baja tensión	27,75
Instalación alumbrado exterior	2
Instalación contra incendios	5
TOTAL:	41,5



6.- RESUMEN DEL PRESUPUESTO

		Importe (€)		
		Material	Mano de obra	Equipos y maq.
1.INSTALACIÓN MEDIA TENSIÓN		78.761,43	4.693,16	1.375,10
1.1. Línea aérea		18.943,30	1.901,53	773,46
1.2. Línea subterránea		5.261,08	1.099,63	601,64
1.3. Centro de Transformación		54.557,05	1.692,00	*
2.INSTALACIÓN BAJA TENSIÓN		84.190,94	23.487,40	116,64
3.ALUMBRADO EXTERIOR		8.858,49	1.676,20	61,16
4. INSTALACIÓN CONTRA INCENDIOS		8.501,76	4.230,00	*
		* incluidos en otros capítulos		
Total materiales:		177.234,31 €		
Total mano de obra		34.086,76 €		
Total equipos y maquinaria:		1.552,90 €		
TOTAL Mat+MO+EyM:		212.873,97 €		
Costes Directos Complementarios (2%)		4.257,48 €		
Costes Indirectos (2%)		4.257,48 €		
PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL (PEM):		221.388,93 €		
Gastos generales y de empresa (13% PEM)		28.780,56 €		
Beneficio industrial (7% PEM)		15.497,22 €		
Subtotal:		265.666,71 €		
IVA (21% Subtotal)		55.790,01 €		
PRESUPUESTO GENERAL DE EJECUCIÓN POR CONTRATA:		321.456,72 €		

7.- CONCLUSIÓN DE LA MEMORIA Y FIRMA

Con todo lo expuesto anteriormente se da por concluida la memoria del presente proyecto.

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'SMM', written diagonally across the page.

Fdo: Sergio Martín Maestre

II.-Anejo de media tensión

1.- INTRODUCCIÓN Y OBJETO

En este anejo se realizarán todos los cálculos tendientes a dimensionar la instalación de media tensión que alimenta la fábrica objeto del proyecto. Para ello se ha de diseñar una línea aérea de media tensión de 540 m, que se conecta a una línea ya existente propiedad de la compañía Iberdrola. Al final de la línea a diseñar se realiza un entronque aéreo-subterráneo y se diseñará también una línea subterránea de 60 m de longitud.

Dicha línea finaliza en un centro de transformación, propiedad del cliente y que también es objeto de cálculo en el presente proyecto, donde se ubica un transformador reductor 13,2-20 kV/400 V fin de línea de 400 kVA.

Para la realización de esta instalación se ha seguido el reglamento de instalaciones de alta tensión, así como sus instrucciones técnicas complementarias. También se ha usado los manuales técnicos de Iberdrola y las recomendaciones UNESA.

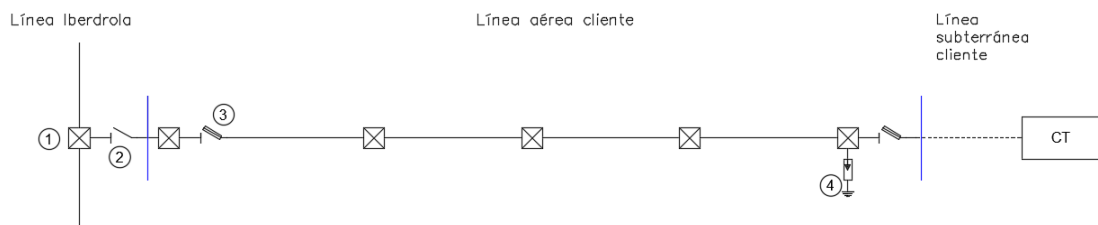
2.- CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA INSTALACIÓN

Las principales características de la instalación son las siguientes:

Tensión de MT	13,2-20 kV
Frecuencia	50 Hz
Longitud línea aérea	540 m
Longitud línea subterránea	60 m
Potencia del transformador	400 kVA
Compañía propietaria línea existente	Iberdrola
Localidad	Béjar

Los demás aspectos característicos de la instalación se irán describiendo en los sucesivos apartados del presente anejo.

A continuación, se muestra un esquema general de la instalación de media tensión. Dicho esquema se explicará y desarrollará en apartados posteriores.



3.- DERIVACIÓN EN MEDIA TENSIÓN

3.1.- Parte aérea

3.1.0- Introducción.

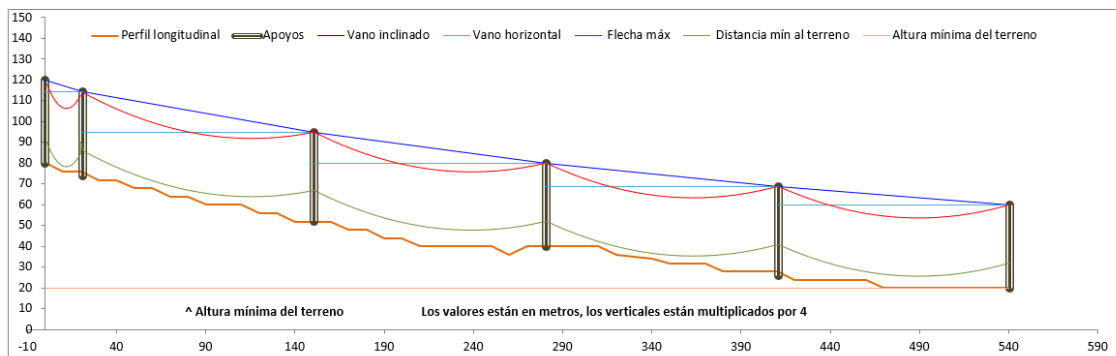
En este apartado se realizarán los cálculos que permitirán dimensionar los conductores, apoyos, cimentaciones, puestas a tierra y protecciones eléctricas que dispondrá la línea aérea de media tensión que alimenta el transformador de la fábrica.

A modo de descripción general, esta línea está compuesta por 6 apoyos y 5 vanos, siendo el primero de ellos un vano flojo. Por tanto, el primer apoyo que se muestra en la distribución existe actualmente y es propiedad de la compañía Iberdrola Distribución S.A. En el último apoyo se dispone un entroncamiento aéreo-subterráneo, y a partir de este momento la línea discurre los últimos metros hasta el centro de transformación de manera subterránea.

Es por este motivo que a la hora de dimensionar la línea hay que seguir la normativa propia de la compañía, además del Reglamento de Líneas de Alta Tensión. En este supuesto, aplican las siguientes:

- MT 2.03.20. Manual Técnico de distribución: Especificaciones particulares para instalaciones de alta tensión (hasta 30 kV) y baja tensión.
- NI 2.03.20. Especificación particular: Conductores desnudos de aluminio-acero para líneas eléctricas de alta tensión.
- NI 48.08.01. Especificación particular. Aisladores compuestos para cadenas de líneas eléctricas de Alta Tensión.

El trazado de la línea, así como el perfil por el que discurre, se puede consultar en los planos del presente proyecto. A modo de orientación, a continuación, se muestra una distribución aproximada de la línea:



La distancia mínima al terreno, según normativa de Iberdrola, se establece en mínimo 7 m.

El conductor elegido es el 47-AL1/8-ST1A, antiguamente denominado LA 56. Las características de este conductor las podemos obtener de la norma de Iberdrola citada anteriormente sobre conductores desnudos de aluminio acero (NI 2.03.20), que en su tabla 1 establece los siguientes valores:

Designación	Designación antigua	Secciones			Número de alambres		Diámetros de los alambres		Diámetros		Masa lineal	Carga de rotura	Resistencia en c.c.	Módulo de elasticidad	Coeficiente de dilatación lineal	Reglamento		Código
		AL1	ST1A	Total	AL1	ST1A	AL1	ST1A	Alma	Conductor						Densidad de corriente	Intensidad de corriente	
		mm²	mm²	mm²	n°	n°	mm	mm	mm	mm			Kg/km	daN	Q/km	daN/mm²	°Cx10 ⁻⁴	
47-AL1/8-ST1A	LA 56	46,8	7,8	54,6	6	1	3,15	3,15	3,15	9,45	189,1	1640	0,6136	7900	19,1	3,7	202	5463004

A continuación, se define que tipo de apoyo es cada uno (suspensión alineación, anclaje alineación, fin de línea...). Hay que recordar que el primer apoyo existe en la actualidad y por tanto está fuera de cálculo. Los apoyos se enumeran de izquierda a derecha.

APOYO	Distancia al 1	Alt. Apoyo	Alt. Base/cota	Alt. Base (msnm)	Alt. Punta (msnm)	Tipo apoyo
1	0	10	15,00	929,00	939,04	Ama. Alin.
2	21	10	13,50	927,50	937,54	Fin de Línea
3	151	11	8,00	922,00	932,74	Susp. Alin.
4	281	10	5,00	919,00	929,04	Ancla. Alin.
5	411	11	1,50	915,50	926,24	Susp. Alin.
6	541	10	0,00	914,00	924,04	Fin de Línea

Entonces, para el estudio de la línea en apartados posteriores se considerarán dos tramos, que son los vanos comprendidos entre dos apoyos de anclaje o fin de línea, es decir, el primer tramo comprenderá desde el apoyo 2 al 4 y el segundo del 4 al 6. Al existir apoyos con aisladores de suspensión, la curva de equilibrio de cada vano del tramo se ve afectada por los vanos restantes del tramo. Para solucionar este inconveniente se utiliza el llamado vano ideal de regulación, donde se cumple que, en todos los vanos del tramo, la componente horizontal de las fuerzas de tracción es la misma, supuesto despreciable el efecto de los aisladores.

Seguidamente se muestran las características de los vanos de la línea:

VANO	Vano a (m)	Desnivel b (m)
1	20,80	-1,50
2	130,00	-4,80
3	130,00	-3,70
4	130,00	-2,80
5	130,00	-2,20

Por último, destacar que la línea se encuentra comprendida entre los 914 y los 929 msnm, por lo que para los cálculos se encuentra en Zona B (entre 500 y 1000 msnm).

3.1.1.- Cálculos mecánicos de los conductores

En este apartado se realizarán los cálculos mecánicos de los conductores. Para este proceso, se seguirán las prescripciones establecidas en la ITC-LAT-07, de líneas aéreas con conductores desnudos, que en su apartado 3 establece las siguientes obligaciones:

- La tracción máxima de los conductores y cables de tierra no resultará superior a su carga de rotura, mínima dividida por 2,5, si se trata de conductores cableados (apartado 3.2.1).

$$T_{max} = \frac{CR}{c.s}$$

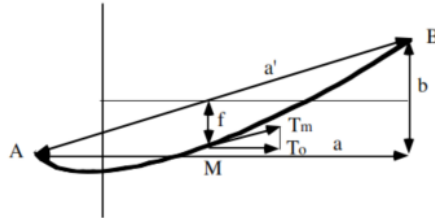
- Como se encuentra en Zona B, las condiciones de las hipótesis que limitan la tracción máxima admisible vienen establecidas en la tabla 4 del apartado 3.2.1.

ZONA B			
Hipótesis	Temperatura (°C)	Sobrecarga Viento	Sobrecarga hielo
Tracción máxima viento	-10	Según el apartado 3.1.2 Mínimo 120 ó 140 km/h según la tensión de línea	No se aplica
Tracción máxima de hielo	-15	No se aplica	Según el apartado 3.1.3
Tracción máxima hielo + viento (1)	-15	Según el apartado 3.1.2 Mínimo 60 km/h	Según el apartado 3.1.3.

- También deben tenerse en cuenta la incidencia de los posibles fenómenos vibratorios producidos por la vibración eólica, que pueden comprometer la fiabilidad de la línea. Por ello, se establece que la tracción a temperatura de 15 °C no supere el 22% de la carga de rotura, si se realiza el estudio de amortiguamiento y se instalan dichos dispositivos, o que bien no supere el 15% de la carga de rotura si no se instalan (apartado 3.2.2).
- Por último, en el apartado 3.2.3 se establece la obligación de determinar la flecha máxima de los conductores en las hipótesis siguientes, y que en estas condiciones se respete siempre la distancia mínima al terreno (7 m).
 - *Hipótesis de viento:* Sometidos a la acción de su peso propio y a una sobrecarga de viento, según el apartado 3.1.2, para una velocidad de viento de 120 km/h a la temperatura de 15 °C.
 - *Hipótesis de temperatura:* Sometidos a la acción de su peso propio, a la temperatura máxima previsible, teniendo en cuenta las condiciones climatológicas y de servicio de la línea. Esta temperatura no será en ningún caso inferior a 50 °C.

- *Hipótesis de hielo*: Sometidos a la acción de su peso propio y a la sobrecarga de hielo correspondiente a la zona, según el apartado 3.1.3, a la temperatura de 0 °C.

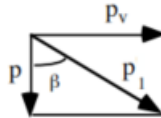
Para realizar el cálculo, lo primero que hay que hacer es obtener los valores característicos de la curva del cable.



De esta imagen, que corresponde a la curva de equilibrio de un conductor tendido entre dos puntos A y B, se puede definir el vano a como la distancia horizontal entre dos apoyos consecutivos, el desnivel b como la distancia vertical entre A y B y a' como la distancia real entre A y B. y viene dada por:

$$a' = \sqrt{a^2 + b^2}$$

Cuando las fuerzas externas no están comprendidas en el mismo plano, como ocurre en el caso del viento, el vano y el desnivel pasan a valer a_v y b_v . En este caso, la presión del viento y el peso son transversales, quedando una resultante denominada p_1 .



Las relaciones entre estos parámetros son:

$$\beta = \arccos \frac{p}{p_1}$$

$$b_v = b \cos \beta$$

$$a_v = \sqrt{a'^2 - b_v^2}$$

Con el valor de la tracción máxima admisible (T_{max}), se puede obtener el valor de la fuerza de tracción en el punto medio con la siguiente expresión:

$$T_m = \frac{1}{4} \left[(2 T_{max} - p_1 |b|) + \sqrt{(p_1 |b| - 2 T_{max})^2 - 2 p_1^2 a'^2} \right] [daN]$$

Con estos valores ya se pueden calcular las tracciones en las diferentes hipótesis de la tabla mostrada anteriormente, siguiendo las prescripciones de la ITC-LAT-07 y aplicando la fórmula anterior, poniendo en cada caso el valor p_1 correspondiente.

➤ HIPÓTESIS DE VIENTO

Sobrecarga Viento

El apartado 3.1.2.1 establece que la presión debida al viento, para conductores de diámetro superior a 16 mm, está definida por:

$$p_v = 50 \left(\frac{V_v}{120} \right)^2 [daN/m^2]$$

Siendo V_v la velocidad del viento, que en este caso al no ser una línea de categoría especial se establece en 120 km/h. La resultante queda:

$$p_1 = \sqrt{p^2 + p_v^2}$$

Sobrecarga Hielo

No aplica

➤ HIPÓTESIS DE HELO

Sobrecarga Viento

No aplica

Sobrecarga Hielo

El apartado 3.1.3 establece una sobrecarga vertical en los conductores motivada por el hielo, para la Zona B, de valor:

$$p_h = 0,18\sqrt{d} [daN/m]$$

Siendo d el diámetro de conductor en milímetros. Con esto, la resultante se obtiene sumando al peso del conductor el peso producido por el hielo.

$$p_1 = p + p_h$$

➤ HIPÓTESIS HIELO+VIENTO

Sobrecarga Viento

El apartado 3.1.2.1 establece que en este caso hay que considerar el diámetro incluido el espesor de un manguito de hielo, considerando un peso volumétrico específico del hielo de 750 daN/m³. Par obtener el nuevo diámetro d' (conductor más manguito de hielo), se utiliza la siguiente igualdad, donde los diámetros van en milímetros:

$$p_h = 0,18\sqrt{d} = V_{manguito\ de\ hielo} \rho_{hielo} = \frac{\pi}{4}(d'^2 - d^2) \cdot 750 \cdot 10^{-6}$$

$$d' = \sqrt{\frac{960\sqrt{d}}{\pi} + d^2}$$

Con este diámetro, se obtiene la presión debida al viento f_v que viene dada por:

$$f_v = 50 \left(\frac{V_v}{120} \right)^2 [daN/m^2]$$

La sobrecarga debida al hielo se calcula como en la hipótesis de hielo:

$$p_h = 0,18\sqrt{d} [daN/m]$$

Y la resultante entonces viene dada por:

$$p_1 = \sqrt{(p + p_h)^2 + f_v^2} [daN/m]$$

➤ FENÓMENOS VIBRATORIOS

En esta línea no se instalan dispositivos de amortiguamiento, por tanto, la tracción máxima admisible es de un 15% la carga de rotura.

Para calcular la tracción en el punto medio, p_1 es simplemente el peso del conductor.

ECUACIÓN DE CAMBIO DE CONDICIONES

Con lo expuesto hasta ahora, se ha conseguido el valor de la tracción en el punto medio del vano, pero estos valores no son comparables directamente entre sí. Entonces, no es posible saber si el conductor es capaz de resistir esa tracción.

Para solucionar este inconveniente se hace uso de la ecuación de cambio de condiciones, que permite conocer T_m en unas condiciones de temperatura y sobrecargas determinadas supuesta conocida la tracción en otras condiciones. Se utilizará el subíndice para las condiciones iniciales y el 2 para las que queramos conocer. La ecuación en cuestión es la siguiente:

$$T_{m2}^2 (T_{m2} + A) = B [daN]$$

Donde:

$$A = \frac{\alpha^2 p_1^2}{24 T_{m1}} E S + \alpha E S (\theta_2 - \theta_1) - T_{m1} \qquad B = \frac{\alpha^2 p_2^2}{24} E S$$

Los datos E , S y α se obtienen de la tabla de datos del conductor y son, respectivamente, el módulo de elasticidad, la sección y el coeficiente de dilatación del conductor. θ es la temperatura. Los demás datos ya se han nombrado con anterioridad y hay que prestar especial atención en los subíndices para saber a que hipótesis corresponde.

Entonces, si se quieren comparar las hipótesis de viento y la de hielo, siendo la de viento el estado 1 y la de hielo el estado 2, se sustituyen los valores de cada hipótesis según los subíndices y se obtiene un valor de T_{m2} . Este valor corresponde con el valor de la tracción máxima en la hipótesis de viento en las condiciones de la hipótesis de hielo, por lo que ya se pueden comparar ambos valores.

Si este valor de T_{m2} es mayor que el valor $T_{m \text{ hielo}}$ (valor de la tracción en el punto medio obtenido en la hipótesis de hielo), significa que la hipótesis de hielo es más desfavorable (la tracción máxima que puede soportar el conductor para no verse comprometido es la más baja de las dos obtenidas).

Con la que sea más desfavorable, se vuelve a hacer la comparación con las otras dos hipótesis y de estas, la que sea más desfavorable se compara con la restante. De esta forma se obtiene cual de las cuatro hipótesis es más desfavorable. Esto sin embargo no quiere decir que sea en esta hipótesis donde se da la fuerza de tracción máxima.

Para obtener este dato, hay que tomar como estado inicial 1 o de referencia la hipótesis que haya salido más desfavorable en el proceso anterior y tomar como estado 2 cada una de las restantes hipótesis (es decir, si la más desfavorable es la hipótesis de viento, se obtiene la T_{m2} equivalente en cada una de las condiciones restantes). Con estos cuatro valores, ya se pueden comparar y obtener el valor máximo de la fuerza de tracción que se dará.

Por último, el valor de la fuerza de tracción horizontal, que es constante en cualquier punto del tramo, viene dado por la siguiente expresión:

$$T_o = T_m \frac{a}{a'} [daN]$$

DETERMINACIÓN FLECHA MÁXIMA

La flecha en un vano viene dada por la siguiente expresión:

$$f = \frac{p_1 a'^2}{8 T_m} [m]$$

Los valores de p_1 , a'^2 y T_m deben ser los valores para cada una de las condiciones nombradas en el apartado 3.2.3 de la ITC-LAT-07 (expuestas al principio del apartado). Por tanto, para obtener la fuerza de tracción hay que aplicar la ecuación de cambio de condiciones tomando como estado 1 el que haya salido más desfavorable y como estado 2 cada uno de los tres establecidos en la norma (viento, hielo y temperatura).

Hay que destacar que, en la condición de viento, el resultado que sale es la flecha sobre el plano formado por la resultante de fuerzas, por tanto, para obtener la flecha vertical hay que hacer la siguiente conversión:

$$f_v = f \cos \beta [m]$$

La flecha más desfavorable será la mayor de las tres así obtenidas.

TRAMO FORMADO POR VARIOS VANOS

En este proyecto se da el caso que hay dos tramos y cada tramo está formado por dos vanos. Entonces, para realizar los cálculos se acude a lo que se conoce como vano ideal de regulación, nombrado en la introducción del presente anejo, donde se cumple que la componente horizontal de la fuerza de tracción en todos los vanos es constante, despreciando el efecto de la cadena de aisladores.

Este vano ideal de regulación está sometido a las mismas tracciones horizontales (T_o) cuando hay un cambio de estado que el conjunto de vanos que forman un tramo de línea entre dos apoyos de anclaje.

El vano ideal de regulación se puede obtener con la siguiente expresión aproximada:

$$a_r = \sqrt{\frac{\sum a_n^3}{\sum a_n}} [m]$$

La ecuación de cambio de estado es:

$$T_{o2}^2 (T_{o2} + A) = B [daN]$$

$$A = \frac{a_r^2 p_1^2}{24 T_{o1}} E S + \alpha E S (\theta_2 - \theta_1) - T_{o1} \qquad B = \frac{a^2 p_2^2}{24} E S$$

La flecha en el vano de regulación sería:

$$f_r = \frac{p_1 a_r^2}{8 T_o} [m]$$

Y con este valor se puede obtener el valor de la flecha en cualquier vano del tramo mediante la siguiente expresión:

$$f_n = \frac{a_n a'_n}{a_r^2} [m]$$

RESULTADOS TRAMO 1

Una vez explicado todo el procedimiento de cálculo, se pasa a mostrar los resultados obtenidos mediante una hoja de cálculo. En esta hoja se denominará tramo izquierdo al formado por los vanos 2 y 3 y tramo derecho al formado por los vanos 4 y 5. Lo primero es introducir los datos de la línea (casillas en azul).

CARACTERÍSTICAS DE LA LÍNEA	
Tensión compuesta nominal de la línea en (kV)	20
Indicar la zona: Zona A (menos de 500 m) Zona B (entre 500 m y 1000 m) Zona C (más de 1000 m)	Zona B
Sección del conductor de la línea en (mm ²)	54,60
Diámetro del conductor de la línea en (mm)	9,45
Módulo de elasticidad del conductor en (daN/mm ²)	7.900
Coefficiente de dilatación del conductor en (°C ⁻¹)	1,90E-05
Carga de rotura del conductor en (daN)	1.640
Coefficiente de seguridad del conductor considerado en el cálculo (debe ser $\geq 2,5$)	2,5
Peso del conductor por unidad de longitud en (daN/m)	0,1853
Quiere considerar los fenómenos vibratorios	Sí
Se utilizan antivibradores para disminuir los fenómenos vibratorios	No
Fuerza de tracción máxima en el punto más alto en (daN)	656,00
Acción del viento sobre los conductores a 120 km/h en (daN/m)	0,567
Acción del viento sobre los conductores a 60 km/h con manguito de hielo en (daN/m)	0,481
Peso del manguito de hielo por unidad de longitud (daN/m)	0,553
Peso combinado del conductor y la acción del viento a 120 km/h en (daN/m)	0,597
	0,597
Peso combinado del conductor y el manguito de hielo (daN/m)	0,739
Peso combinado del conductor el hielo y la acción del viento a 60 km/h en (daN/m)	0,881

Seguidamente se introducen los datos de los vanos. Remarcar que, aunque en la hoja aparezca el vano 1, se refiere al vano 1 del tramo, es decir, en este primer tramo el vano 1 se corresponde con el 2 de la línea y el 2 de la hoja con el 3 de la línea.

VANOS	Vano a (m)	Desnivel b (m)	a' (m)	av (m)	bv (m)
Vano 1	130	-4,8	130,09	130,08	-1,49
Vano 2	130	-3,7	130,05	130,05	-1,15

Con esto, la hoja ya puede calcular las fuerzas de tracción máximas en el punto medio y en el vértice de cada vano para cada una de las cuatro condiciones que exige la norma. Los resultados que obtiene son los siguientes:

VANOS	Tm (viento)	To (viento)	Tm (hielo)	To (hielo)	Tm (fenóm. vibra.)	To (fenóm. vibra.)
Vano 1	654,34	654,28	652,20	651,62	245,19	244,97
Vano 2	654,57	654,56	653,13	652,95	245,43	245,36
VANO MÁS DESFAVORABLE Y TRACCIÓN UQ ENO SE PUEDE SUPERAR EN CADA HIPÓTESIS						
Vano 1	654,34	654,28	652,20	651,62	245,19	244,97

Con estos valores, el siguiente paso es aplicar la ecuación de cambio de condiciones para obtener cuál es la hipótesis más desfavorable. Este proceso se realiza en el vano 1, por ser el más desfavorable.

COMPARATIVA ENTRE LAS DIFERENTES HIPÓTESIS DE TRACCIONES MÁXIMAS EN EL			Vano 1
COMPARATIVA ENTRE LA HIPÓTESIS DE VIENTO Y LA DE FENÓMENOS VIBRATORIOS			
Valor de A en la ecuación de cambio de condiciones: $To2^2(To2+A)=B$ en (daN)			
Valor de B en la ecuación de cambio de condiciones: $To2^2(To2+A)=B$ en (daN ³)			
Valor de la fuerza de tracción en el vértice con fenómenos vibratorios To2 en (daN)			
LA HIPÓTESIS MÁS DESFAVORABLE DE ESTAS DOS ES			F. VIBRATORIOS
COMPARATIVA ENTRE LA HIPÓTESIS DE F. VIBRATORIOS Y LA DE HIELO			
Valor de A en la ecuación de cambio de condiciones: $To2^2(To2+A)=B$ en (daN)			
Valor de B en la ecuación de cambio de condiciones: $To2^2(To2+A)=B$ en (daN ³)			
Valor de la fuerza de tracción en el vértice con hielo To2 en (daN)			
LA HIPÓTESIS MÁS DESFAVORABLE DE ESTAS DOS ES			HIELO
EL ESTADO MÁS DESFAVORABLE PARA LAS TRACCIONES SE PRODUCE EN LA HIPÓTESIS DE			HIELO
Tracción máx. en el punto medio Tm1 (daN)	652,20	Tracción máxima en el vértice To1 (daN)	651,62
Peso conductor más sobrecarga p1 (daN/m)	0,739	Temperatura de este estado Ø1 (°C)	-15
Vano de regulación ar (m)	130,00	Valor de a' en (m)	130,12

Se ve entonces que la hipótesis más desfavorable es la de hielo. Sabiendo esto, se calcula ahora la tracción máxima en el vértice y en el punto medio del vano 1 tomando como estado inicial la hipótesis de hielo.

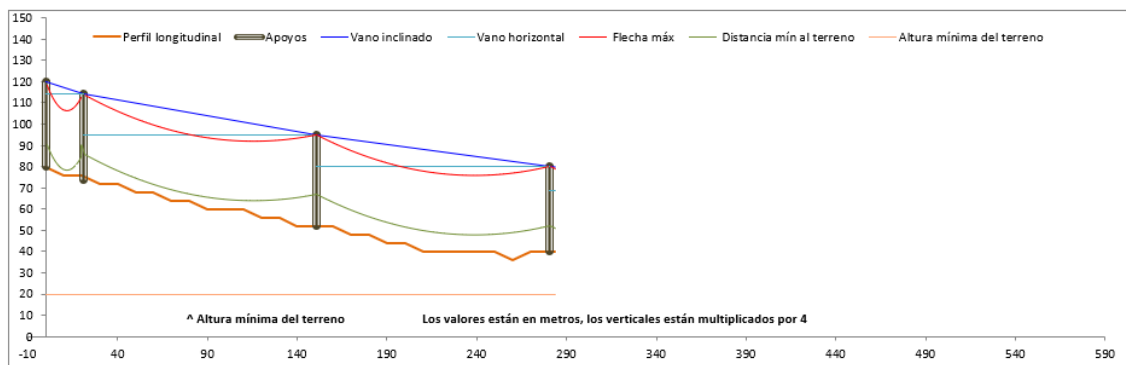
TRACCIÓN MÁXIMA EN EL VÉRTICE DE TODOS LOS VANOS Y EN EL PUNTO MEDIO DEL				Vano 1
TRACCIÓN CON VIENTO A (-10 °C) TOMANDO COMO REFERENCIA :				HIELO
Valor de A en la ecuación de cambio de condiciones: $To2^2(To2+A)=B$ en (daN)			-220,36	
Valor de B en la ecuación de cambio de condiciones: $To2^2(To2+A)=B$ en (daN^3)			1,08E+08	
Fuerza de tracción en el punto medio con viento Tm2 en (daN)	562,34	F. vértice To2 (daN)	562,29	
DETERMINACIÓN DE LA TRACCIÓN CON FENÓMENOS VIBRATORIOS TOMANDO COMO REFERENCIA : HIELO				
Valor de A en la ecuación de cambio de condiciones: $To2^2(To2+A)=B$ en (daN)			-15,48	
Valor de B en la ecuación de cambio de condiciones: $To2^2(To2+A)=B$ en (daN^3)			1,04E+07	
Fuerza de tracción en el punto medio con fe. Vibra. Tm2 en (daN)	223,99	F. vértice To2 (daN)	223,79	
TRACCIÓN CON HIELO A (-15 °C) TOMANDO COMO REFERENCIA :				HIELO
Fuerza de tracción en el punto medio con hielo Tm2 en (daN)	652,20	F. vértice To2 (daN)	651,62	
TRACCIÓN CON VIENTO PRESIÓN MITAD A (-10 °C) TOMANDO COMO REFERENCIA :				HIELO
				0,339
Valor de A en la ecuación de cambio de condiciones: $To2^2(To2+A)=B$ en (daN)			-220,36	
Valor de B en la ecuación de cambio de condiciones: $To2^2(To2+A)=B$ en (daN^3)			3,48E+07	
Fuerza de tracción en el punto medio con viento Tm2 en (daN)	419,27	F. vértice To2 (daN)	419,24	
LA TRACCIÓN MÁXIMA EN EL VÉRTICE SE PRODUCE EN LA HIPÓTESIS DE				HIELO
Tracción máxima punto medio Tm2 en (daN)	HIELO	652,20	F. vértice To2 (daN)	651,62

La hipótesis de hielo sigue siendo donde se dan los valores de fuerza de tracción mayores.

Por último, solo queda determinar la flecha máxima.

DETERMINACIÓN DE LA FLECHA MÁXIMA EN EL VANO DE REGULACIÓN			
DETERMINACIÓN DE LA FLECHA EN LA HIPÓTESIS DE VIENTO A 120 (km/h) Y 15 °C			
Valor de A en la ecuación de cambio de condiciones: $To2^2(To2+A)=B$ en (daN)	-15,48		
Valor de B en la ecuación de cambio de condiciones: $To2^2(To2+A)=B$ en (daN ³)	1,08E+08		
Fuerza de tracción en el vértice con viento To2 en (daN)	481,59	Flecha vertical (m)	0,81
DETERMINACIÓN DE LA FLECHA EN LA HIPÓTESIS DE HIELO A 0 °C			
Valor de A en la ecuación de cambio de condiciones: $To2^2(To2+A)=B$ en (daN)	-138,41		
Valor de B en la ecuación de cambio de condiciones: $To2^2(To2+A)=B$ en (daN ³)	1,66E+08		
Fuerza tracción en el vértice con f. Vibra. To2 en (daN)	599,49	Flecha vertical (m)	2,60
DETERMINACIÓN DE LA FLECHA EN LA HIPÓTESIS DE TEMPERATURA (SIN SOBRECARGA) A (°C)			
Valor de A en la ecuación de cambio de condiciones: $To2^2(To2+A)=B$ en (daN)	271,37		
Valor de B en la ecuación de cambio de condiciones: $To2^2(To2+A)=B$ en (daN)	1,04E+07		
Fuerza de tracción en el vértice con hielo To2 en (daN)	156,19	Flecha vertical (m)	2,51
LA FLECHA MÁXIMA VERTICAL SE PRODUCE EN LA HIPÓTESIS DE			
Tracción en el vértice equivalente To en (daN)	599,49	Flecha máx. vertical en (m)	2,60
Tracción en el vértice To en (daN)	599,49	Peso aparente del conductor en (daN/m)	0,739

Se ve que la flecha máxima tiene un valor de 2,6 m y se da en la hipótesis de hielo. Ahora, el valor que se obtiene del peso aparente del conductor y la tracción en el vértice en esta hipótesis, se traslada a la hoja inicial de reparto (de la que se ha obtenido la distribución aproximada mostrada en la introducción del anejo) y da las distancias al terreno en las condiciones de flecha máxima, para comprobar si cumple con las distancias mínimas exigidas:



Se puede comprobar entonces que el conductor elegido es correcto ya que en todo momento se respeta la distancia mínima al terreno (establecida en 7 m).

RESULTADOS TRAMO 2

A continuación, se muestran los datos de este tramo de línea, que son similares a los del tramo anterior.

CARACTERÍSTICAS DE LA LÍNEA	
Tensión compuesta nominal de la línea en (kV)	20
Indicar la zona: Zona A (menos de 500 m) Zona B (entre 500 m y 1000 m) Zona C (más de 1000 m)	Zona B
Sección del conductor de la línea en (mm ²)	54,60
Diámetro del conductor de la línea en (mm)	9,45
Módulo de elasticidad del conductor en (daN/mm ²)	7.900
Coefficiente de dilatación del conductor en (°C ⁻¹)	1,90E-05
Carga de rotura del conductor en (daN)	1.640
Coefficiente de seguridad del conductor considerado en el cálculo (debe ser ≥ 2,5)	2,5
Peso del conductor por unidad de longitud en (daN/m)	0,1853
Quiere considerar los fenómenos vibratorios	Sí
Se utilizan antivibradores para disminuir los fenómenos vibratorios	No
Fuerza de tracción máxima en el punto más alto en (daN)	656,00
Acción del viento sobre los conductores a 120 km/h en (daN/m)	0,567
Acción del viento sobre los conductores a 60 km/h con manguito de hielo en (daN/m)	0,481
Peso del manguito de hielo por unidad de longitud (daN/m)	0,553
Peso combinado del conductor y la acción del viento a 120 km/h en (daN/m)	0,597
	0,597
Peso combinado del conductor y el manguito de hielo (daN/m)	0,739
Peso combinado del conductor el hielo y la acción del viento a 60 km/h en (daN/m)	0,881

Seguidamente se muestran los datos de los vanos. Aquí pasa como en el tramo anterior: el vano 1 de la hoja corresponde con el 4 de la línea y el 2 de la hoja con el 5 de la línea.

VANOS	Vano a (m)	Desnivel b (m)	a' (m)	av (m)	bv (m)
Vano 1	130	-2,8	130,03	130,03	-0,87
Vano 2	130	-2,2	130,02	130,02	-0,68

Con esto, la hoja ya puede calcular las fuerzas de tracción máximas en el punto medio y en el vértice de cada vano para cada una de las cuatro condiciones que exige la norma. Los resultados que obtiene son los siguientes:

VANOS	Tm (viento)	To (viento)	Tm (hielo)	To (hielo)	Tm (fenóm. vibra.)	To (fenóm. vibra.)
Vano 1	654,53	654,50	652,94	652,70	245,38	245,29
Vano 2	654,71	654,71	653,68	653,64	245,57	245,55
VANO MÁS DESFAVORABLE Y TRACCIÓN UQ ENO SE PUEDE SUPERAR EN CADA HIPÓTESIS						
Vano 1	654,53	654,50	652,94	652,70	245,38	245,29

Con estos valores, el siguiente paso es aplicar la ecuación de cambio de condiciones para obtener cuál es la hipótesis más desfavorable. Este proceso se realiza en el vano 1, por ser el más desfavorable.

COMPARATIVA ENTRE LAS DIFERENTES HIPÓTESIS DE TRACCIONES MÁXIMAS EN EL			Vano 1
COMPARATIVA ENTRE LA HIPÓTESIS DE VIENTO Y LA DE FENÓMENOS VIBRATORIOS			
Valor de A en la ecuación de cambio de condiciones: $To^2 \cdot (To \cdot A) = B$ en (daN)			-197,32
Valor de B en la ecuación de cambio de condiciones: $To^2 \cdot (To \cdot A) = B$ en (daN ³)			1,04E+07
Valor de la fuerza de tracción en el vértice con fenómenos vibratorios To2 en (daN)			307,59
LA HIPÓTESIS MÁS DESFAVORABLE DE ESTAS DOS ES			F. VIBRATORIOS
COMPARATIVA ENTRE LA HIPÓTESIS DE F. VIBRATORIOS Y LA DE HIELO			
Valor de A en la ecuación de cambio de condiciones: $To^2 \cdot (To \cdot A) = B$ en (daN)			-317,82
Valor de B en la ecuación de cambio de condiciones: $To^2 \cdot (To \cdot A) = B$ en (daN ³)			1,66E+08
Valor de la fuerza de tracción en el vértice con hielo To2 en (daN)			678,19
LA HIPÓTESIS MÁS DESFAVORABLE DE ESTAS DOS ES			HIELO
ESTADO MÁS DESFAVORABLE PARA LAS TRACCIONES SE PRODUCE EN LA HIPÓTESIS DE			
Tracción máx. en el punto medio Tm1 (daN)		652,94	Tracción máxima en el vértice To1 (daN)
Peso conductor más sobrecarga p1 (daN)		0,739	Temperatura de este estado Ø1 (°C)
Vano de regulación ar (m)		130,00	Valor de a' en (m)

Se ve entonces que la hipótesis más desfavorable es la de hielo. Sabiendo esto, se calcula ahora la tracción máxima en el vértice y en el punto medio del vano 1 tomando como estado inicial la hipótesis de hielo.

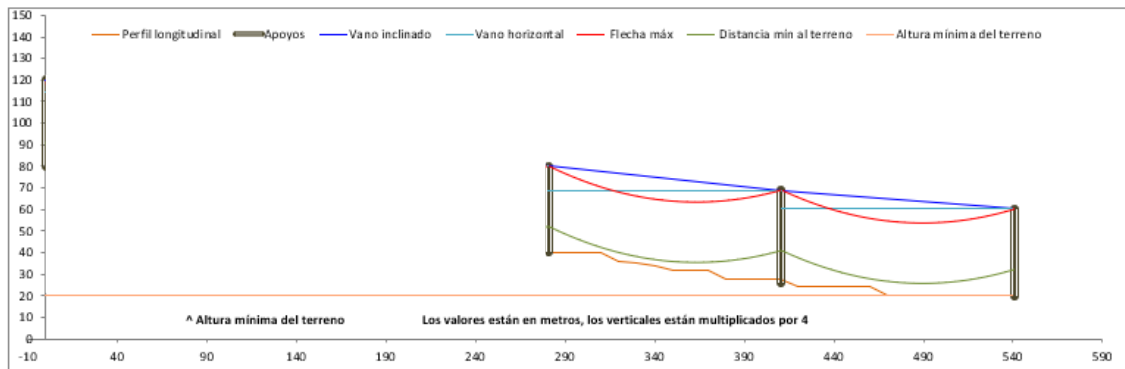
TRACCIÓN MÁXIMA EN EL VÉRTICE DE TODOS LOS VANOS Y EN EL PUNTO MEDIO DEL Vano 1			
TRACCIÓN CON VIENTO A (-10 °C) TOMANDO COMO REFERENCIA :			HIELO
Valor de A en la ecuación de cambio de condiciones: $To2^2(To2+A)=B$ en (daN)			-222,75
Valor de B en la ecuación de cambio de condiciones: $To2^2(To2+A)=B$ en (daN^3)			1,08E+08
Fuerza de tracción en el punto medio con viento Tm2 en (daN)	563,41	F. vértice To2 (daN)	563,39
DETERMINACIÓN DE LA TRACCIÓN CON FENÓMENOS VIBRATORIOS TOMANDO COMO REFERENCIA : HIELO			
Valor de A en la ecuación de cambio de condiciones: $To2^2(To2+A)=B$ en (daN)			-17,87
Valor de B en la ecuación de cambio de condiciones: $To2^2(To2+A)=B$ en (daN^3)			1,04E+07
Fuerza de tracción en el punto medio con fe. Vibra. Tm2 en (daN)	224,77	F. vértice To2 (daN)	224,69
TRACCIÓN CON HIELO A (-15 °C) TOMANDO COMO REFERENCIA :			HIELO
Fuerza de tracción en el punto medio con hielo Tm2 en (daN)	652,94	F. vértice To2 (daN)	652,70
TRACCIÓN CON VIENTO PRESIÓN MITAD A (-10 °C) TOMANDO COMO REFERENCIA :			HIELO
			0,339
Valor de A en la ecuación de cambio de condiciones: $To2^2(To2+A)=B$ en (daN)			-222,75
Valor de B en la ecuación de cambio de condiciones: $To2^2(To2+A)=B$ en (daN^3)			3,48E+07
Fuerza de tracción en el punto medio con viento Tm2 en (daN)	420,34	F. vértice To2 (daN)	420,33
LA TRACCIÓN MÁXIMA EN EL VÉRTICE SE PRODUCE EN LA HIPÓTESIS DE			HIELO
Tracción máxima punto medio Tm2 en (daN)	HIELO	F. vértice To2 (daN)	652,70

La hipótesis de hielo sigue siendo donde se dan los valores de fuerza de tracción mayores.

Por último, solo queda determinar la flecha máxima.

DETERMINACIÓN DE LA FLECHA MÁXIMA EN EL VANO DE REGULACIÓN			
DETERMINACIÓN DE LA FLECHA EN LA HIPÓTESIS DE VIENTO A 120 (km/h) Y 15 °C			
Valor de A en la ecuación de cambio de condiciones: $To2^2(To2+A)=B$ en (daN)			-17,87
Valor de B en la ecuación de cambio de condiciones: $To2^2(To2+A)=B$ en (daN^3)			1,08E+08
Fuerza de tracción en el vértice con viento To2 en (daN)	482,39	Flecha vertical (m)	0,81
DETERMINACIÓN DE LA FLECHA EN LA HIPÓTESIS DE HIELO A 0 °C			
Valor de A en la ecuación de cambio de condiciones: $To2^2(To2+A)=B$ en (daN)			-140,80
Valor de B en la ecuación de cambio de condiciones: $To2^2(To2+A)=B$ en (daN^3)			1,66E+08
Fuerza tracción en el vértice con f. Vibra. To2 en (daN)	600,49	Flecha vertical (m)	2,60
DETERMINACIÓN DE LA FLECHA EN LA HIPÓTESIS DE TEMPERATURA (SIN SOBRECARGA) A (°C)			50
Valor de A en la ecuación de cambio de condiciones: $To2^2(To2+A)=B$ en (daN)			268,98
Valor de B en la ecuación de cambio de condiciones: $To2^2(To2+A)=B$ en (daN)			1,04E+07
Fuerza de tracción en el vértice con hielo To2 en (daN)	156,59	Flecha vertical (m)	2,50
LA FLECHA MÁXIMA VERTICAL SE PRODUCE EN LA HIPÓTESIS DE			HIELO
Tracción en el vértice equivalente To en (daN)	600,49	Flecha máx. vertical en (m)	2,60
Tracción en el vértice To en (daN)	600,49	Peso aparente del conductor en (daN/m)	0,739

Se ve que la flecha máxima tiene un valor de 2,6 m y se da en la hipótesis de hielo. Ahora, el valor que se obtiene del peso aparente del conductor y la tracción en el vértice en esta hipótesis, se traslada a la hoja inicial de reparto (de la que se ha obtenido la distribución aproximada mostrada en la introducción del anejo) y da las distancias al terreno en las condiciones de flecha máxima, para comprobar si cumple con las distancias mínimas exigidas:



Se puede comprobar entonces que el conductor elegido es correcto ya que en todo momento se respeta la distancia mínima al terreno (establecida en 7 m).

3.1.2.- Cálculos mecánicos de los apoyos

Lo primero que se hará en este apartado es calcular los esfuerzos que deben soportar los apoyos según los criterios que marca el reglamento.

Los apoyos que se van a utilizar serán de celosía fabricados por la empresa IMEDEXSA. Se tomarán de una altura nominal de 12 m y en función de los resultados obtenidos se elegirá uno u otro. El fabricante proporciona la siguiente tabla:

Los esfuerzos que soportan las torres según UNE 207017, se especifican en el cuadro adjunto en Kg, no obstante, pueden soportar mayores esfuerzos que no se indican por no ajustarse a la norma.

Tipo	C-500	C-1.000	C-2.000	C-3.000	C-4.500	C-7.000	C-9.000
Esfuerzo útil (C.S. = 1,5)	510	1020	2039	3058	4587	7136	9175
Hielo (C.S. = 1,5)	719	1179	2270	3299	4871	7519	9378
Desequilibrio (C.S. = 1,2)	903	1482	2831	4113	6078	9419	11739
Torsión (C.S. = 1,2)	510	714	1427	1427	1427	2549	2549
Rotura Protección (C.S. = 1,2)	830	1350	2605	3630	4270	4270	4270
Esfuerzo Vertical	612	612	612	816	816	1222	1222

- Esfuerzo útil (C.S. = 1,5): Esfuerzo horizontal disponible en el extremo superior de la cabeza con coeficiente de seguridad 1,5 y aplicado simultáneamente con viento sobre la torre de 120 km/h y cargas verticales según cuadro.
- Hielo (C.S. = 1,5): Esfuerzo horizontal disponible en punta de cabeza sin viento, simultáneo con las cargas verticales especificadas.
- Desequilibrio (C.S. = 1,2): Esfuerzo horizontal disponible en punta de cabeza sin viento, simultáneo con las cargas verticales especificadas.
- Torsión (C.S. = 1,2): Esfuerzo horizontal disponible aplicado en el extremo de una cruceta de 1,5 m. de longitud situada en punta de cabeza con coeficiente de seguridad 1,2 simultáneo con las cargas verticales especificadas en el cuadro.
- Rotura de Protección (C.S. = 1,2): Esfuerzo máximo por rotura de cable de protección aplicado en una cúpula de 1,5 m.

Los armados a utilizar serán de la empresa IMEDEXSA de tipo B para los apoyos de anclaje y suspensión (ya que de esta manera no se necesita disponer de ninguna cadena de aisladores adicional para realizar la continuidad del hilo central). Para los apoyos de fin de línea se tendrán armados tipo L.

Tipo "B"				
Tipo	Peso (Kg)			
	d (m)	b (m)	c (m)	500/4500
B1	1,50	0,70	1,15	154
B2	2,00	1,00	1,60	208
B3	2,50	1,00	1,60	241
B4	3,00	0,90	2,00	340

Tipo "L"			
Tipo	Peso (Kg)		
	a (m)	500/4.500	7.000/9.000
L0	1,00	30	56
L1	1,25	36	74
L2	1,50	42	104
L3	1,75	46	114
L4	2,00	66	128

Para realizar los cálculos hay que recurrir a la ITC-LAT 07 apartados 3.1 y 3.5. Como la línea transcurre por zona B, el reglamento proporciona las siguientes tablas para realizar el cálculo mecánico de los apoyos.

TIPO DE APOYO	TIPO DE ESFUERZO	1ª HIPÓTESIS (Viento)	2ª HIPÓTESIS		3ª HIPÓTESIS (Desequilibrio de tracciones)	4ª HIPÓTESIS (Rotura de conductores)
			(Hielo)	(Hielo+Viento)		
Suspensión de Alineación o Suspensión de Ángulo	V	Cargas permanentes (apdo. 3.1.1) considerando los conductores y cables de tierra sometidos a una sobrecarga de viento (apdo. 3.1.2) correspondiente a una velocidad mínima de 120 ó 140 km/h según la categoría de la línea.	Cargas permanentes (apdo. 3.1.1) considerando los conductores y cables de tierra sometidos a la sobrecarga de hielo mínima (apdo. 3.1.3).	Cargas permanentes (apdo. 3.1.1) considerando los conductores y cables de tierra sometidos a la sobrecarga de viento mínima correspondiente a 60 km/h (apdo. 3.1.2).	Cargas permanentes (apdo. 3.1.1) considerando los conductores y cables de tierra sometidos a la sobrecarga de hielo mínima (apdo. 3.1.3).	Cargas permanentes (apdo. 3.1.1) considerando los conductores y cables de tierra sometidos a una sobrecarga de viento mínima correspondiente a 60 km/h (apdo. 3.1.2).
	T	Esfuerzo del viento (apdo. 3.1.2) correspondiente a una velocidad mínima de 120 ó 140 km/h según la categoría de la línea, sobre: - Conductores y cables de tierra. - Apoyo. SÓLO ÁNGULO: Resultante de ángulo (apdo. 3.1.6.)	ALINEACIÓN: No se aplica. ÁNGULO: Resultante de ángulo (apdo. 3.1.6.)	Esfuerzo del viento (apdo. 3.1.2) para una velocidad mínima de 60 km/h y sobrecarga de hielo (apdo. 3.1.3) sobre: - Conductores y cables de tierra. - Apoyo. SÓLO ÁNGULO: Resultante de ángulo (apdo. 3.1.6.)	ALINEACIÓN: No se aplica. ÁNGULO: Resultante de ángulo (apdo. 3.1.6.)	ALINEACIÓN: No se aplica. ÁNGULO: Resultante de ángulo (apdo. 3.1.6.)
	L	No aplica.			Desequilibrio de tracciones (apdo. 3.1.4.1)	Rotura de conductores y cables de tierra (apdo. 3.1.5.1.)

TIPO DE APOYO	TIPO DE ESFUERZO	1ª HIPÓTESIS (Viento)	2ª HIPÓTESIS		3ª HIPÓTESIS (Desequilibrio de tracciones)	4ª HIPÓTESIS (Rotura de conductores)
			(Hielo)	(Hielo+Viento)		
Anciaje de Alineación o Anciaje de Ángulo	V	Cargas permanentes (apdo. 3.1.1) considerando los conductores y cables de tierra sometidos a una sobrecarga de viento (apdo. 3.1.2) correspondiente a una velocidad mínima de 120 ó 140 km/h según la categoría de la línea.	Cargas permanentes (apdo. 3.1.1) considerando los conductores y cables de tierra sometidos a la sobrecarga de hielo mínima (apdo. 3.1.3).	Cargas permanentes (apdo. 3.1.1) considerando los conductores y cables de tierra sometidos a la sobrecarga de viento mínima correspondiente a 60 km/h (apdo. 3.1.2).	Cargas permanentes (apdo. 3.1.1) considerando los conductores y cables de tierra sometidos a la sobrecarga de hielo mínima (apdo. 3.1.3).	Cargas permanentes (apdo. 3.1.1) considerando los conductores y cables de tierra sometidos a la sobrecarga de viento mínima correspondiente a 60 km/h (apdo. 3.1.2).
	T	Esfuerzo del viento (apdo. 3.1.2) correspondiente a una velocidad mínima de 120 ó 140 km/h según la categoría de la línea, sobre: - Conductores y cables de tierra. - Apoyo. SÓLO ÁNGULO: Resultante de ángulo (apdo. 3.1.6.)	ALINEACIÓN: No se aplica. ÁNGULO: Resultante de ángulo (apdo. 3.1.6.)	Esfuerzo del viento (apdo. 3.1.2) para una velocidad mínima de 60 km/h y sobrecarga de hielo (apdo. 3.1.3) sobre: - Conductores y cables de tierra. - Apoyo. SÓLO ÁNGULO: Resultante de ángulo (apdo. 3.1.6.)	ALINEACIÓN: No se aplica. ÁNGULO: Resultante de ángulo (apdo. 3.1.6.)	ALINEACIÓN: No se aplica. ÁNGULO: Resultante de ángulo (apdo. 3.1.6.)
	L	No aplica.			Desequilibrio de tracciones (apdo. 3.1.4.3)	Rotura de conductores y cables de tierra (apdo. 3.1.5.3.)
Fin de línea	V	Cargas permanentes (apdo. 3.1.1) considerando los conductores y cables de tierra sometidos a una sobrecarga de viento (apdo. 3.1.2) correspondiente a una velocidad mínima de 120 ó 140 km/h según la categoría de la línea.	Cargas permanentes (apdo. 3.1.1) considerando los conductores y cables de tierra sometidos a la sobrecarga de hielo mínima (apdo. 3.1.3).	Cargas permanentes (apdo. 3.1.1) considerando los conductores y cables de tierra sometidos a la sobrecarga de viento mínima correspondiente a 60 km/h (apdo. 3.1.2).	No aplica.	Cargas permanentes (apdo. 3.1.1) considerando los conductores y cables de tierra sometidos a la sobrecarga de hielo mínima (apdo. 3.1.3).
	T	Esfuerzo del viento (apdo. 3.1.2) correspondiente a una velocidad mínima de 120 ó 140 km/h según la categoría de la línea, sobre: - Conductores y cables de tierra. - Apoyo. Desequilibrio de tracciones (apdo. 3.1.4.4.)	No aplica.	Esfuerzo del viento (apdo. 3.1.2) para una velocidad mínima de 60 km/h y sobrecarga de hielo (apdo. 3.1.3) sobre: - Conductores y cables de tierra. Desequilibrio de tracciones (apdo. 3.1.4.4.)		No aplica.
	L	Desequilibrio de tracciones (apdo. 3.1.4.4.)			Rotura de conductores y cables de tierra (apdo. 3.1.5.4.)	

El reglamento también establece en el apartado 3.5.4 establece unos coeficientes de seguridad aplicables a los apoyos, que serán diferentes según la hipótesis de cálculo. El coeficiente será de 1,5 para las hipótesis normales y de 1,2 para las anormales. La definición de hipótesis normal o anormal la define el reglamento en el siguiente cuadro:

Tipo de apoyo	Hipótesis normales	Hipótesis anormales
Alineación	1ª, 2ª	3ª, 4ª
Angulo	1ª, 2ª	3ª, 4ª
Anclaje	1ª, 2ª	3ª, 4ª
Fin de línea	1ª, 2ª	4ª

A continuación, se describen los cálculos a realizar para cada uno de los apoyos usados en este proyecto siguiendo las instrucciones de las tablas anteriores.

Lo primero que hay que hacer es obtener el valor del gravivano y del eolovano.

Se define gravivano a_g de un apoyo a la longitud que determina la acción del peso que los conductores le transmiten. Es la distancia horizontal entre los vértices de las catenarias de los vanos contiguos al apoyo considerado.

Se define eolovano a_v de un apoyo a la longitud de vano horizontal que hay que considerar para determinar el esfuerzo que, debido a la acción del viento sobre los cables, transmiten estos al apoyo. Este valor es igual a la semisuma de los dos vanos contiguos.

➤ APOYO DE SUSPENSIÓN DE ALINEACIÓN

Hipótesis de viento

1.- Lo primero es obtener el esfuerzo vertical. Para ello, hay que considerar las cargas permanentes y suponer los conductores sometidos a una sobrecarga de viento de 120 km/h.

Las cargas permanentes se calculan sumando al peso de los aisladores el peso de los conductores que soporta el apoyo:

$$P = 3 P_c + 3 P_{\text{aisladores}} = 3 p a_g + 3 P_{\text{aisladores}} \text{ [daN]}$$

Con este valor se puede obtener el valor de la fuerza vertical que sufre el apoyo debido a las cargas permanentes, que resulta de aplicarle el c.s. de 1,5 como establece el reglamento al valor obtenido anteriormente.

$$F_{V \text{ viento}} = P \text{ cs [daN]}$$

$$F_{V \text{ viento/fase}} = \frac{P}{3} \text{ cs [daN]}$$

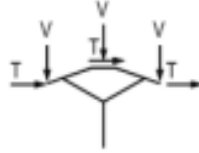
2.- A continuación, se calcula el esfuerzo transversal, que es la fuerza debida al viento sobre cada conductor y cada aislador y herraje. Se excluye de este cálculo la fuerza que ejerce el viento sobre el apoyo y el armado ya que los datos que proporciona el fabricante ya tienen considerados estos efectos.

$$F_{v2} = 50 \cdot \left(\frac{V_v}{120}\right)^2 \cdot a_v + 70 \cdot \left(\frac{V_v}{120}\right)^2 \cdot A_{\text{aislador}} \text{ [daN]}$$

Cada uno de los sumandos se corresponde con la fuerza del viento sobre cada conductor de fase y el aislador de cada fase respectivamente. Estas expresiones se han extraído de la ITC-LAT 07 apartados 3.1.2.1 y 3.1.2.2.

3.- En esta hipótesis y para este tipo de apoyo no aplican los esfuerzos longitudinales (se compensan de ambos lados).

4.- Lo siguiente es obtener momento flector que soporta el apoyo. Este momento viene determinado por otros dos, que son colineales, y que se corresponden con cada una de las fuerzas anteriores. La situación que queda, con el armado elegido es la siguiente:



Entonces, el momento flector respecto al empotramiento debido a las cargas verticales es:

$$M_{fV} = P_c(-d + 0 + d) = 0 [daN \cdot m]$$

Donde d es la distancia desde el apoyo hasta cada conductor de fase (ver imagen de los armados elegidos anteriormente).

El momento flector respecto al empotramiento debido a las fuerzas transversales a la dirección de la línea viene dado por:

$$M_{fT} = F_{v2}(h_R + h_S + h_T) = 3 F_{v2} h [daN \cdot m]$$

Donde h_R , h_S y h_T representan la altura sobre el suelo de cada una de las fases en su punto de anclaje con el apoyo, que en este caso son las mismas.

Como se ha comentado, estos dos momentos son colineales, por tanto:

$$M_{fv} = M_{fV} + M_{fT} [daN \cdot m]$$

5.- Ya con este valor y con la altura útil h_u , se puede obtener la fuerza equivalente a la altura útil.

$$F_{hu viento} = \frac{M_{fv}}{h_u} [daN]$$

Hipótesis de hielo

1.- Las fuerzas verticales en esta hipótesis se obtienen sumando el peso de conductores y aisladores, teniendo en cuenta el peso del manguito de hielo, que ya se ha explicado como obtenerlo en el apartado de cálculos mecánicos de los conductores.

$$P_h = 3 P_{ch} = 3 (p + p_h) a_g [daN]$$

Con esto:

$$F_{V hielo} = P_h cs [daN]$$

$$F_{V \text{ hielo}} = \frac{P_h}{3} \text{ cs } [daN]$$

2.- Los demás tipos de esfuerzos (longitudinales y transversales) no aplican para este apoyo y esta hipótesis.

3.- El momento flector respecto al empotramiento debido a las cargas verticales viene dado por:

$$M_{fh} = P_{ch}(-d + 0 + d) = 0 [daN \cdot m]$$

4.- Con este momento, ya se puede obtener el valor de la fuerza equivalente a la altura útil.

$$F_{hu \text{ hielo}} = \frac{M_{fh}}{h_u} [daN]$$

Hipótesis desequilibrio de tracciones

1.- Las cargas verticales por fase son las mismas que en la hipótesis de hielo.

2.- En esta hipótesis y para este tipo de apoyo no aplican los esfuerzos transversales.

3.- Para los esfuerzos longitudinales, hay que atender a las especificaciones que establece la ITC-LAT 07 en su apartado 3.1.4.1, de desequilibrio de tracciones. Aquí se establece que “para líneas de tensión nominal inferior a 66 kV se considerará un esfuerzo longitudinal equivalente al 8% de las tracciones unilaterales de todos los conductores. Dicho esfuerzo podrá considerar distribuido en el eje del apoyo distribuido a la altura de los puntos de fijación de los conductores”.

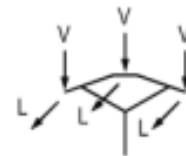
Entonces:

$$F_{Lfase} = 0,08 T_{oh}$$

4.- Con los valores de las fuerzas, ya podemos obtener el momento respecto al empotramiento debido a las cargas verticales y longitudinales a la dirección de la línea.

$$M_{fV} = M_{fh} [daN \cdot m]$$

$$M_{fL} = F_{Lfase}(h_R + h_S + h_T) = 3 F_{Lfase} h [daN \cdot m]$$



Estos dos momentos son perpendiculares, por lo que el momento resultante es:

$$M_f = \sqrt{M_{fV}^2 + M_{fL}^2} [daN \cdot m]$$

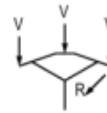
5.- Sin embargo, al ser un apoyo de celosía, para calcular la fuerza equivalente a la altura útil hay que considerar que ambos momentos son colineales, debido a que ocasionan ambos el mismo efecto sobre los montantes del apoyo.

$$F_{hu\ deseque} = \frac{M_{fV} + M_{fT}}{h_u} [daN]$$

Hipótesis de rotura de conductores

- 1.- La carga vertical por fase se obtiene de la misma manera que en la hipótesis de hielo.
- 2.- En esta hipótesis y para este tipo de apoyo no aplican los esfuerzos transversales.
- 3.- El caso más desfavorable para esta hipótesis es que se rompa el conductor de cualquiera de los dos lados. Como el apoyo es de suspensión, el reglamento establece que se puede aplicar una reducción del 50% en la tracción si se usan varillas de protección en la sujeción del conductor al aislador y teniendo en cuenta la desviación de la cadena de aisladores. Con esto, el momento que aparece debido a la rotura del conductor vale:

$$M_{fL} = 0,5 T_{oh} h [daN \cdot m]$$



El momento resultante es:

$$M_f = M_{fV} + M_{fL} [daN \cdot m]$$

- 4.- La fuerza equivalente a la altura útil es:

$$F_{hu\ rotura} = \frac{M_f}{h_u} [daN]$$

- 5.- En esta hipótesis también aparece un par torsor sobre el apoyo, que viene dado por la siguiente expresión:

$$M_t = 0,5 T_{oh} d [daN \cdot m]$$

➤ APOYO DE ANCLAJE DE ALINEACIÓN

Para este tipo de apoyos, tanto la hipótesis de viento como la de hielo como la de rotura de conductores son iguales que en el anterior, por lo que se omite su explicación de nuevo.

Hipótesis de desequilibrio de tracciones

En esta hipótesis, lo único que varía con respecto al apoyo anterior es que el reglamento establece que para los apoyos de anclaje de alineación hay que considerar un esfuerzo equivalente al 50% de las tracciones unilaterales y si la línea es de tensión inferior a 66 kV se supone aplicado en el eje del apoyo y a una altura igual a la de los conductores sobre el suelo.

$$F_{Lfase} = 0,5 T_{oh}$$

El resto del procedimiento es similar al apoyo anterior.

➤ APOYO FIN DE LÍNEA

Hipótesis de viento

Para esta hipótesis, los esfuerzos transversales y verticales son iguales que en los apoyos anteriores, por aquí si aplica. Entonces podemos describir este proceso como sigue.

- 1.- Igual que en hipótesis de viento apoyo suspensión alineación.
- 2.- Igual que en hipótesis de viento apoyo suspensión alineación.
- 3.- Para los esfuerzos longitudinales hay que calcularlos como dice el reglamento, que es mediante el apartado 3.1.4.4 de desequilibrio de tracciones. Esto es debido a que, al ser un apoyo de fin de línea, de un lado no tiene esfuerzos.

Este apartado establece que “hay que considerar un esfuerzo igual al 100% de las tracciones unilaterales de todos los conductores, considerándose aplicado cada esfuerzo en el punto de fijación del correspondiente conductor”. Entonces:

$$F_{Lv} = T_{ov} [daN]$$

- 4.- Los momentos que hay que calcular son los dos que se calculan en el apoyo de suspensión de alineación además del debido a la fuerza longitudinal:

$$M_{fL} = 3 F_{Lv} h [daN \cdot m]$$

- 5.- La fuerza equivalente a la altura útil viene dada por:

$$F_{hu viento} = \frac{M_{fL} + M_{fV} + M_{fT}}{h_u} [daN]$$

Hipótesis de hielo

Para calcular la fuerza equivalente a la altura útil de este apoyo hay que hacer lo mismo que en el apoyo de suspensión de alineación solo que hay que añadir, como en la hipótesis anterior, el momento debido al desequilibrio de tracciones, que es del mismo valor.

Hipótesis de desequilibrio de tracciones

El reglamento establece que para este tipo de apoyos esta hipótesis no hay que considerarla, ya que está contenida en la hipótesis de hielo.

Hipótesis rotura de conductores

En este tipo de apoyos, si se rompe un conductor lo único que hace es disminuir el momento flector a que está sometido por tener solo conductores por un lado,

y esta condición ya se ha considerado en la hipótesis de hielo. Por tanto, no es necesario comprobar esto.

Sin embargo, al romperse un conductor aparece un momento torsor de valor:

$$M_t = T_{oh} d \text{ [daN} \cdot \text{m]}$$

Por lo que aparece una fuerza de torsión equivalente a la altura útil de valor:

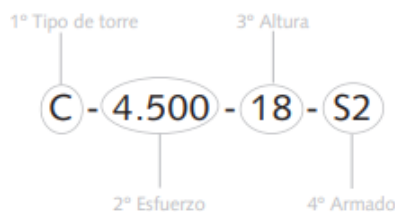
$$F_{hu \text{ torsión}} = \frac{M_t}{h_u} \text{ [daN]}$$

RESULTADOS

En este apartado se irán obteniendo los valores anteriores para cada apoyo. El fabricante da en su catálogo la siguiente tabla para obtener la altura útil, que es la suma del valor *HCP* (altura desde el punto superior del apoyo al terreno teniendo en cuenta la cimentación para un terreno normal, $k = 12$) y el parámetro *b* de las crucetas.

ALTURA NOMINAL		ESFUERZOS						
		500	1.000	2.000	3.000	4.500	7.000	9.000
10	HPC	8,8	8,37	8,29	8,1	7,7	...	...
	Peso	242	249	383	471	598	...	...
12	HPC	10,75	10,31	10,04	10,04	9,63	9,58	9,42
	Peso	301	306	465	577	749	1112	1294
14	HPC	12,71	12,28	12,14	11,8	11,59	11,57	11,42
	Peso	356	386	568	705	931	1303	1513

Para designar los apoyos se sigue la siguiente nomenclatura:



Para poder comprobar los resultados que se van a obtener a continuación, hay que tener en cuenta que la tabla de datos del fabricante del principio de este apartado, viene en kg y no en daN. Es por esto que hay que convertirla a daN multiplicando todos los valores por 0,98.

Tipo	C-500	C-1000	C-2000	C-3000	C-4500
Esfuerzo útil (C.S.= 1,5)	500	1000	1998	2997	4495
Hielo (C.S.= 1,5)	705	1155	2225	3233	4774
Desequilibrio (C.S.= 1,2)	885	1452	2774	4031	5956
Torsión (C.S.= 1,2)	500	700	1398	1398	1398
Esfuerzo vertical	600	600	600	800	800

➤ APOYO Nº1: FIN DE LÍNEA C-3.000-12-L2

Se empezará suponiendo que se emplea un apoyo C-3.000-12-L2. Se introducen los datos de este apoyo en la hoja de cálculo:

INTRODUCIR LAS TRACCIONES CORRESPONDIENTES DE LOS CONDUCTORES DE FASE DEL YANO DEL LADO IZQUIERDO		
INTRODUCIR LA TRACCIÓN EN EL VÉRTICE CON VIENTO EN (daN) A (°C)	-10	0,00
INTRODUCIR LA TRACCIÓN EN EL VÉRTICE CON HIELO EN (daN) A (°C)	-15	0,00
SEMIYANO DEL LADO IZQUIERDO EN (m)		0,00
DISTANCIA HORIZONTAL AL VÉRTICE CON VIENTO DEL LADO IZQUIERDO EN (m)	-10	0,00
DISTANCIA HORIZONTAL AL VÉRTICE CON HIELO DEL LADO IZQUIERDO EN (m)	-15	0,00
FLECHA MÁXIMA EN EL YANO DEL LADO IZQUIERDO EN (m)		0,000
INTRODUCIR LA TRACCIÓN EN EL VÉRTICE CON VIENTO A PRESIÓN MITAD EN (daN) A (°C)	-10	0,00
INTRODUCIR LAS TRACCIONES CORRESPONDIENTES DE LOS CONDUCTORES DE FASE DEL YANO DEL LADO DERECHO		
INTRODUCIR LA TRACCIÓN EN EL VÉRTICE CON VIENTO EN (daN) A (°C)	-10	562,29
INTRODUCIR LA TRACCIÓN EN EL VÉRTICE CON HIELO EN (daN) A (°C)	-15	651,62
SEMIYANO DEL LADO DERECHO EN (m)		65,00
DISTANCIA HORIZONTAL AL VÉRTICE CON VIENTO DEL LADO DERECHO EN (m)	-10	104,90
DISTANCIA HORIZONTAL AL VÉRTICE CON HIELO DEL LADO DERECHO EN (m)	-15	102,32
FLECHA MÁXIMA EN EL YANO DEL LADO DERECHO EN (m)		2,605
INTRODUCIR LA TRACCIÓN EN EL VÉRTICE CON VIENTO A PRESIÓN MITAD EN (daN) A (°C)	-10	0,00
ALTURA MÍNIMA DEL APOYO HASTA LA GRAPA DE CONEXIÓN DEL AISLADOR MÁS BAJO EN (m)		9,61

INTRODUCIR LAS COORDENADAS DE LOS PUNTOS DE AMARRE DE LOS CONDUCTORES SIN TENER EN CUENTA LOS AISLADORES			
Introducir la altura del haz de la fase R al cimiento en (m)	10,04	Distancia del haz fase R al apoyo (m)	1,50
Introducir la altura del haz de la fase S al cimiento en (m)	10,04	Distancia del haz fase S al apoyo (m)	-1,50
Introducir la altura del haz de la fase T al cimiento en (m)	10,04	Distancia del haz fase T al apoyo (m)	0,00
Peso específico de cada conductor de fase en (daN/m)			0,1853
Acción del viento sobre cada conductor de fase a 120 km/h en (daN/m)			0,567
Peso específico del manguito de hielo sobre cada conductores de fase en (daN/m)			0,553
Acción del viento sobre cada conductor de fase con presión mitad a 120 km/h en (daN/m)			0,2835
Peso de cada cadena de aisladores en (daN)			0,98
Área de cada cadena de aisladores expuesta al viento en (m²)			0,040
Altura útil del apoyo correspondiente a la fuerza horizontal que es capaz de soportar en (m)			10,04
Brazo útil del apoyo correspondiente a la fuerza de torsión que es capaz de soportar en (m)			1,50
Eolovano para el cálculo del apoyo en (m)			65,00
Gravivano para el cálculo del apoyo con viento en (m)			104,90
Gravivano para el cálculo del apoyo con hielo en (m)			102,32
Fuerza transversal del viento sobre cada conductor de fase a 120 km/h en (daN)			36,86
Fuerza transversal del viento sobre el apoyo y cruceta a 120 km/h en (daN)			
Fuerza transversal del viento sobre los aisladores por fase a 120 km/h en (daN)			5,60
Fuerza transversal del viento sobre los aisladores con presión mitad a 120 km/h en (daN)			1,40

1ª HIPÓTESIS (VIENTO)		
Fuerza vertical (cargas permanentes de los conductores y aisladores) en esta hipótesis en (daN)		61
Fuerza transversal del viento sobre cada conductor de fase a 120 km/h en (daN)		37
Fuerza transversal del viento sobre las cadenas de aisladores por fase a 120 km/h en (daN)		6
Fuerza longitudinal debida al desequilibrio de tracciones sobre cada conductor de fase en (daN)		562
Momento flector respecto al empotramiento debido a la resultante de ángulo en (daN.m)		
Momento flector respecto al empotramiento debido a las fuerzas transversales en (daN.m)		1279
Momento flector respecto al empotramiento debido a las fuerzas longitudinales en (daN.m)		16936
Momento flector total respecto al empotramiento en (daN.m)		16984
Momento torsor respecto al eje del apogo debido a las fuerzas longitudinales en (daN.m)		
VALORES PARA LA COMPROBACIÓN DE LAS FUERZAS NECESARIAS EN LA CRUCETA Y EL APOYO		
Fuerza vertical en cada brazo del apogo en (daN)	V	20
Fuerza vertical sobre el apogo sin coeficiente de seguridad en (daN)	V	61
Fuerza vertical necesaria del apogo con el coeficiente de seguridad en (daN)	V	92
Fuerza transversal en cada brazo del apogo en (daN)	T	42
Fuerza transversal sobre el apogo sin coeficiente de seguridad en (daN)	T	127
Fuerza longitudinal en cada brazo del apogo en (daN)	L	562
Fuerza longitudinal sobre el apogo sin el coeficiente de seguridad en (daN)	L	1687
Fuerza de torsión sobre el apogo sin el coeficiente de seguridad en (daN)	FT	
Fuerza de torsión necesaria del apogo con el coeficiente de seguridad en (daN)	FT	
FUERZA HORIZONTAL NECESARIA EN EL CASO DE APOYOS SIN CÚPULA/S DE TIERRA		
Fuerza horizontal necesaria del apogo sin el coeficiente de seguridad en (daN)	T+L	1814
Fuerza horizontal necesaria del apogo con el coeficiente de seguridad en (daN)	T+L	2721
Fuerza horizontal útil sin coeficiente de seguridad en (daN)	T+L	1814
Momento torsor en (daN.m)	MT	0

2ª HIPÓTESIS (HIELO)		
Fuerza vertical (cargas permanentes de los conductores y aisladores) en esta hipótesis en (daN)		230
Fuerza longitudinal debida al desequilibrio de tracciones sobre cada conductor de fase en (daN)		652
Momento flector respecto al empotramiento debido a las fuerzas verticales en (daN.m)		
Momento flector respecto al empotramiento debido a las fuerzas transversales en (daN.m)		
Momento flector respecto al empotramiento debido a las fuerzas longitudinales en (daN.m)		19627
Momento flector total respecto al empotramiento en (daN.m)		19627
Momento torsor respecto al eje del apogo debido a las fuerzas longitudinales en (daN.m)		
Fuerza vertical en cada brazo del apogo en (daN)	V	77
Fuerza vertical necesaria del apogo sin el coeficiente de seguridad en (daN)	V	230
Fuerza vertical necesaria del apogo con el coeficiente de seguridad en (daN)	V	345
Fuerza transversal en cada brazo del apogo en (daN)	T	
Fuerza transversal necesaria del apogo sin el coeficiente de seguridad en (daN)	T	
Fuerza longitudinal en cada brazo del apogo en (daN)	L	652
Fuerza longitudinal necesaria del apogo sin el coeficiente de seguridad en (daN)	L	1955
Fuerza horizontal necesaria del apogo sin el coeficiente de seguridad en (daN)	T+L	1955
Fuerza horizontal necesaria del apogo con el coeficiente de seguridad en (daN)	T+L	2932
Fuerza de torsión necesaria del apogo sin el coeficiente de seguridad en (daN)	FT	
Fuerza de torsión necesaria del apogo con el coeficiente de seguridad en (daN)	FT	
FUERZAS NECESARIAS (2ª HIPÓTESIS)		
Fuerza vertical necesaria del apogo sin el coeficiente de seguridad en (daN)	V	230
Fuerza transversal necesaria del apogo sin el coeficiente de seguridad en (daN)	T	
Fuerza longitudinal necesaria del apogo sin el coeficiente de seguridad en (daN)	L	1955
Fuerza de torsión necesaria del apogo sin el coeficiente de seguridad en (daN)	FT	
Fuerza de torsión necesaria del apogo con el coeficiente de seguridad en (daN)	FT	
FUERZA HORIZONTAL NECESARIA EN EL CASO DE APOYOS SIN CÚPULA/S DE TIERRA		
Fuerza horizontal necesaria del apogo sin el coeficiente de seguridad en (daN)	T+L	1955
Fuerza horizontal necesaria del apogo con el coeficiente de seguridad en (daN)	T+L	2932
VALORES PARA LA COMPROBACIÓN DE LA ACCIÓN COMBINADA DE LA FUERZA ÚTIL + EL MOMENTO TORSOR (HIELO)		
Fuerza horizontal útil sin coeficiente de seguridad en (daN)	T+L	1955
Momento torsor en (daN.m)	MT	0

Como se ha comentado, para este tipo de apoyos la hipótesis de desequilibrio de tracciones no aplica.

4ª HIPÓTESIS (ROTURA DE CONDUCTORES)		
Fuerza vertical (cargas permanentes de los conductores y aisladores) en esta hipótesis en (daN)		230
Fuerza longitudinal debida al desequilibrio de tracciones sobre cada conductor de fase en (daN)		652
Momento flector respecto al empotramiento debido a las fuerzas verticales en (daN.m)		
Momento flector respecto al empotramiento de fuerzas longitudinales (rotura de conductores en fase R) en (daN.m)		13084
Momento flector respecto al empotramiento de fuerzas longitudinales (rotura de conductores en fase S) en (daN.m)		13084
Momento flector respecto al empotramiento de fuerzas longitudinales (rotura de conductores en fase T) en (daN.m)		13084
Momento flector total máximo respecto al empotramiento en (daN.m)		13084
Momento torsor respecto al eje del apoyo debido a la rotura de conductores en la fase R en (daN.m)		977
Momento torsor respecto al eje del apoyo debido a la rotura de conductores en la fase S en (daN.m)		977
Momento torsor respecto al eje del apoyo debido a la rotura de conductores en la fase T en (daN.m)		977
Momento torsor máximo respecto al eje del apoyo debido a la rotura de conductores de fase en (daN.m)		977
VALORES PARA LA COMPROBACIÓN DE LAS FUERZAS NECESARIAS EN LA CRUCETA Y EL APOYO		
Fuerza vertical en cada brazo del apoyo en (daN)	V	77
Fuerza vertical necesaria del apoyo sin coeficiente de seguridad en (daN)	V	230
Fuerza vertical necesaria del apoyo con el coeficiente de seguridad en (daN)	V	276
Fuerza longitudinal en el brazo del apoyo sin rotura de conductor en (daN)	L	652
Fuerza horizontal necesaria del apoyo sin el coeficiente de seguridad en (daN) (ROTURA FASE R) en (daN)	T+L	1303
Fuerza horizontal necesaria del apoyo sin el coeficiente de seguridad en (daN) (ROTURA FASE S) en (daN)	T+L	1303
Fuerza horizontal necesaria del apoyo sin el coeficiente de seguridad en (daN) (ROTURA FASE T) en (daN)	T+L	1303
Fuerza de torsión necesaria del apoyo sin el coeficiente de seguridad (ROTURA FASE R) en (daN)	FT	652
Fuerza de torsión necesaria del apoyo sin el coeficiente de seguridad (ROTURA FASE S) en (daN)	FT	652
Fuerza de torsión necesaria del apoyo sin el coeficiente de seguridad (ROTURA FASE T) en (daN)	FT	652
Fuerza de torsión necesaria del apoyo y la cruzeta en (daN)	FT	652
FUERZA HORIZONTAL NECESARIA EN EL CASO DE APOYOS CON O SIN CÚPULAS DE TIERRA (ROTURA CONDUCTORES)		
Fuerza horizontal útil necesaria del apoyo sin el coeficiente de seguridad (ROTURA FASE R) en (daN)	T+L	1303
Fuerza horizontal útil necesaria del apoyo sin el coeficiente de seguridad (ROTURA FASE S) en (daN)	T+L	1303
Fuerza horizontal útil necesaria del apoyo sin el coeficiente de seguridad (ROTURA FASE T) en (daN)	T+L	1303
Fuerza horizontal útil necesaria del apoyo en (daN)	T+L	1303
VALORES PARA LA COMPROBACIÓN DE LA ACCIÓN COMBINADA DE LA FUERZA ÚTIL + EL MOMENTO TORSOR (R. 1)		
Fuerza horizontal útil sin coeficiente de seguridad (ROTURA FASE R) en (daN)	T+L	1303
Momento torsor (ROTURA FASE R) en (daN.m)	MT	977
Fuerza horizontal útil sin coeficiente de seguridad (ROTURA FASE S) en (daN)	T+L	1303
Momento torsor (ROTURA FASE S) en (daN.m)	MT	977
Fuerza horizontal útil sin coeficiente de seguridad (ROTURA FASE T) en (daN)	T+L	1303
Momento torsor (ROTURA FASE T) en (daN.m)	MT	0

De aquí se puede extraer un resumen con los datos a comprobar y se puede concluir que el apoyo escogido es correcto.

CONDICIONES QUE DEBE CUMPLIR EL APOYO CONSIDERANDO EL COEFICIENTE DE SEGURIDAD INTRODUCIDO	DATOS APOYO	¿CUMPLE?
1ª) Fuerza vertical necesaria en (daN).	800	CUMPLE
2ª) Fuerza transversal necesaria en (daN). SOLO PARA APOYOS NO SIMÉTRICOS	191	
3ª) Fuerza longitudinal necesaria en (daN). SOLO PARA APOYOS NO SIMÉTRICOS	4031	CUMPLE
4ª) Fuerza horizontal necesaria en (daN).	3233	CUMPLE
5ª) Fuerza de torsión necesaria en (daN).	1398	CUMPLE

➤ APOYO Nº2: SUSPENSIÓN DE ALINEACIÓN C-3.000-12-B1

El apoyo escogido para realizar los cálculos es el C-3.000-12-B1. Se procede de la misma manera que para el apoyo anterior.

INTRODUCIR LAS TRACCIONES CORRESPONDIENTES DE LOS CONDUCTORES DE FASE DEL VANO DEL LADO IZQUIERDO		
INTRODUCIR LA TRACCIÓN EN EL VÉRTICE CON VIENTO EN (daN) A (°C)	-10	562,59
INTRODUCIR LA TRACCIÓN EN EL VÉRTICE CON HIELO EN (daN) A (°C)	-15	651,62
SEMIVANO DEL LADO IZQUIERDO EN (m)		65,00
DISTANCIA HORIZONTAL AL VÉRTICE CON VIENTO DEL LADO IZQUIERDO EN (m)	-10	25,20
DISTANCIA HORIZONTAL AL VÉRTICE CON HIELO DEL LADO IZQUIERDO EN (m)	-15	27,68
FLECHA MÁXIMA EN EL VANO DEL LADO IZQUIERDO EN (m)		2,605
INTRODUCIR LA TRACCIÓN EN EL VÉRTICE CON VIENTO A PRESIÓN MITAD EN (daN) A (°C)	-10	0,00
INTRODUCIR LAS TRACCIONES CORRESPONDIENTES DE LOS CONDUCTORES DE FASE DEL VANO DEL LADO DERECHO		
INTRODUCIR LA TRACCIÓN EN EL VÉRTICE CON VIENTO EN (daN) A (°C)	-10	562,29
INTRODUCIR LA TRACCIÓN EN EL VÉRTICE CON HIELO EN (daN) A (°C)	-15	651,62
SEMIVANO DEL LADO DERECHO EN (m)		65,00
DISTANCIA HORIZONTAL AL VÉRTICE CON VIENTO DEL LADO DERECHO EN (m)	-10	86,76
DISTANCIA HORIZONTAL AL VÉRTICE CON HIELO DEL LADO DERECHO EN (m)	-15	85,36
FLECHA MÁXIMA EN EL VANO DEL LADO DERECHO EN (m)		2,604
INTRODUCIR LA TRACCIÓN EN EL VÉRTICE CON VIENTO A PRESIÓN MITAD EN (daN) A (°C)	-10	0,00
ALTURA MÍNIMA DEL APOYO HASTA LA GRAPA DE CONEXIÓN DEL AISLADOR MÁS BAJO EN (m)		9,61

INTRODUCIR LAS COORDENADAS DE LOS PUNTOS DE AMARRE DE LOS CONDUCTORES SIN TENER EN CUENTA LOS AISLADORES			
Introducir la altura del haz de la fase R al cimiento en (m)	10,74	Distancia del haz fase R al apoyo (m)	1,50
Introducir la altura del haz de la fase S al cimiento en (m)	10,74	Distancia del haz fase S al apoyo (m)	-1,50
Introducir la altura del haz de la fase T al cimiento en (m)	11,04	Distancia del haz fase T al apoyo (m)	0,00
Peso específico de cada conductor de fase en (daN/m)			0,1853
Acción del viento sobre cada conductor de fase a 120 km/h en (daN/m)			0,567
Peso específico del manguito de hielo sobre cada conductores de fase en (daN/m)			0,553
Acción del viento sobre cada conductor de fase con presión mitad a 120 km/h en (daN/m)			0,2835
Peso de cada cadena de aisladores en (daN)			0,98
Área de cada cadena de aisladores expuesta al viento en (m²)			0,040
Longitud de la cadena de suspensión en (m)			1,00
Altura útil del apoyo correspondiente a la fuerza horizontal que es capaz de soportar en (m)			10,74
Brazo útil del apoyo correspondiente a la fuerza de torsión que es capaz de soportar en (m)			1,50
Eolovano para el cálculo del apoyo en (m)			130,00
Gravivano para el cálculo del apoyo con viento en (m)			111,96
Gravivano para el cálculo del apoyo con hielo en (m)			113,04
Fuerza transversal del viento sobre cada conductor de fase a 120 km/h en (daN)			73,71
Fuerza transversal del viento sobre los aisladores por fase a 120 km/h en (daN)			2,80

1ª HIPÓTESIS (VIENTO)		
Fuerza vertical (cargas permanentes de los conductores y aisladores) en esta hipótesis en (daN)		65
Fuerza transversal del viento sobre cada conductor de fase a 120 km/h en (daN)		74
Fuerza transversal del viento sobre el apogo y cruceta a 120 km/h en (daN)		
Fuerza transversal del viento sobre las cadenas de aisladores por fase a 120 km/h en (daN)		3
Fuerza transversal sobre cada conductor de fase debida a la resultante de ángulo en (daN)		
Fuerza longitudinal debida al desequilibrio de tracciones sobre cada conductor de fase en (daN)		0
Momento flector respecto al empotramiento debido a las fuerzas verticales en (daN.m)		
Momento flector respecto al empotramiento debido a la resultante de ángulo en (daN.m)		
Momento flector respecto al empotramiento debido a las fuerzas transversales en (daN.m)		2465
Momento flector respecto al empotramiento debido a las fuerzas longitudinales en (daN.m)		10
Momento flector total respecto al empotramiento en (daN.m)		2465
Momento torsor respecto al eje del apogo debido a las fuerzas longitudinales en (daN.m)		
VALORES PARA LA COMPROBACIÓN DE LAS FUERZAS NECESARIAS EN LA CRUCETA Y EL APOYO		
Fuerza vertical en cada brazo del apogo en (daN)	V	22
Fuerza vertical sobre el apogo sin coeficiente de seguridad en (daN)	V	65
Fuerza vertical necesaria del apogo con el coeficiente de seguridad en (daN)	V	98
Fuerza transversal en cada brazo del apogo en (daN)	T	77
Fuerza transversal sobre el apogo sin coeficiente de seguridad en (daN)	T	230
Fuerza longitudinal en cada brazo del apogo en (daN)	L	0
Fuerza longitudinal sobre el apogo sin el coeficiente de seguridad en (daN)	L	1
Fuerza de torsión sobre el apogo sin el coeficiente de seguridad en (daN)	FT	
Fuerza de torsión necesaria del apogo con el coeficiente de seguridad en (daN)	FT	
FUERZA HORIZONTAL NECESARIA EN EL CASO DE APOYOS SIN CÚPULA/S DE TIERRA		
Fuerza horizontal necesaria del apogo sin el coeficiente de seguridad en (daN)	T+L	230
Fuerza horizontal necesaria del apogo con el coeficiente de seguridad en (daN)	T+L	346
Fuerza horizontal útil sin coeficiente de seguridad en (daN)	T+L	230
Momento torsor en (daN.m)	MT	0

2ª HIPÓTESIS (HIELO)		
Fuerza vertical (cargas permanentes de los conductores y aisladores) en esta hipótesis en (daN)		253
Fuerza transversal sobre cada conductor de fase debida a la resultante de ángulo en (daN)		
Fuerza longitudinal debida al desequilibrio de tracciones sobre cada conductor de fase en (daN)		0
Momento flector respecto al empotramiento debido a las fuerzas verticales en (daN.m)		
Momento flector respecto al empotramiento debido a las fuerzas transversales en (daN.m)		
Momento flector respecto al empotramiento debido a las fuerzas longitudinales en (daN.m)		0
Momento flector total respecto al empotramiento en (daN.m)		0
Momento torsor respecto al eje del apogo debido a las fuerzas longitudinales en (daN.m)		
Fuerza vertical en cada brazo del apogo en (daN)	V	84
Fuerza vertical necesaria del apogo sin el coeficiente de seguridad en (daN)	V	253
Fuerza vertical necesaria del apogo con el coeficiente de seguridad en (daN)	V	380
Fuerza transversal en cada brazo del apogo en (daN)	T	
	T	
Fuerza transversal necesaria del apogo sin el coeficiente de seguridad en (daN)	T	
Fuerza longitudinal en cada brazo del apogo en (daN)	L	0
	L	
Fuerza longitudinal necesaria del apogo sin el coeficiente de seguridad en (daN)	L	0
Fuerza horizontal necesaria del apogo sin el coeficiente de seguridad en (daN)	T+L	0
Fuerza horizontal necesaria del apogo con el coeficiente de seguridad en (daN)	T+L	0
Fuerza de torsión necesaria del apogo sin el coeficiente de seguridad en (daN)	FT	
Fuerza de torsión necesaria del apogo con el coeficiente de seguridad en (daN)	FT	
FUERZAS NECESARIAS (2ª HIPÓTESIS)		
Fuerza vertical necesaria del apogo sin el coeficiente de seguridad en (daN)	V	253
Fuerza transversal necesaria del apogo sin el coeficiente de seguridad en (daN)	T	
Fuerza longitudinal necesaria del apogo sin el coeficiente de seguridad en (daN)	L	0
Fuerza de torsión necesaria del apogo sin el coeficiente de seguridad en (daN)	FT	
Fuerza de torsión necesaria del apogo con el coeficiente de seguridad en (daN)	FT	
FUERZA HORIZONTAL NECESARIA EN EL CASO DE APOYOS SIN CÚPULA/S DE TIERRA		
Fuerza horizontal necesaria del apogo sin el coeficiente de seguridad en (daN)	T+L	0
Fuerza horizontal necesaria del apogo con el coeficiente de seguridad en (daN)	T+L	0
VALORES PARA LA COMPROBACIÓN DE LA ACCIÓN COMBINADA DE LA FUERZA ÚTIL + EL MOMENTO TORSOR (H)		
Fuerza horizontal útil sin coeficiente de seguridad en (daN)	T+L	0
Momento torsor en (daN.m)	MT	0

3ª HIPÓTESIS (DESEQUILIBRIO DE TRACCIONES)		
Fuerza vertical (cargas permanentes de los conductores y aisladores) en esta hipótesis en (daN)		253
Fuerza transversal sobre cada conductor de fase debida a la resultante de ángulo en (daN)		
Fuerza transversal adicional sobre cada conductor de fase debida al desequilibrio en (daN)		
Fuerza transversal adicional sobre cada conductor de tierra debida al desequilibrio en (daN)		
Fuerza longitudinal debida al desequilibrio de tracciones sobre cada conductor de fase en (daN)		52
Momento flector respecto al empotramiento debido a las fuerzas verticales en (daN.m)		
Momento flector respecto al empotramiento debido a las fuerzas transversales en (daN.m)		
Momento flector respecto al empotramiento debido a las fuerzas longitudinales en (daN.m)		1680
Momento flector total respecto al empotramiento en (daN.m)		1680
Momento torsor respecto al eje del apogo debido a las fuerzas longitudinales en (daN.m)		
VALORES PARA LA COMPROBACIÓN DE LAS FUERZAS NECESARIAS EN LA CRUCETA Y EL APOYO		
Fuerza vertical en cada brazo del apogo en (daN)	V	84
Fuerza vertical necesaria del apogo sin coeficiente de seguridad en (daN)	V	253
Fuerza vertical necesaria del apogo con el coeficiente de seguridad en (daN)	V	304
Fuerza transversal en cada brazo del apogo en (daN)	T	
Fuerza transversal necesaria del apogo sin el coeficiente de seguridad en (daN)	T	
Fuerza longitudinal en cada brazo del apogo en (daN)	L	52
Fuerza longitudinal necesaria del apogo sin el coeficiente de seguridad en (daN)	L	156
Fuerza de torsión necesaria del apogo sin el coeficiente de seguridad en (daN)	FT	
Fuerza de torsión necesaria del apogo con el coeficiente de seguridad en (daN)	FT	
FUERZA HORIZONTAL NECESARIA EN EL CASO DE APOYOS SIN CÚPULA/S DE TIERRA		
Fuerza horizontal necesaria del apogo sin el coeficiente de seguridad en (daN)	T+L	156
Fuerza horizontal necesaria del apogo con el coeficiente de seguridad en (daN)	T+L	188
VALORES PARA LA COMPROBACIÓN DE LA ACCIÓN COMBINADA DE LA FUERZA ÚTIL + EL MOMENTO TORSOR		
Fuerza horizontal útil sin coeficiente de seguridad en (daN)	T+L	156
Momento torsor en (daN.m)	MT	

4ª HIPÓTESIS (ROTURA DE CONDUCTORES)	
Fuerza vertical (cargas permanentes de los conductores y aisladores) en esta hipótesis en (daN)	253
Fuerza transversal debida a la resultante de ángulo por cada conductor de fase en (daN)	
Fuerza transversal adicional en una haz de fase por rotura de conductores en el mismo en (daN)	
Fuerza longitudinal debida al desequilibrio de tracciones sobre cada conductor de fase en (daN)	0
Fuerza longitudinal adicional en un haz de fase por rotura de conductores en el mismo (daN)	326
Momento flector respecto al empotramiento debido a las fuerzas verticales en (daN.m)	
Momento flector respecto al empotramiento de fuerzas transversales (rotura de conductores en la fase R) en (daN.m)	
Momento flector respecto al empotramiento de fuerzas transversales (rotura de conductores en la fase S) en (daN.m)	
Momento flector respecto al empotramiento de fuerzas transversales (rotura de conductores en la fase T) en (daN.m)	
Momento flector respecto al empotramiento de fuerzas longitudinales (rotura de conductores en fase R) en (daN.m)	3499
Momento flector respecto al empotramiento de fuerzas longitudinales (rotura de conductores en fase S) en (daN.m)	3499
Momento flector respecto al empotramiento de fuerzas longitudinales (rotura de conductores en fase T) en (daN.m)	3499
Momento flector total máximo respecto al empotramiento en (daN.m)	3499
Momento torsor respecto al eje del apoyo debido a la rotura de conductores en la fase R en (daN.m)	489
Momento torsor respecto al eje del apoyo debido a la rotura de conductores en la fase S en (daN.m)	489
Momento torsor respecto al eje del apoyo debido a la rotura de conductores en la fase T en (daN.m)	
Momento torsor máximo respecto al eje del apoyo debido a la rotura de conductores de fase en (daN.m)	489

VALORES PARA LA COMPROBACIÓN DE LAS FUERZAS NECESARIAS EN LA CRUCETA Y EL APOYO		
Fuerza vertical en cada brazo del apoyo en (daN)	V	84
Fuerza vertical necesaria del apoyo sin coeficiente de seguridad en (daN)	V	253
Fuerza vertical necesaria del apoyo con el coeficiente de seguridad en (daN)	V	304
Fuerza transversal en cada brazo del apoyo sin rotura en (daN)	T	
Fuerza transversal en cada brazo del apoyo con rotura en (daN)	T	
Fuerza transversal necesaria del apoyo sin el coeficiente de seguridad en (daN)	T	
Fuerza longitudinal en el brazo del apoyo sin rotura de conductor en (daN)	L	0
Fuerza longitudinal en el brazo del apoyo con rotura de conductor en (daN)	L	326
Fuerza longitudinal necesaria del apoyo sin el coeficiente de seguridad en (daN)	L	326
Fuerza horizontal necesaria del apoyo sin el coeficiente de seguridad en (daN) (ROTURA FASE R)	T+L	326
Fuerza horizontal necesaria del apoyo sin el coeficiente de seguridad en (daN) (ROTURA FASE S)	T+L	326
Fuerza horizontal necesaria del apoyo sin el coeficiente de seguridad en (daN) (ROTURA FASE T)	T+L	326
Fuerza de torsión necesaria del apoyo sin el coeficiente de seguridad (ROTURA FASE R)	FT	326
Fuerza de torsión necesaria del apoyo sin el coeficiente de seguridad (ROTURA FASE S)	FT	326
Fuerza de torsión necesaria del apoyo sin el coeficiente de seguridad (ROTURA FASE T)	FT	
Fuerza de torsión necesaria del apoyo y la cruceta en (daN)	FT	326
FUERZA HORIZONTAL NECESARIA EN EL CASO DE APOYOS CON O SIN CÚPULA/S DE TIERRA (ROTURA CONDUCTOR)		
Relación fuerza fase/fuerza cúpula/s		1,00
Fuerza horizontal útil necesaria del apoyo sin el coeficiente de seguridad (ROTURA FASE R)	T+L	326
Fuerza horizontal útil necesaria del apoyo sin el coeficiente de seguridad (ROTURA FASE S)	T+L	326
Fuerza horizontal útil necesaria del apoyo sin el coeficiente de seguridad (ROTURA FASE T)	T+L	326
Fuerza horizontal útil necesaria del apoyo en (daN)	T+L	326
PARA LA COMPROBACIÓN DE LA ACCIÓN COMBINADA DE LA FUERZA ÚTIL + EL MOMENTO TORSOR (R)		
Fuerza horizontal útil sin coeficiente de seguridad (ROTURA FASE R) en (daN)	T+L	326
Momento torsor (ROTURA FASE R) en (daN.m)	MT	489
Fuerza horizontal útil sin coeficiente de seguridad (ROTURA FASE S) en (daN)	T+L	326
Momento torsor (ROTURA FASE S) en (daN.m)	MT	489
Fuerza horizontal útil sin coeficiente de seguridad (ROTURA FASE T) en (daN)	T+L	326
Momento torsor (ROTURA FASE T) en (daN.m)	MT	0

De aquí se puede extraer un resumen con los datos a comprobar y se puede concluir que el apoyo escogido es correcto.

CONDICIONES QUE DEBE CUMPLIR EL APOYO CONSIDERANDO EL COEFICIENTE DE SEGURIDAD INTRODUCIDO	DATOS APOYO	CUMPLE
1ª) Fuerza vertical necesaria en (daN).	V	380
2ª) Fuerza transversal necesaria en (daN). SOLO PARA APOYOS NO SIMÉTRICOS	T	344
3ª) Fuerza longitudinal necesaria en (daN). SOLO PARA APOYOS NO SIMÉTRICOS	L	391
4ª) Fuerza horizontal necesaria en (daN).	T+L	391
5ª) Fuerza de torsión necesaria en (daN).	FT	391

➤ APOYO N°3: ANCLAJE DE ALINEACIÓN C-3.000-12-L2

Se empezará suponiendo que se emplea un apoyo C-3.000-12-L2. Se introducen los datos de este apoyo en la hoja de cálculo:

INTRODUCIR LAS TRACCIONES CORRESPONDIENTES DE LOS CONDUCTORES DE FASE DEL VANO DEL LADO IZQUIERDO		
INTRODUCIR LA TRACCIÓN EN EL VÉRTICE CON VIENTO EN (daN) A (°C)	-10	562,59
INTRODUCIR LA TRACCIÓN EN EL VÉRTICE CON HIELO EN (daN) A (°C)	-15	651,62
SEMIYANO DEL LADO IZQUIERDO EN (m)		65,00
DISTANCIA HORIZONTAL AL VÉRTICE CON VIENTO DEL LADO IZQUIERDO EN (m)	-10	43,27
DISTANCIA HORIZONTAL AL VÉRTICE CON HIELO DEL LADO IZQUIERDO EN (m)	-15	44,64
FLECHA MÁXIMA EN EL VANO DEL LADO IZQUIERDO EN (m)		2,604
INTRODUCIR LA TRACCIÓN EN EL VÉRTICE CON VIENTO A PRESIÓN MITAD EN (daN) A (°C)	-10	0,00
INTRODUCIR LAS TRACCIONES CORRESPONDIENTES DE LOS CONDUCTORES DE FASE DEL VANO DEL LADO DERECHO		
INTRODUCIR LA TRACCIÓN EN EL VÉRTICE CON VIENTO EN (daN) A (°C)	-10	563,39
INTRODUCIR LA TRACCIÓN EN EL VÉRTICE CON HIELO EN (daN) A (°C)	-15	652,70
SEMIYANO DEL LADO DERECHO EN (m)		65,00
DISTANCIA HORIZONTAL AL VÉRTICE CON VIENTO DEL LADO DERECHO EN (m)	-10	90,44
DISTANCIA HORIZONTAL AL VÉRTICE CON HIELO DEL LADO DERECHO EN (m)	-15	88,79
FLECHA MÁXIMA EN EL VANO DEL LADO DERECHO EN (m)		2,599
INTRODUCIR LA TRACCIÓN EN EL VÉRTICE CON VIENTO A PRESIÓN MITAD EN (daN) A (°C)	-10	654,34
ALTURA MÍNIMA DEL APOYO HASTA LA GRAPA DE CONEXIÓN DEL AISLADOR MÁS BAJO EN (m)		9,60

INTRODUCIR LAS COORDENADAS DE LOS PUNTOS DE AMARRE DE LOS CONDUCTORES SIN TENER EN CUENTA LOS AISLADORES			
Introducir la altura del haz de la fase R al cimiento en	10,04	Distancia del haz fase R al apoyo (m)	1,50
Introducir la altura del haz de la fase S al cimiento en	10,04	Distancia del haz fase S al apoyo (m)	-1,50
Introducir la altura del haz de la fase T al cimiento en	10,04	Distancia del haz fase T al apoyo (m)	0,00
Peso específico de cada conductor de fase en (daN/m)			0,1853
Acción del viento sobre cada conductor de fase a 120 km/h en (daN/m)			0,567
Peso específico del manguito de hielo sobre cada conductores de fase en (daN/m)			0,553
Acción del viento sobre cada conductor de fase con presión mitad a 120 km/h en (daN/m)			0,2835
Peso de cada cadena de aisladores en (daN)			0,98
Área de cada cadena de aisladores expuesta al viento en (m²)			0,040
			1,00
Altura útil del apoyo correspondiente a la fuerza horizontal que es capaz de soportar en (m)			10,04
Brazo útil del apoyo correspondiente a la fuerza de torsión que es capaz de soportar en (m)			1,50
Eolovano para el cálculo del apoyo en (m)			130,00
Gravivano para el cálculo del apoyo con viento en (m)			133,71
Gravivano para el cálculo del apoyo con hielo en (m)			133,43
Fuerza transversal del viento sobre cada conductor de fase a 120 km/h en (daN)			73,71
Fuerza transversal del viento sobre los aisladores por fase a 120 km/h en (daN)			5,60

1ª HIPÓTESIS (VIENTO)		
Fuerza vertical (cargas permanentes de los conductores y aisladores) en esta hipótesis en (daN)		80
Fuerza transversal del viento sobre cada conductor de fase a 120 km/h en (daN)		74
Fuerza transversal del viento sobre el apoyo y cruceta a 120 km/h en (daN)		
Fuerza transversal del viento sobre las cadenas de aisladores por fase a 120 km/h en (daN)		6
Fuerza transversal sobre cada conductor de fase debida a la resultante de ángulo en (daN)		
Fuerza longitudinal debida al desequilibrio de tracciones sobre cada conductor de fase en (daN)		1
Momento flector respecto al empotramiento debido a las fuerzas verticales en (daN.m)		
Momento flector respecto al empotramiento debido a la resultante de ángulo en (daN.m)		
Momento flector respecto al empotramiento debido a las fuerzas transversales en (daN.m)		2389
Momento flector respecto al empotramiento debido a las fuerzas longitudinales en (daN.m)		24
Momento flector total respecto al empotramiento en (daN.m)		2389
Momento torsor respecto al eje del apoyo debido a las fuerzas longitudinales en (daN.m)		
VALORES PARA LA COMPROBACIÓN DE LAS FUERZAS NECESARIAS EN LA CRUCETA Y EL APOYO		
Fuerza vertical en cada brazo del apoyo en (daN)	V	27
Fuerza vertical sobre el apoyo sin coeficiente de seguridad en (daN)	V	80
Fuerza vertical necesaria del apoyo con el coeficiente de seguridad en (daN)	V	120
Fuerza transversal en cada brazo del apoyo en (daN)	T	85
Fuerza transversal sobre el apoyo sin coeficiente de seguridad en (daN)	T	238
Fuerza longitudinal en cada brazo del apoyo en (daN)	L	1
Fuerza longitudinal sobre el apoyo sin el coeficiente de seguridad en (daN)	L	2
Fuerza de torsión sobre el apoyo sin el coeficiente de seguridad en (daN)	FT	
Fuerza de torsión necesaria del apoyo con el coeficiente de seguridad en (daN)	FT	
FUERZA HORIZONTAL NECESARIA EN EL CASO DE APOYOS SIN CÚPULA/S DE TIERRA		
Fuerza horizontal necesaria del apoyo sin el coeficiente de seguridad en (daN)	T+L	240
Fuerza horizontal necesaria del apoyo con el coeficiente de seguridad en (daN)	T+L	360
Fuerza horizontal útil sin coeficiente de seguridad en (daN)	T+L	240
Momento torsor en (daN.m)	MT	0

2ª HIPÓTESIS (HIELO)		
Fuerza vertical (cargas permanentes de los conductores y aisladores) en esta hipótesis en (daN)		302
Fuerza transversal sobre cada conductor de fase debida a la resultante de ángulo en (daN)		
Fuerza longitudinal debida al desequilibrio de tracciones sobre cada conductor de fase en (daN)		1
Momento flector respecto al empotramiento debido a las fuerzas verticales en (daN.m)		
Momento flector respecto al empotramiento debido a las fuerzas transversales en (daN.m)		
Momento flector respecto al empotramiento debido a las fuerzas longitudinales en (daN.m)		33
Momento flector total respecto al empotramiento en (daN.m)		33
Momento torsor respecto al eje del apogo debido a las fuerzas longitudinales en (daN.m)		
Fuerza vertical en cada brazo del apogo en (daN)	V	101
Fuerza vertical necesaria del apogo sin el coeficiente de seguridad en (daN)	V	302
Fuerza vertical necesaria del apogo con el coeficiente de seguridad en (daN)	V	452
Fuerza transversal en cada brazo del apogo en (daN)	T	
	T	
Fuerza transversal necesaria del apogo sin el coeficiente de seguridad en (daN)	T	
Fuerza longitudinal en cada brazo del apogo en (daN)	L	1
	L	
Fuerza longitudinal necesaria del apogo sin el coeficiente de seguridad en (daN)	L	3
Fuerza horizontal necesaria del apogo sin el coeficiente de seguridad en (daN)	T+L	3
Fuerza horizontal necesaria del apogo con el coeficiente de seguridad en (daN)	T+L	5
Fuerza de torsión necesaria del apogo sin el coeficiente de seguridad en (daN)	FT	
Fuerza de torsión necesaria del apogo con el coeficiente de seguridad en (daN)	FT	
FUERZAS NECESARIAS (2ª HIPÓTESIS)		
Fuerza vertical necesaria del apogo sin el coeficiente de seguridad en (daN)	V	302
Fuerza transversal necesaria del apogo sin el coeficiente de seguridad en (daN)	T	
Fuerza longitudinal necesaria del apogo sin el coeficiente de seguridad en (daN)	L	3
Fuerza de torsión necesaria del apogo sin el coeficiente de seguridad en (daN)	FT	
Fuerza de torsión necesaria del apogo sin el coeficiente de seguridad en (daN)	FT	
FUERZA HORIZONTAL NECESARIA EN EL CASO DE APOYOS SIN CÚPULA/S DE TIERRA		
Fuerza horizontal necesaria del apogo sin el coeficiente de seguridad en (daN)	T+L	3
Fuerza horizontal necesaria del apogo con el coeficiente de seguridad en (daN)	T+L	5
VALORES PARA LA COMPROBACIÓN DE LA ACCIÓN COMBINADA DE LA FUERZA ÚTIL + EL MOMENTO TORSOR (HIELO)		
Fuerza horizontal útil sin coeficiente de seguridad en (daN)	T+L	3
Momento torsor en (daN.m)	MT	0

3ª HIPÓTESIS (DESEQUILIBRIO DE TRACCIONES)		
Fuerza vertical (cargas permanentes de los conductores y aisladores) en esta hipótesis en (daN)		302
Fuerza transversal sobre cada conductor de fase debida a la resultante de ángulo en (daN)		
Fuerza transversal adicional sobre cada conductor de fase debida al desequilibrio en (daN)		
Fuerza longitudinal debida al desequilibrio de tracciones sobre cada conductor de fase en (daN)		327
Momento flector respecto al empotramiento debido a las fuerzas verticales en (daN.m)		
Momento flector respecto al empotramiento debido a las fuerzas transversales en (daN.m)		
Momento flector respecto al empotramiento debido a las fuerzas longitudinales en (daN.m)		9862
Momento flector total respecto al empotramiento en (daN.m)		9862
Momento torsor respecto al eje del apogo debido a las fuerzas longitudinales en (daN.m)		
VALORES PARA LA COMPROBACIÓN DE LAS FUERZAS NECESARIAS EN LA CRUCETA Y EL APOYO		
Fuerza vertical en cada brazo del apogo en (daN)	V	101
Fuerza vertical necesaria del apogo sin coeficiente de seguridad en (daN)	V	302
Fuerza vertical necesaria del apogo con el coeficiente de seguridad en (daN)	V	362
Fuerza transversal en cada brazo del apogo en (daN)	T	
Fuerza transversal necesaria del apogo sin el coeficiente de seguridad en (daN)	T	
Fuerza longitudinal en cada brazo del apogo en (daN)	L	327
Fuerza longitudinal necesaria del apogo sin el coeficiente de seguridad en (daN)	L	982
Fuerza de torsión necesaria del apogo sin el coeficiente de seguridad en (daN)	FT	
Fuerza de torsión necesaria del apogo con el coeficiente de seguridad en (daN)	FT	
FUERZA HORIZONTAL NECESARIA EN EL CASO DE APOYOS SIN CÚPULA/S DE TIERRA		
Fuerza horizontal necesaria del apogo sin el coeficiente de seguridad en (daN)	T+L	982
Fuerza horizontal necesaria del apogo con el coeficiente de seguridad en (daN)	T+L	1179
VALORES PARA LA COMPROBACIÓN DE LA ACCIÓN COMBINADA DE LA FUERZA ÚTIL + EL MOMENTO TORSOR		
Fuerza horizontal útil sin coeficiente de seguridad en (daN)	T+L	982
Momento torsor en (daN.m)	MT	

4ª HIPÓTESIS (ROTURA DE CONDUCTORES)	
Fuerza vertical (cargas permanentes de los conductores y aisladores) en esta hipótesis en (daN)	302
Fuerza transversal debida a la resultante de ángulo por cada conductor de fase en (daN)	
Fuerza transversal adicional en una haz de fase por rotura de conductores en el mismo en (daN)	
Fuerza longitudinal debida al desequilibrio de tracciones sobre cada conductor de fase en (daN)	1
Fuerza longitudinal adicional en un haz de fase por rotura de conductores en el mismo (daN)	653
Momento flector respecto al empotramiento debido a las fuerzas verticales en (daN.m)	
Momento flector respecto al empotramiento de fuerzas transversales (rotura de conductores en la fase R) en (daN.m)	
Momento flector respecto al empotramiento de fuerzas transversales (rotura de conductores en la fase S) en (daN.m)	
Momento flector respecto al empotramiento de fuerzas transversales (rotura de conductores en la fase T) en (daN.m)	
Momento flector respecto al empotramiento de fuerzas longitudinales (rotura de conductores en fase R) en (daN.m)	6586
Momento flector respecto al empotramiento de fuerzas longitudinales (rotura de conductores en fase S) en (daN.m)	6586
Momento flector respecto al empotramiento de fuerzas longitudinales (rotura de conductores en fase T) en (daN.m)	6586
Momento flector total máximo respecto al empotramiento en (daN.m)	6586
Momento torsor respecto al eje del apogo debido a la rotura de conductores en la fase R en (daN.m)	979
Momento torsor respecto al eje del apogo debido a la rotura de conductores en la fase S en (daN.m)	979
Momento torsor respecto al eje del apogo debido a la rotura de conductores en la fase T en (daN.m)	
Momento torsor máximo respecto al eje del apogo debido a la rotura de conductores de fase en (daN.m)	979

VALORES PARA LA COMPROBACIÓN DE LAS FUERZAS NECESARIAS EN LA CRUCETA Y EL APOYO		
Fuerza vertical en cada brazo del apogo en (daN)	Y	101
Fuerza vertical necesaria del apogo sin coeficiente de seguridad en (daN)	Y	302
Fuerza vertical necesaria del apogo con el coeficiente de seguridad en (daN)	Y	362
Fuerza transversal en cada brazo del apogo sin rotura en (daN)	T	
Fuerza transversal en cada brazo del apogo con rotura en (daN)	T	
Fuerza transversal necesaria del apogo sin el coeficiente de seguridad en (daN)	T	
Fuerza longitudinal en el brazo del apogo sin rotura de conductor en (daN)	L	1
Fuerza longitudinal en el brazo del apogo con rotura de conductor en (daN)	L	653
Fuerza longitudinal necesaria del apogo sin el coeficiente de seguridad en (daN)	L	656
Fuerza horizontal necesaria del apogo sin el coeficiente de seguridad en (daN) (ROTURA FASE R) en (daN)	T+L	656
Fuerza horizontal necesaria del apogo sin el coeficiente de seguridad en (daN) (ROTURA FASE S) en (daN)	T+L	656
Fuerza horizontal necesaria del apogo sin el coeficiente de seguridad en (daN) (ROTURA FASE T) en (daN)	T+L	656
Fuerza de torsión necesaria del apogo sin el coeficiente de seguridad (ROTURA FASE R) en (daN)	FT	653
Fuerza de torsión necesaria del apogo sin el coeficiente de seguridad (ROTURA FASE S) en (daN)	FT	653
Fuerza de torsión necesaria del apogo sin el coeficiente de seguridad (ROTURA FASE T) en (daN)	FT	
Fuerza de torsión necesaria del apogo y la cruceta en (daN)	FT	653
LA FUERZA HORIZONTAL NECESARIA EN EL CASO DE APOYOS CON O SIN CÚPULA/S DE TIERRA (ROTURA CONDUCTORES DE FASE)		
Relación fuerza fase/fuerza cúpula/s		1,00
Fuerza horizontal útil necesaria del apogo sin el coeficiente de seguridad (ROTURA FASE R) en (daN)	T+L	656
Fuerza horizontal útil necesaria del apogo sin el coeficiente de seguridad (ROTURA FASE S) en (daN)	T+L	656
Fuerza horizontal útil necesaria del apogo sin el coeficiente de seguridad (ROTURA FASE T) en (daN)	T+L	656
Fuerza horizontal útil necesaria del apogo en (daN)	T+L	656
VALORES PARA LA COMPROBACIÓN DE LA ACCIÓN COMBINADA DE LA FUERZA ÚTIL + EL MOMENTO TORSOR (R. C. FA)		
Fuerza horizontal útil sin coeficiente de seguridad (ROTURA FASE R) en (daN)	T+L	656
Momento torsor (ROTURA FASE R) en (daN.m)	MT	979
Fuerza horizontal útil sin coeficiente de seguridad (ROTURA FASE S) en (daN)	T+L	656
Momento torsor (ROTURA FASE S) en (daN.m)	MT	979
Fuerza horizontal útil sin coeficiente de seguridad (ROTURA FASE T) en (daN)	T+L	656
Momento torsor (ROTURA FASE T) en (daN.m)	MT	0

De aquí se puede extraer un resumen con los datos a comprobar y se puede concluir que el apoyo escogido es correcto.

CONDICIONES QUE DEBE CUMPLIR EL APOYO CONSIDERANDO EL COEFICIENTE DE SEGURIDAD INTRODUCIDO	DATOS APOYO	¿CUMPLE?
1ª) Fuerza vertical necesaria en (daN).	Y 452	800 CUMPLE
2ª) Fuerza transversal necesaria en (daN). SOLO PARA APOYOS NO SIMÉTRICOS	T 357	
3ª) Fuerza longitudinal necesaria en (daN). SOLO PARA APOYOS NO SIMÉTRICOS	L 1179	4031 CUMPLE
4ª) Fuerza horizontal necesaria en (daN).	T+L 1179	3233 CUMPLE
5ª) Fuerza de torsión necesaria en (daN).	FT 783	1398 CUMPLE

➤ APOYO N°4: SUSPENSIÓN DE ALINEACIÓN C-3.000-12-B1

El apoyo escogido para realizar los cálculos es el C-3.000-12-B1. Se procede de la misma manera que para el apoyo anterior.

INTRODUCIR LAS TRACCIONES CORRESPONDIENTES DE LOS CONDUCTORES DE FASE DEL VANO DEL LADO IZQUIERDO		
INTRODUCIR LA TRACCIÓN EN EL VÉRTICE CON VIENTO EN (daN) A (°C)	-10	563,39
INTRODUCIR LA TRACCIÓN EN EL VÉRTICE CON HIELO EN (daN) A (°C)	-15	652,70
SEMIYANO DEL LADO IZQUIERDO EN (m)		65,00
DISTANCIA HORIZONTAL AL VÉRTICE CON VIENTO DEL LADO IZQUIERDO EN (m)	-10	39,60
DISTANCIA HORIZONTAL AL VÉRTICE CON HIELO DEL LADO IZQUIERDO EN (m)	-15	41,21
FLECHA MÁXIMA EN EL VANO DEL LADO IZQUIERDO EN (m)		2,599
INTRODUCIR LA TRACCIÓN EN EL VÉRTICE CON VIENTO A PRESIÓN MITAD EN (daN) A (°C)	-10	0,00
INTRODUCIR LAS TRACCIONES CORRESPONDIENTES DE LOS CONDUCTORES DE FASE DEL VANO DEL LADO DERECHO		
INTRODUCIR LA TRACCIÓN EN EL VÉRTICE CON VIENTO EN (daN) A (°C)	-10	563,39
INTRODUCIR LA TRACCIÓN EN EL VÉRTICE CON HIELO EN (daN) A (°C)	-15	652,70
SEMIYANO DEL LADO DERECHO EN (m)		65,00
DISTANCIA HORIZONTAL AL VÉRTICE CON VIENTO DEL LADO DERECHO EN (m)	-10	75,90
DISTANCIA HORIZONTAL AL VÉRTICE CON HIELO DEL LADO DERECHO EN (m)	-15	75,20
FLECHA MÁXIMA EN EL VANO DEL LADO DERECHO EN (m)		2,599
INTRODUCIR LA TRACCIÓN EN EL VÉRTICE CON VIENTO A PRESIÓN MITAD EN (daN) A (°C)	-10	0,00
ALTURA MÍNIMA DEL APOYO HASTA LA GRAPA DE CONEXIÓN DEL AISLADOR MÁS BAJO EN (m)		9,60

INTRODUCIR LAS COORDENADAS DE LOS PUNTOS DE AMARRE DE LOS CONDUCTORES SIN TENER EN CUENTA LOS AISLADOS			
Introducir la altura del haz de la fase R al cimiento en	10,74	Distancia del haz fase R al apoyo (m)	1,50
Introducir la altura del haz de la fase S al cimiento en	10,74	Distancia del haz fase S al apoyo (m)	-1,50
Introducir la altura del haz de la fase T al cimiento en	11,04	Distancia del haz fase T al apoyo (m)	0,00
Peso específico de cada conductor de fase en (daN/m)			0,1853
Acción del viento sobre cada conductor de fase a 120 km/h en (daN/m)			0,567
Peso específico del manguito de hielo sobre cada conductores de fase en (daN/m)			0,553
Acción del viento sobre cada conductor de fase con presión mitad a 120 km/h en (daN/m)			0,2835
Peso de cada cadena de aisladores en (daN)			0,98
Área de cada cadena de aisladores expuesta al viento en (m^2)			0,040
Longitud de la cadena de suspensión en (m)			1,00
Altura útil del apoyo correspondiente a la fuerza horizontal que es capaz de soportar en (m)			10,74
Brazo útil del apoyo correspondiente a la fuerza de torsión que es capaz de soportar en (m)			1,50
Eolovano para el cálculo del apoyo en (m)			130,00
Gravivano para el cálculo del apoyo con viento en (m)			115,50
Gravivano para el cálculo del apoyo con hielo en (m)			116,41
Fuerza transversal del viento sobre cada conductor de fase a 120 km/h en (daN)			73,71
Fuerza transversal del viento sobre los aisladores por fase a 120 km/h en (daN)			2,80

1ª HIPÓTESIS (VIENTO)		
Fuerza vertical (cargas permanentes de los conductores y aisladores) en esta hipótesis en (daN)		67
Fuerza transversal del viento sobre cada conductor de fase a 120 km/h en (daN)		74
Fuerza transversal del viento sobre el apoyo y cruceta a 120 km/h en (daN)		
Fuerza transversal del viento sobre las cadenas de aisladores por fase a 120 km/h en (daN)		3
Fuerza transversal sobre cada conductor de fase debida a la resultante de ángulo en (daN)		
Fuerza longitudinal debida al desequilibrio de tracciones sobre cada conductor de fase en (daN)		
Momento flector respecto al empotramiento debido a las fuerzas verticales en (daN.m)		
Momento flector respecto al empotramiento debido a la resultante de ángulo en (daN.m)		
Momento flector respecto al empotramiento debido a las fuerzas transversales en (daN.m)		2465
Momento flector respecto al empotramiento debido a las fuerzas longitudinales en (daN.m)		
Momento flector total respecto al empotramiento en (daN.m)		2465
Momento torsor respecto al eje del apoyo debido a las fuerzas longitudinales en (daN.m)		
VALORES PARA LA COMPROBACIÓN DE LAS FUERZAS NECESARIAS EN LA CRUCETA Y EL APOYO		
Fuerza vertical en cada brazo del apoyo en (daN)	V	22
Fuerza vertical sobre el apoyo sin coeficiente de seguridad en (daN)	V	67
Fuerza vertical necesaria del apoyo con el coeficiente de seguridad en (daN)	V	101
Fuerza transversal en cada brazo del apoyo en (daN)	T	77
Fuerza transversal sobre el apoyo sin coeficiente de seguridad en (daN)	T	230
Fuerza longitudinal en cada brazo del apoyo en (daN)	L	
Fuerza longitudinal sobre el apoyo sin el coeficiente de seguridad en (daN)	L	
Fuerza de torsión sobre el apoyo sin el coeficiente de seguridad en (daN)	FT	
Fuerza de torsión necesaria del apoyo con el coeficiente de seguridad en (daN)	FT	
FUERZA HORIZONTAL NECESARIA EN EL CASO DE APOYOS SIN CÚPULA/S DE TIERRA		
Fuerza horizontal necesaria del apoyo sin el coeficiente de seguridad en (daN)	T+L	230
Fuerza horizontal necesaria del apoyo con el coeficiente de seguridad en (daN)	T+L	344
Fuerza horizontal útil sin coeficiente de seguridad en (daN)	T+L	230
Momento torsor en (daN.m)	MT	0

2ª HIPÓTESIS (HIELO)		
Fuerza vertical (cargas permanentes de los conductores y aisladores) en esta hipótesis en (daN)		261
Fuerza transversal sobre cada conductor de fase debida a la resultante de ángulo en (daN)		
Fuerza longitudinal debida al desequilibrio de tracciones sobre cada conductor de fase en (daN)		
Momento flector respecto al empotramiento debido a las fuerzas verticales en (daN.m)		
Momento flector respecto al empotramiento debido a las fuerzas transversales en (daN.m)		
Momento flector respecto al empotramiento debido a las fuerzas longitudinales en (daN.m)		
Momento flector total respecto al empotramiento en (daN.m)		
Momento torsor respecto al eje del apogo debido a las fuerzas longitudinales en (daN.m)		
Fuerza vertical en cada brazo del apogo en (daN)	V	87
Fuerza vertical necesaria del apogo sin el coeficiente de seguridad en (daN)	V	261
Fuerza vertical necesaria del apogo con el coeficiente de seguridad en (daN)	V	391
Fuerza transversal en cada brazo del apogo en (daN)	T	
	T	
Fuerza transversal necesaria del apogo sin el coeficiente de seguridad en (daN)	T	
Fuerza longitudinal en cada brazo del apogo en (daN)	L	
	L	
Fuerza longitudinal necesaria del apogo sin el coeficiente de seguridad en (daN)	L	
Fuerza horizontal necesaria del apogo sin el coeficiente de seguridad en (daN)	T+L	
Fuerza horizontal necesaria del apogo con el coeficiente de seguridad en (daN)	T+L	
Fuerza de torsión necesaria del apogo sin el coeficiente de seguridad en (daN)	FT	
Fuerza de torsión necesaria del apogo con el coeficiente de seguridad en (daN)	FT	
FUERZAS NECESARIAS (2ª HIPÓTESIS)		
Fuerza vertical necesaria del apogo sin el coeficiente de seguridad en (daN)	V	261
Fuerza transversal necesaria del apogo sin el coeficiente de seguridad en (daN)	T	
Fuerza longitudinal necesaria del apogo sin el coeficiente de seguridad en (daN)	L	
Fuerza de torsión necesaria del apogo sin el coeficiente de seguridad en (daN)	FT	
Fuerza de torsión necesaria del apogo sin el coeficiente de seguridad en (daN)	FT	
FUERZA HORIZONTAL NECESARIA EN EL CASO DE APOYOS SIN CÚPULA/S DE TIERRA		
Fuerza horizontal necesaria del apogo sin el coeficiente de seguridad en (daN)	T+L	
Fuerza horizontal necesaria del apogo con el coeficiente de seguridad en (daN)	T+L	
VALORES PARA LA COMPROBACIÓN DE LA ACCIÓN COMBINADA DE LA FUERZA ÚTIL + EL MOMENTO TORSOR (HIELO)		
Fuerza horizontal útil sin coeficiente de seguridad en (daN)	T+L	0
Momento torsor en (daN.m)	MT	0

3ª HIPÓTESIS (DESEQUILIBRIO DE TRACCIONES)		
Fuerza vertical (cargas permanentes de los conductores y aisladores) en esta hipótesis en (daN)		261
Fuerza transversal sobre cada conductor de fase debida a la resultante de ángulo en (daN)		
Fuerza transversal adicional sobre cada conductor de fase debida al desequilibrio en (daN)		
Fuerza transversal adicional sobre cada conductor de tierra debida al desequilibrio en (daN)		
Fuerza longitudinal debida al desequilibrio de tracciones sobre cada conductor de fase en (daN)		52
Momento flector respecto al empotramiento debido a las fuerzas verticales en (daN.m)		
Momento flector respecto al empotramiento debido a las fuerzas transversales en (daN.m)		
Momento flector respecto al empotramiento debido a las fuerzas longitudinales en (daN.m)		1682
Momento flector total respecto al empotramiento en (daN.m)		1682
Momento torsor respecto al eje del apogo debido a las fuerzas longitudinales en (daN.m)		
VALORES PARA LA COMPROBACIÓN DE LAS FUERZAS NECESARIAS EN LA CRUCETA Y EL APOYO		
Fuerza vertical en cada brazo del apogo en (daN)	V	87
Fuerza vertical necesaria del apogo sin coeficiente de seguridad en (daN)	V	261
Fuerza vertical necesaria del apogo con el coeficiente de seguridad en (daN)	V	313
Fuerza transversal en cada brazo del apogo en (daN)	T	
Fuerza transversal necesaria del apogo sin el coeficiente de seguridad en (daN)	T	
Fuerza longitudinal en cada brazo del apogo en (daN)	L	52
Fuerza longitudinal necesaria del apogo sin el coeficiente de seguridad en (daN)	L	157
Fuerza de torsión necesaria del apogo sin el coeficiente de seguridad en (daN)	FT	
Fuerza de torsión necesaria del apogo con el coeficiente de seguridad en (daN)	FT	
FUERZA HORIZONTAL NECESARIA EN EL CASO DE APOYOS SIN CÚPULA/S DE TIERRA		
Fuerza horizontal necesaria del apogo sin el coeficiente de seguridad en (daN)	T+L	157
Fuerza horizontal necesaria del apogo con el coeficiente de seguridad en (daN)	T+L	188
VALORES PARA LA COMPROBACIÓN DE LA ACCIÓN COMBINADA DE LA FUERZA ÚTIL + EL MOMENTO TORSOR		
Fuerza horizontal útil sin coeficiente de seguridad en (daN)	T+L	157
Momento torsor en (daN.m)	MT	

4ª HIPÓTESIS (ROTURA DE CONDUCTORES)	
Fuerza vertical (cargas permanentes de los conductores y aisladores) en esta hipótesis en (daN)	261
Fuerza transversal debida a la resultante de ángulo por cada conductor de fase en (daN)	
Fuerza transversal adicional en una haz de fase por rotura de conductores en el mismo en (daN)	
Fuerza longitudinal debida al desequilibrio de tracciones sobre cada conductor de fase en (daN)	
Fuerza longitudinal adicional en un haz de fase por rotura de conductores en el mismo (daN)	326
Momento flector respecto al empotramiento debido a las fuerzas verticales en (daN.m)	
Momento flector respecto al empotramiento de fuerzas transversales (rotura de conductores en la fase R) en (daN.m)	
Momento flector respecto al empotramiento de fuerzas transversales (rotura de conductores en la fase S) en (daN.m)	
Momento flector respecto al empotramiento de fuerzas transversales (rotura de conductores en la fase T) en (daN.m)	
Momento flector respecto al empotramiento de fuerzas longitudinales (rotura de conductores en fase R) en (daN.m)	3505
Momento flector respecto al empotramiento de fuerzas longitudinales (rotura de conductores en fase S) en (daN.m)	3505
Momento flector respecto al empotramiento de fuerzas longitudinales (rotura de conductores en fase T) en (daN.m)	3505
Momento flector total máximo respecto al empotramiento en (daN.m)	3505
Momento torsor respecto al eje del apogo debido a la rotura de conductores en la fase R en (daN.m)	490
Momento torsor respecto al eje del apogo debido a la rotura de conductores en la fase S en (daN.m)	490
Momento torsor respecto al eje del apogo debido a la rotura de conductores en la fase T en (daN.m)	
Momento torsor máximo respecto al eje del apogo debido a la rotura de conductores de fase en (daN.m)	490

VALORES PARA LA COMPROBACIÓN DE LAS FUERZAS NECESARIAS EN LA CRUCETA Y EL APOYO		
Fuerza vertical en cada brazo del apogo en (daN)	V	87
Fuerza vertical necesaria del apogo sin coeficiente de seguridad en (daN)	V	261
Fuerza vertical necesaria del apogo con el coeficiente de seguridad en (daN)	V	313
Fuerza transversal en cada brazo del apogo sin rotura en (daN)	T	
Fuerza transversal en cada brazo del apogo con rotura en (daN)	T	
Fuerza transversal necesaria del apogo sin el coeficiente de seguridad en (daN)	T	
Fuerza longitudinal en el brazo del apogo sin rotura de conductor en (daN)	L	
Fuerza longitudinal en el brazo del apogo con rotura de conductor en (daN)	L	326
Fuerza longitudinal necesaria del apogo sin el coeficiente de seguridad en (daN)	L	326
Fuerza horizontal necesaria del apogo sin el coeficiente de seguridad en (daN) (ROTURA FASE R) en (daN)	T+L	326
Fuerza horizontal necesaria del apogo sin el coeficiente de seguridad en (daN) (ROTURA FASE S) en (daN)	T+L	326
Fuerza horizontal necesaria del apogo sin el coeficiente de seguridad en (daN) (ROTURA FASE T) en (daN)	T+L	326
Fuerza de torsión necesaria del apogo sin el coeficiente de seguridad (ROTURA FASE R) en (daN)	FT	326
Fuerza de torsión necesaria del apogo sin el coeficiente de seguridad (ROTURA FASE S) en (daN)	FT	326
Fuerza de torsión necesaria del apogo sin el coeficiente de seguridad (ROTURA FASE T) en (daN)	FT	
Fuerza de torsión necesaria del apogo y la cruceta en (daN)	FT	326
LA FUERZA HORIZONTAL NECESARIA EN EL CASO DE APOYOS CON O SIN CÚPULA/S DE TIERRA (ROTURA CONDUCTORES DE TIERRA)		
Relación fuerza fase/fuerza cúpula/s		1,00
Fuerza horizontal útil necesaria del apogo sin el coeficiente de seguridad (ROTURA FASE R) en (daN)	T+L	326
Fuerza horizontal útil necesaria del apogo sin el coeficiente de seguridad (ROTURA FASE S) en (daN)	T+L	326
Fuerza horizontal útil necesaria del apogo sin el coeficiente de seguridad (ROTURA FASE T) en (daN)	T+L	326
Fuerza horizontal útil necesaria del apogo en (daN)	T+L	326
VALORES PARA LA COMPROBACIÓN DE LA ACCIÓN COMBINADA DE LA FUERZA ÚTIL + EL MOMENTO TORSOR (R. C. FASE)		
Fuerza horizontal útil sin coeficiente de seguridad (ROTURA FASE R) en (daN)	T+L	326
Momento torsor (ROTURA FASE R) en (daN.m)	MT	490
Fuerza horizontal útil sin coeficiente de seguridad (ROTURA FASE S) en (daN)	T+L	326
Momento torsor (ROTURA FASE S) en (daN.m)	MT	490
Fuerza horizontal útil sin coeficiente de seguridad (ROTURA FASE T) en (daN)	T+L	326
Momento torsor (ROTURA FASE T) en (daN.m)	MT	0

De aquí se puede extraer un resumen con los datos a comprobar y se puede concluir que el apoyo escogido es correcto.

CONDICIONES QUE DEBE CUMPLIR EL APOYO CONSIDERANDO EL COEFICIENTE DE SEGURIDAD INTRODUCIDO	DATOS APOYO	¿CUMPLE?
1ª) Fuerza vertical necesaria en (daN).	391	800 CUMPLE
2ª) Fuerza transversal necesaria en (daN). SOLO PARA APOYOS NO SIMÉTRICOS	344	
3ª) Fuerza longitudinal necesaria en (daN). SOLO PARA APOYOS NO SIMÉTRICOS	392	4031 CUMPLE
4ª) Fuerza horizontal necesaria en (daN).	392	3233 CUMPLE
5ª) Fuerza de torsión necesaria en (daN).	392	1398 CUMPLE

➤ APOYO N°5: FIN DE LÍNEA C-3.000-12-L2

Se empezará suponiendo que se emplea un apoyo C-3.000-12-L2. Es similar al primer apoyo:

INTRODUCIR LAS TRACCIONES CORRESPONDIENTES DE LOS CONDUCTORES DE FASE DEL VANO DEL LADO IZQUIERDO			
INTRODUCIR LA TRACCIÓN EN EL VÉRTICE CON VIENTO EN (daN) A (°C)	-10	563,39	
INTRODUCIR LA TRACCIÓN EN EL VÉRTICE CON HIELO EN (daN) A (°C)	-15	652,70	
SEMIVANO DEL LADO IZQUIERDO EN (m)		65,00	
DISTANCIA HORIZONTAL AL VÉRTICE CON VIENTO DEL LADO IZQUIERDO EN (m)	-10	54,11	
DISTANCIA HORIZONTAL AL VÉRTICE CON HIELO DEL LADO IZQUIERDO EN (m)	-15	54,80	
FLECHA MÁXIMA EN EL VANO DEL LADO IZQUIERDO EN (m)		2,599	
INTRODUCIR LA TRACCIÓN EN EL VÉRTICE CON VIENTO A PRESIÓN MITAD EN (daN) A (°C)	-10	0,00	
INTRODUCIR LAS TRACCIONES CORRESPONDIENTES DE LOS CONDUCTORES DE FASE DEL VANO DEL LADO DERECHO			
INTRODUCIR LA TRACCIÓN EN EL VÉRTICE CON VIENTO EN (daN) A (°C)	-10	0,00	
INTRODUCIR LA TRACCIÓN EN EL VÉRTICE CON HIELO EN (daN) A (°C)	-15	0,00	
SEMIVANO DEL LADO DERECHO EN (m)		0,00	
DISTANCIA HORIZONTAL AL VÉRTICE CON VIENTO DEL LADO DERECHO EN (m)	-10	0,00	
DISTANCIA HORIZONTAL AL VÉRTICE CON HIELO DEL LADO DERECHO EN (m)	-15	0,00	
FLECHA MÁXIMA EN EL VANO DEL LADO DERECHO EN (m)		0,000	
INTRODUCIR LA TRACCIÓN EN EL VÉRTICE CON VIENTO A PRESIÓN MITAD EN (daN) A (°C)	-10	0,00	
ALTURA MÍNIMA DEL APOYO HASTA LA GRAPA DE CONEXIÓN DEL AISLADOR MÁS BAJO EN (m)		9,60	
INTRODUCIR LAS COORDENADAS DE LOS PUNTOS DE AMARRE DE LOS CONDUCTORES SIN TENER EN CUENTA LOS AISLADORES			
Introducir la altura del haz de la fase R al cimiento en (m)	10,04	Distancia del haz fase R al apoyo (m)	1,50
Introducir la altura del haz de la fase S al cimiento en (m)	10,04	Distancia del haz fase S al apoyo (m)	-1,50
Introducir la altura del haz de la fase T al cimiento en (m)	10,04	Distancia del haz fase T al apoyo (m)	0,00
Peso específico de cada conductor de fase en (daN/m)			0,1853
Acción del viento sobre cada conductor de fase a 120 km/h en (daN/m)			0,567
Peso específico del manguito de hielo sobre cada conductores de fase en (daN/m)			0,553
Acción del viento sobre cada conductor de fase con presión mitad a 120 km/h en (daN/m)			0,2835
Peso de cada cadena de aisladores en (daN)			0,98
Área de cada cadena de aisladores expuesta al viento en (m ²)			0,040
Altura útil del apoyo correspondiente a la fuerza horizontal que es capaz de soportar en (m)			10,04
Brazo útil del apoyo correspondiente a la fuerza de torsión que es capaz de soportar en (m)			1,50
Eolovano para el cálculo del apoyo en (m)			65,00
Gravivano para el cálculo del apoyo con viento en (m)			54,11
Gravivano para el cálculo del apoyo con hielo en (m)			54,80
Fuerza transversal del viento sobre cada conductor de fase a 120 km/h en (daN)			36,86
Fuerza transversal del viento sobre el apoyo y cruceta a 120 km/h en (daN)			
Fuerza transversal del viento sobre los aisladores por fase a 120 km/h en (daN)			5,60
Fuerza transversal del viento sobre los aisladores con presión mitad a 120 km/h en (daN)			1,40

1ª HIPÓTESIS (VIENTO)		
Fuerza vertical (cargas permanentes de los conductores y aisladores) en esta hipótesis en (daN)		33
Fuerza transversal del viento sobre cada conductor de fase a 120 km/h en (daN)		37
Fuerza transversal del viento sobre las cadenas de aisladores por fase a 120 km/h en (daN)		6
Fuerza longitudinal debida al desequilibrio de tracciones sobre cada conductor de fase en (daN)		563
Momento flector respecto al empotramiento debido a la resultante de ángulo en (daN.m)		
Momento flector respecto al empotramiento debido a las fuerzas transversales en (daN.m)		1279
Momento flector respecto al empotramiento debido a las fuerzas longitudinales en (daN.m)		16969
Momento flector total respecto al empotramiento en (daN.m)		17017
Momento torsor respecto al eje del apoyo debido a las fuerzas longitudinales en (daN.m)		
VALORES PARA LA COMPROBACIÓN DE LAS FUERZAS NECESARIAS EN LA CRUCETA Y EL APOYO		
Fuerza vertical en cada brazo del apoyo en (daN)	V	11
Fuerza vertical sobre el apoyo sin coeficiente de seguridad en (daN)	V	33
Fuerza vertical necesaria del apoyo con el coeficiente de seguridad en (daN)	V	50
Fuerza transversal en cada brazo del apoyo en (daN)	T	42
Fuerza transversal sobre el apoyo sin coeficiente de seguridad en (daN)	T	127
Fuerza longitudinal en cada brazo del apoyo en (daN)	L	563
Fuerza longitudinal sobre el apoyo sin el coeficiente de seguridad en (daN)	L	1690
Fuerza de torsión sobre el apoyo sin el coeficiente de seguridad en (daN)	FT	
Fuerza de torsión necesaria del apoyo con el coeficiente de seguridad en (daN)	FT	
FUERZA HORIZONTAL NECESARIA EN EL CASO DE APOYOS SIN CÚPULA/S DE TIERRA		
Fuerza horizontal necesaria del apoyo sin el coeficiente de seguridad en (daN)	T+L	1818
Fuerza horizontal necesaria del apoyo con el coeficiente de seguridad en (daN)	T+L	2726
Fuerza horizontal útil sin coeficiente de seguridad en (daN)	T+L	1818
Momento torsor en (daN.m)	MT	0

2ª HIPÓTESIS (HIELO)		
Fuerza vertical (cargas permanentes de los conductores y aisladores) en esta hipótesis en (daN)		124
Fuerza longitudinal debida al desequilibrio de tracciones sobre cada conductor de fase en (daN)		653
Momento flector respecto al empotramiento debido a las fuerzas verticales en (daN.m)		
Momento flector respecto al empotramiento debido a las fuerzas transversales en (daN.m)		
Momento flector respecto al empotramiento debido a las fuerzas longitudinales en (daN.m)		19659
Momento flector total respecto al empotramiento en (daN.m)		19659
Momento torsor respecto al eje del apoyo debido a las fuerzas longitudinales en (daN.m)		
Fuerza vertical en cada brazo del apoyo en (daN)	V	41
Fuerza vertical necesaria del apoyo sin el coeficiente de seguridad en (daN)	V	124
Fuerza vertical necesaria del apoyo con el coeficiente de seguridad en (daN)	V	187
Fuerza transversal en cada brazo del apoyo en (daN)	T	
Fuerza transversal necesaria del apoyo sin el coeficiente de seguridad en (daN)	T	
Fuerza longitudinal en cada brazo del apoyo en (daN)	L	653
Fuerza longitudinal necesaria del apoyo sin el coeficiente de seguridad en (daN)	L	1958
Fuerza horizontal necesaria del apoyo sin el coeficiente de seguridad en (daN)	T+L	1958
Fuerza horizontal necesaria del apoyo con el coeficiente de seguridad en (daN)	T+L	2937
Fuerza de torsión necesaria del apoyo sin el coeficiente de seguridad en (daN)	FT	
Fuerza de torsión necesaria del apoyo con el coeficiente de seguridad en (daN)	FT	
FUERZAS NECESARIAS (2ª HIPÓTESIS)		
Fuerza vertical necesaria del apoyo sin el coeficiente de seguridad en (daN)	V	124
Fuerza transversal necesaria del apoyo sin el coeficiente de seguridad en (daN)	T	
Fuerza longitudinal necesaria del apoyo sin el coeficiente de seguridad en (daN)	L	1958
Fuerza de torsión necesaria del apoyo sin el coeficiente de seguridad en (daN)	FT	
Fuerza de torsión necesaria del apoyo con el coeficiente de seguridad en (daN)	FT	
FUERZA HORIZONTAL NECESARIA EN EL CASO DE APOYOS SIN CÚPULA/S DE TIERRA		
Fuerza horizontal necesaria del apoyo sin el coeficiente de seguridad en (daN)	T+L	1958
Fuerza horizontal necesaria del apoyo con el coeficiente de seguridad en (daN)	T+L	2937
VALORES PARA LA COMPROBACIÓN DE LA ACCIÓN COMBINADA DE LA FUERZA ÚTIL + EL MOMENTO TORSOR (HIELO)		
Fuerza horizontal útil sin coeficiente de seguridad en (daN)	T+L	1958
Momento torsor en (daN.m)	MT	0

La hipótesis de desequilibrio de tracciones no aplica para este tipo de apoyo.

4ª HIPÓTESIS (ROTURA DE CONDUCTORES)		
Fuerza vertical (cargas permanentes de los conductores y aisladores) en esta hipótesis en (daN)		124
Fuerza longitudinal debida al desequilibrio de tracciones sobre cada conductor de fase en (daN)		653
Momento flector respecto al empotramiento debido a las fuerzas verticales en (daN.m)		
Momento flector respecto al empotramiento de fuerzas longitudinales (rotura de conductores en fase R) en (daN.m)		13106
Momento flector respecto al empotramiento de fuerzas longitudinales (rotura de conductores en fase S) en (daN.m)		13106
Momento flector respecto al empotramiento de fuerzas longitudinales (rotura de conductores en fase T) en (daN.m)		13106
Momento flector total máximo respecto al empotramiento en (daN.m)		13106
Momento torsor respecto al eje del apoyo debido a la rotura de conductores en la fase R en (daN.m)		979
Momento torsor respecto al eje del apoyo debido a la rotura de conductores en la fase S en (daN.m)		979
Momento torsor respecto al eje del apoyo debido a la rotura de conductores en la fase T en (daN.m)		979
Momento torsor máximo respecto al eje del apoyo debido a la rotura de conductores de fase en (daN.m)		979
VALORES PARA LA COMPROBACIÓN DE LAS FUERZAS NECESARIAS EN LA CRUCETA Y EL APOYO		
Fuerza vertical en cada brazo del apoyo en (daN)	V	41
Fuerza vertical necesaria del apoyo sin coeficiente de seguridad en (daN)	V	124
Fuerza vertical necesaria del apoyo con el coeficiente de seguridad en (daN)	V	149
Fuerza longitudinal en el brazo del apoyo sin rotura de conductor en (daN)	L	653
Fuerza horizontal necesaria del apoyo sin el coeficiente de seguridad en (daN) (ROTURA FASE R)	T+L	1305
Fuerza horizontal necesaria del apoyo sin el coeficiente de seguridad en (daN) (ROTURA FASE S)	T+L	1305
Fuerza horizontal necesaria del apoyo sin el coeficiente de seguridad en (daN) (ROTURA FASE T)	T+L	1305
Fuerza de torsión necesaria del apoyo sin el coeficiente de seguridad (ROTURA FASE R) en (daN)	FT	653
Fuerza de torsión necesaria del apoyo sin el coeficiente de seguridad (ROTURA FASE S) en (daN)	FT	653
Fuerza de torsión necesaria del apoyo sin el coeficiente de seguridad (ROTURA FASE T) en (daN)	FT	653
Fuerza de torsión necesaria del apoyo y la cruceta en (daN)	FT	653
FUERZA HORIZONTAL NECESARIA EN EL CASO DE APOYOS CON O SIN CÚPULA/S DE TIERRA (ROTURA CONDUCTORES)		
Fuerza horizontal útil necesaria del apoyo sin el coeficiente de seguridad (ROTURA FASE R)	T+L	1305
Fuerza horizontal útil necesaria del apoyo sin el coeficiente de seguridad (ROTURA FASE S)	T+L	1305
Fuerza horizontal útil necesaria del apoyo sin el coeficiente de seguridad (ROTURA FASE T)	T+L	1305
Fuerza horizontal útil necesaria del apoyo en (daN)	T+L	1305
VALORES PARA LA COMPROBACIÓN DE LA ACCIÓN COMBINADA DE LA FUERZA ÚTIL + EL MOMENTO TORSOR (ROTURA CONDUCTORES)		
Fuerza horizontal útil sin coeficiente de seguridad (ROTURA FASE R) en (daN)	T+L	1305
Momento torsor (ROTURA FASE R) en (daN.m)	MT	979
Fuerza horizontal útil sin coeficiente de seguridad (ROTURA FASE S) en (daN)	T+L	1305
Momento torsor (ROTURA FASE S) en (daN.m)	MT	979
Fuerza horizontal útil sin coeficiente de seguridad (ROTURA FASE T) en (daN)	T+L	1305
Momento torsor (ROTURA FASE T) en (daN.m)	MT	0

De aquí se puede extraer un resumen con los datos a comprobar y se puede concluir que el apoyo escogido es correcto.

CONDICIONES QUE DEBE CUMPLIR EL APOYO CONSIDERANDO EL COEFICIENTE DE SEGURIDAD INTRODUCIDO	DATOS APOYO	CUMPLE
1º) Fuerza vertical necesaria en (daN).	V	187
2º) Fuerza transversal necesaria en (daN). SOLO PARA APOYOS NO SIMÉTRICOS	T	191
3º) Fuerza longitudinal necesaria en (daN). SOLO PARA APOYOS NO SIMÉTRICOS	L	2937
4º) Fuerza horizontal necesaria en (daN).	T+L	2937
5º) Fuerza de torsión necesaria en (daN).	FT	783

3.1.3.- Cimentaciones

El método de cálculo empleado (método de Sulzberger) consiste en igualar el momento de vuelco del apoyo con el momento estabilizador del terreno sumado al momento estabilizador del bloque de hormigón y del peso del apoyo. Las características vienen especificadas en la ITC-LAT 07 apartado 3.6.

El momento de vuelco del terreno viene dado por:

$$M_v = F \left(H + \frac{2}{3} h \right) [daN \cdot m]$$

Donde:

M_v es el momento de vuelco.

F es la fuerza flectora resultante que actúa sobre el apoyo en daN.

H es la altura sobre el terreno hasta el punto de aplicación de F en metros.

h es la altura de la cimentación en metros.

El momento estabilizador del terreno es:

$$M_1 = 139 K a h^3 [daN \cdot m]$$

Donde:

M_1 es el momento estabilizador del terreno.

K es el coeficiente de compresibilidad del terreno a 2 m de profundidad en daN/cm³. Su valor viene en la tabla 10 de la ITC-LAT 07.

a es el lado de la base de la cimentación, suponiendo esta cuadrada.

El momento estabilizador del bloque de hormigón y del peso del apoyo o momento de las cargas verticales (se desprecia el peso de los conductores y aisladores para ponerse del lado de la seguridad) viene definido por:

$$M_2 = 0,4 a (P_{ciment} + P_{apoyo}) = 826,4 h a^3 + 0,4 a P_{apoyo} [daN \cdot m]$$

Donde

M_2 es el momento de las cargas verticales.

P_{apoyo} es el peso del apoyo en daN.

P_{ciment} es el peso de la cimentación en daN.

El primer sumando resulta de poner el peso del apoyo en función del volumen de la cimentación suponiendo la densidad del hormigón de 2156 daN/m³.

Con esto se tiene que cumplir la siguiente condición, aplicando un coeficiente de seguridad de 1,5 que establece el reglamento:

$$M_v = \frac{M_1 + M_2}{1,5}$$

$$862,4 h a^3 + (139 K h^2 + 0,4 P_{apoyo})a - n F \left(H + \frac{2}{3} h \right) = 0$$

Esta ecuación ya se puede resolver si se fija o bien el lado de la cimentación o la altura de la misma.

La tabla para obtener el valor de K es la siguiente:

Tabla 10. Características orientativas del terreno para el cálculo de cimentaciones

Naturaleza del terreno	Peso específico aparente Tn/m ³	Ángulo de talud natural Grados sexag.	Carga admisible daN/cm ²	Coefficiente de rozamiento entre cimiento y terreno al arranque Grados sexag.	Coefficiente de compresibilidad a 2 m de profundidad daN/cm ³ (b)
I. Rocas en buen estado: Isótropas			30-60		
II. Terrenos no coherentes: a) Gravera arenosa (mínimo 1/3 de volumen de grava hasta 70 mm de tamaño)	1,80-1,90		4-8	20°-22°	
b) Arenoso grueso (con diámetros de partículas entre 2 mm y 0,2 mm)	1,60-1,80	30°	2-4	20°-25°	8-20
c) Arenoso fino (con diámetros de partículas entre 2 mm y 0,2 mm)	1,50-1,60		1,5-3		
III. Terrenos no coherentes sueltos: a) Gravera arenosa	1,70-1,80		3-5		
b) Arenoso grueso	1,60-1,70	30°	2-3		8-12
c) Arenoso fino	1,40-1,50		1-1,5		
IV. Terrenos coherentes (a): a) Arcilloso duro	1,80		4	20°-25°	10
b) Arcilloso semiduro	1,80	20°	2	22°	6-8
c) Arcilloso blando	1,50-2,00		1	14°-16°	4-5
d) Arcilloso fluido	1,60-1,70		-	0°	2-3
V. Fangos turbosos y terrenos pantanosos en general	0,60-1,1		(c)		(c)
VI. Terrenos de relleno sin consolidar	1,40-1,60	30°-40°	(c)	14°-20°	(c)

- (a) Duro: Los terrenos con su humedad natural rompen difícilmente con la mano. Tonalidad en general clara.
Semiduro: Los terrenos con su humedad natural se amasan difícilmente con la mano. Tonalidad en general oscura.
Blando: Los terrenos con su humedad natural se amasan fácilmente, permitiendo obtener entre las manos cilindros de 3 mm de diámetro. Tonalidad oscura.
Fluido: Los terrenos con su humedad natural presionados en la mano cerrada fluyen entre los dedos. Tonalidad en general oscura.
(b) Puede admitirse que sea proporcional a la profundidad en que se considere la acción.
(c) Se determinará experimentalmente.

RESULTADOS

A continuación, se obtienen, mediante una hoja de cálculo, las diferentes cimentaciones para los apoyos, tomando una altura de la cimentación de 1,9 m para todos ellos y un terreno arcilloso duro. El peso de los apoyos es de 565,46 daN.

➤ APOYO Nº1

DETERMINACIÓN DE LAS DIMENSIONES DEL CIMIENTO MONOBLOQUE DE SECCIÓN CUADRADA (MÉTODO DE SULZBERGER)				
Fuerza horizontal en punta del apoyo (del cálculo del apoyo o del valor introducido en la siguiente casilla) en (daN)				1955
Introducir la fuerza horizontal en punta del apoyo (solo en el caso de que no se quiera utilizar el cálculo del apoyo) en (daN)				
Introducir la densidad del hormigón en daN/m ³ (si se deja la casilla en blanco, se realizará el cálculo con 2156 daN/m ³)				
Altura del apoyo sobre el cimiento correspondiente a la fuerza en punta en (m)				10,04
Coefficiente de compresibilidad K a 2 m de profundidad en (daN/cm ³)				10
Profundidad del cimiento bajo tierra en (m)				1,90
Peso del apoyo en (daN)				565,46
Coefficiente de seguridad (se recomienda 1,5)				1,5
Dimensiones cimiento: profundidad (m)	1,90	Base cuadrada (m)	1,50	Volumen (m ³)
COMPROBACIÓN DE LA COMPRESIÓN DEL CIMIENTO SOBRE EL TERRENO				
Carga de compresión del terreo admisible en (daN/cm ²)				4
Peso del cimiento en (daN)				9265
Peso de los aisladores y conductores en (daN)				230
Carga de compresión del cimiento sobre el terreno en (daN/cm ²)				0,44
Cumplimiento de la carga de compresión:				CUMPLE

➤ APOYO Nº2

DETERMINACIÓN DE LAS DIMENSIONES DEL CIMIENTO MONOBLOQUE DE SECCIÓN CUADRADA (MÉTODO DE SULZBERGER)				
Fuerza horizontal en punta del apoyo (del cálculo del apoyo o del valor introducido en la siguiente casilla) en (daN)				326
Introducir la fuerza horizontal en punta del apoyo (solo en el caso de que no se quiera utilizar el cálculo del apoyo) en (daN)				
Introducir la densidad del hormigón en daN/m ³ (si se deja la casilla en blanco, se realizará el cálculo con 2156 daN/m ³)				
Altura del apoyo sobre el cimiento correspondiente a la fuerza en punta en (m)				10,74
Coefficiente de compresibilidad K a 2 m de profundidad en (daN/cm ³)				10
Profundidad del cimiento bajo tierra en (m)				1,20
Peso del apoyo en (daN)				565,46
Coefficiente de seguridad (se recomienda 1,5)				1,5
Dimensiones cimiento: profundidad (m)	1,20	Base cuadrada (m)	1,22	Volumen (m ³)
				1,77
COMPROBACIÓN DE LA COMPRESIÓN DEL CIMIENTO SOBRE EL TERRENO				
Carga de compresión del terreo admisible en (daN/cm ²)				4
Peso del cimiento en (daN)				3825
Peso de los aisladores y conductores en (daN)				253
Carga de compresión del cimiento sobre el terreno en (daN/cm ²)				0,31
Cumplimiento de la carga de compresión:				CUMPLE

➤ APOYO Nº3

TERMINACIÓN DE LAS DIMENSIONES DEL CIMIENTO MONOBLOQUE DE SECCIÓN CUADRADA (MÉTODO DE SULZBERGER)				
Fuerza horizontal en punta del apoyo (del cálculo del apoyo o del valor introducido en la siguiente casilla) en (daN)				982
Introducir la fuerza horizontal en punta del apoyo (solo en el caso de que no se quiera utilizar el cálculo del apoyo) en (daN)				
Introducir la densidad del hormigón en daN/m ³ (si se deja la casilla en blanco, se realizará el cálculo con 2156 daN/m ³)				
Altura del apoyo sobre el cimiento correspondiente a la fuerza en punta en (m)				10,04
Coefficiente de compresibilidad K a 2 m de profundidad en (daN/cm ³)				10
Profundidad del cimiento bajo tierra en (m)				1,90
Peso del apoyo en (daN)				565,46
Coefficiente de seguridad (se recomienda 1,5)				1,5
Dimensiones cimiento: profundidad (m)	1,90	Base cuadrada (m)	0,85	Volumen (m ³)
				1,38
COMPROBACIÓN DE LA COMPRESIÓN DEL CIMIENTO SOBRE EL TERRENO				
Carga de compresión del terreo admisible en (daN/cm ²)				4
Peso del cimiento en (daN)				2980
Peso de los aisladores y conductores en (daN)				302
Carga de compresión del cimiento sobre el terreno en (daN/cm ²)				0,53
Cumplimiento de la carga de compresión:				CUMPLE

➤ APOYO Nº4

DETERMINACIÓN DE LAS DIMENSIONES DEL CIMIENTO MONOBLOQUE DE SECCIÓN CUADRADA (MÉTODO DE SULZBERGER)				
Fuerza horizontal en punta del apoyo (del cálculo del apoyo o del valor introducido en la siguiente casilla) en (daN)				326
Introducir la fuerza horizontal en punta del apoyo (solo en el caso de que no se quiera utilizar el cálculo del apoyo) en (daN)				
Introducir la densidad del hormigón en daN/m ³ (si se deja la casilla en blanco, se realizará el cálculo con 2156 daN/m ³)				
Altura del apoyo sobre el cimiento correspondiente a la fuerza en punta en (m)				10,74
Coefficiente de compresibilidad K a 2 m de profundidad en (daN/cm ³)				10
Profundidad del cimiento bajo tierra en (m)				1,20
Peso del apoyo en (daN)				565,46
Coefficiente de seguridad (se recomienda 1,5)				1,5
Dimensiones cimiento: profundidad (m)	1,20	Base cuadrada (m)	1,22	Volumen (m ³)
				1,77
COMPROBACIÓN DE LA COMPRESIÓN DEL CIMIENTO SOBRE EL TERRENO				
Carga de compresión del terreo admisible en (daN/cm ²)				4
Peso del cimiento en (daN)				3825
Peso de los aisladores y conductores en (daN)				253
Carga de compresión del cimiento sobre el terreno en (daN/cm ²)				0,31
Cumplimiento de la carga de compresión:				CUMPLE

➤ APOYO Nº5

DETERMINACIÓN DE LAS DIMENSIONES DEL CIMIENTO MONOBLOQUE DE SECCIÓN CUADRADA (MÉTODO DE SULZBERGER)				
Fuerza horizontal en punta del apoyo (del cálculo del apoyo o del valor introducido en la siguiente casilla) en (daN)				1958
Introducir la fuerza horizontal en punta del apoyo (solo en el caso de que no se quiera utilizar el cálculo del apoyo) en (daN)				
Introducir la densidad del hormigón en daN/m ³ (si se deja la casilla en blanco, se realizará el cálculo con 2156 daN/m ³)				
Altura del apoyo sobre el cimiento correspondiente a la fuerza en punta en (m)				10,04
Coefficiente de compresibilidad K a 2 m de profundidad en (daN/cm ³)				10
Profundidad del cimiento bajo tierra en (m)				1,90
Peso del apoyo en (daN)				565,46
Coefficiente de seguridad (se recomienda 1,5)				1,5
Dimensiones cimiento: profundidad (m)	1,90	Base cuadrada (m)	1,51	Volumen (m ³)
				4,31
COMPROBACIÓN DE LA COMPRESIÓN DEL CIMIENTO SOBRE EL TERRENO				
Carga de compresión del terreo admisible en (daN/cm ²)				4
Peso del cimiento en (daN)				9290
Peso de los aisladores y conductores en (daN)				124
Carga de compresión del cimiento sobre el terreno en (daN/cm ²)				0,44
Cumplimiento de la carga de compresión:				CUMPLE

3.1.4.- Distancias de seguridad, cruzamientos y paralelismos

Para este apartado se seguirán las prescripciones establecidas en el apartado 5 de la ITC-LAT 07. En este apartado, se establece la diferencia entre distancias externas, destinadas a determinar las distancias de seguridad entre las partes en tensión y objetos o seres próximos a la línea, y las distancias internas, que sirven para diseñar la línea tal que esta sea capaz de resistir sobretensiones.

La instrucción mencionada establece la siguiente tabla para diferentes valores de tensión, donde especifica la distancia entre las partes en tensión y objetos a potencial de tierra (D_{el}) y la distancia de separación entre fases para evitar descargas entre ellas durante maniobras y sobretensiones de rayos (D_{pp}).

Tensión más elevada de la red U_s (kV)	D_{el} (m)	D_{pp} (m)
3,6	0,08	0,10
7,2	0,09	0,10
12	0,12	0,15
17,5	0,16	0,20
24	0,22	0,25
30	0,27	0,33

- DISTANCIA ENTRE CONDUCTORES

La distancia entre los conductores de fase del mismo circuito o circuitos distintos debe ser tal que no haya riesgo alguno de cortocircuito entre fases, teniendo presente los efectos de las oscilaciones de los conductores debidas al viento y al desprendimiento de la nieve acumulada sobre ellos.

Con este objeto, la separación mínima entre conductores de fase para la línea de este proyecto se determinará por la fórmula siguiente:

$$D = K \sqrt{F + L} + 0,75 D_{pp} [m]$$

Donde:

K es un coeficiente que depende de la oscilación de los conductores con el viento y cuyo valor se obtiene de la tabla 16 de la ITC-LAT 07.

F es la flecha máxima en metros.

L es la longitud en metros de la cadena de suspensión. Si son cadenas de amarre o aisladores rígidos, $L=0$.

- DISTANCIA ENTRE CONDUCTORES Y PARTES PUESTAS A TIERRA

La separación mínima entre los conductores y sus accesorios en tensión y los apoyos no será inferior a D_{el} , con un mínimo de 0,2 m.

- DISTANCIAS AL TERRENO, CAMINOS, SENDAS, Y A CURSOS DE AGUA NO NAVEGABLES

La altura de los apoyos será la necesaria para que los conductores, con su máxima flecha vertical según las hipótesis de temperatura y de hielo según el

apartado 3.2.3, queden situados por encima de cualquier punto del terreno, senda, vereda o superficies de agua no navegables, a una altura mínima de:

$$D_{add} + D_{el} = 5,3 + D_{el} = 5,3 + 0,22 = 5,52 \text{ m}$$

Sin embargo, la compañía (Iberdrola) obliga a una distancia mínima de 7 m, por tanto, se usa esa distancia.

- OTROS SUPUESTOS

Los demás supuestos que establece el reglamento (cruce con otras líneas, carreteras, ferrocarriles, etc.) no son de aplicación en este proyecto.

RESULTADOS

A continuación, se muestran los resultados de las distancias de seguridad en los 5 apoyos de los que consta la línea.

- Apoyo nº1

COMPROBACIÓN DE LAS DISTANCIAS DE SEGURIDAD	
Distancia mínima Reglamentaria entre conductores de fases diferentes en (m)	1,24
Distancia mínima adoptada con el apogo elegido en (m)	1,500
Cumplimiento de la distancia entre conductores	
	CUMPLE
Distancia mínima Reglamentaria entre conductores y el terreno en (m)	6,00
Distancia mínima adoptada con el apogo elegido en (m)	7,435
Cumplimiento de la distancia entre conductores y el terreno	
	CUMPLE

- Apoyo nº2

COMPROBACIÓN DE LAS DISTANCIAS DE SEGURIDAD	
Distancia mínima Reglamentaria entre conductores de fases diferentes en (m)	1,42
Distancia mínima adoptada con el apogo elegido en (m)	1,500
Cumplimiento de la distancia entre conductores	
	CUMPLE
Distancia mínima Reglamentaria entre conductores y el terreno en (m)	6,00
Distancia mínima adoptada con el apogo elegido en (m)	7,135
Cumplimiento de la distancia entre conductores y el terreno	
	CUMPLE

- Apoyo nº3

COMPROBACIÓN DE LAS DISTANCIAS DE SEGURIDAD	
Distancia mínima Reglamentaria entre conductores de fases diferentes en (m)	1,24
Distancia mínima adoptada con el apogo elegido en (m)	1,500
Cumplimiento de la distancia entre conductores	
	CUMPLE
Distancia mínima Reglamentaria entre conductores y el terreno en (m)	6,00
Distancia mínima adoptada con el apogo elegido en (m)	7,436
Cumplimiento de la distancia entre conductores y el terreno	
	CUMPLE

- Apoyo nº4

COMPROBACIÓN DE LAS DISTANCIAS DE SEGURIDAD	
Distancia mínima Reglamentaria entre conductores de fases diferentes en (m)	1,42
Distancia mínima adoptada con el apogo elegido en (m)	1,500
Cumplimiento de la distancia entre conductores	
	CUMPLE
Distancia mínima Reglamentaria entre conductores y el terreno en (m)	6,00
Distancia mínima adoptada con el apogo elegido en (m)	7,141
Cumplimiento de la distancia entre conductores y el terreno	
	CUMPLE

- Apoyo nº5

COMPROBACIÓN DE LAS DISTANCIAS DE SEGURIDAD	
Distancia mínima Reglamentaria entre conductores de fases diferentes en (m)	1,24
Distancia mínima adoptada con el apoyo elegido en (m)	1,500
Cumplimiento de la distancia entre conductores	CUMPLE
Distancia mínima Reglamentaria entre conductores y el terreno en (m)	6,00
Distancia mínima adoptada con el apoyo elegido en (m)	7,441
Cumplimiento de la distancia entre conductores y el terreno	CUMPLE

3.1.5.- Cálculos eléctricos

En este apartado se hará un estudio de los diferentes parámetros eléctricos característicos de una línea aérea de alta tensión por el método de los parámetros distribuidos.

Una línea se puede esquematizar como una red de dos puertos con elementos identificativos de sus parámetros que supondremos de valor conocido y que son:

- Resistencia Óhmica (R).
- Autoinducción aparente (L).
- Conductancia (G).
- Capacidad (C).

La resistencia y la autoinducción se encuentran en serie y provocan una caída de tensión en a lo largo de la línea. La conductancia y la capacidad son los parámetros transversales que producen una derivación de corriente.

Con el modelo de parámetros distribuidos se suponen estos cuatro parámetros distribuidos uniformemente a lo largo de toda la línea.

Las ecuaciones que resultan de este modelo son las siguientes:

$$\begin{aligned} V_1 &= V_2 \cosh(\theta) + Z_c I_2 \sinh(\theta) & V_2 &= V_1 \cosh(\theta) - Z_c I_1 \sinh(\theta) \\ I_1 &= I_2 \cosh(\theta) + (V_2/Z_c) \sinh(\theta) & I_2 &= I_1 \cosh(\theta) - (V_1/Z_c) \sinh(\theta) \end{aligned}$$

Donde:

- Z es la impedancia por unidad de longitud de línea y fase.
- Y es la admitancia por unidad de longitud de línea y fase.
- l es la longitud de la línea.
- $\beta = \sqrt{ZY} = \frac{\sqrt{Z_T Y_T}}{l}$ es el ángulo característico de la línea por unidad de longitud.
- $Z_c = \sqrt{Z/Y} = \sqrt{Z_T/Y_T}$ es la impedancia característica de la línea
- $\theta = \beta l = \sqrt{ZY} l = \sqrt{Z_T Y_T}$

Para obtener los valores de la impedancia y admitancia de la línea hay que emplear las expresiones que se indican a continuación.

Como valor de resistencia, se tomará el valor que nos dan las tablas de los fabricantes o bien empleando la siguiente expresión:

$$R = \rho \frac{l}{S} [\Omega]$$

Donde ρ es la resistividad y S la sección.

Aunque la expresión anterior corresponde a la resistencia que ofrece el conductor al paso de corriente continua, se puede comprobar que solamente para cables de elevado diámetro se obtienen diferencias apreciables entre la resistencia en corriente alterna y continua, por lo que normalmente se emplea este último valor.

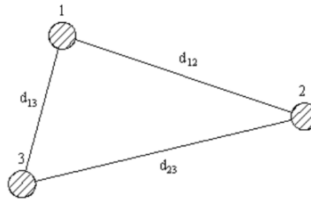
Para obtener el valor de coeficiente de autoinducción, se emplea para líneas trifásicas la siguiente expresión:

$$L_A = \left(\frac{1}{2n} + 2 \ln \frac{d'}{r'} \right) \cdot 10^{-4} \left[\frac{H}{km} \right]$$

Donde:

n es el número de conductores por fase

$d' = \sqrt{d_{12}d_{23}d_{13}}$ es la distancia media geométrica entre ejes de fases, teniendo en cuenta las distancias de la imagen:



$r' = \sqrt[n]{n r R^{n-1}}$ es el radio ficticio, siendo r el radio del conductor y R es radio que pasa por los centros de los conductores que forman la fase (en caso de que haya más de un conductor por fase).

Con estos dos valores ya se puede obtener trivialmente la impedancia de la línea. Quedan por tanto ahora obtener los valores para conseguir la admitancia.

El valor de la capacidad por fase en una línea aérea se puede aproximar por la siguiente expresión:

$$C_n = \frac{0,055}{\ln \frac{d'}{r'}} \cdot 10^{-6} \left[\frac{F}{km} \right]$$

La conductancia se obtiene por medio de la siguiente expresión:

$$G_k = \frac{3 p_c}{U_m^2} \cdot 10^{-3} \left[\frac{S}{km} \right]$$

Donde:

U_m es la tensión compuesta máxima de la línea en kV.

p_c son las pérdidas de energía en kW/km por fase. Viene dada por la siguiente fórmula:

$$p_c = \frac{0,06}{f_c} n m \sqrt{\frac{r}{d'}} (U_m - U_c)^2 \left[\frac{kW}{km \text{ fase}} \right]$$

$f_c = \frac{298}{273+\theta} e^{-\frac{h}{8150}}$ es el factor de corrección de la densidad del aire, siendo h la altura sobre el nivel del mar y θ la temperatura en °C.

n es el número de conductores del haz por fase.

m es el número de circuitos por fase.

U_c es la tensión crítica compuesta en kV.

Hay que remarcar que la fórmula de las pérdidas solo es aplicable cuando $U_m - U_c > 0$ y por tanto el valor de la conductancia solo se calculará cuando se cumple esta condición.

Es necesario por tanto poder calcular es tensión crítica, que se hace a través de la fórmula de Peek:

$$U_c = 36,5 m_c m_t f_c r n \ln \frac{d'}{r'} [kV]$$

Donde:

r es el radio de los conductores en cm.

m_c es el factor de corrección debido a la rugosidad del conductor, que para cables se utiliza un valor de 0,85.

m_t es el factor de corrección debido al estado higrométrico del aire, que para contemplar el peor caso, supondremos tiempo lluvioso y por tanto tomará un valor de 0,8.

Con todo lo explicado anteriormente, se ha realizado una hoja de cálculo para obtener todos los datos eléctricos significativos.

Para ello, hay que introducir en la hoja los siguientes datos:

DATOS	
Tensión nominal U_n (kV)	
Tensión máxima U_m (kV)	
Longitud l (km)	
Altitud (m)	
Conductores del haz por fase	
Circuitos por fase	
d_{12} (m)	
d_{13} (m)	
d_{23} (m)	
Frecuencia (Hz)	

Diámetro del cable (mm)	
Temperatura media (°C)	
Radio de los centros (cm)	
Resistencia conductores (Ω/km)	

La tensión nominal de la línea será la propia de la línea de MT en la que se realizará el enganche, que en Béjar es de 13,2 kV. Sin embargo, el Manual Técnico de Distribución de Iberdrola MT 2.03.20 establece en el capítulo 1, apartado 1,1 que “La tensión nominal normalizada de la red en IBERDROLA, es la de 20 kV, para lo cual deben estar preparadas cuantas instalaciones se realicen, aunque provisionalmente la alimentación sea a otra tensión”. Por tanto, se toma como valor de tensión nominal la que resulte más desfavorable para cada cálculo.

El valor de la tensión máxima se obtiene de la Tabla 1 de la ITC-LAT-07, que para una tensión nominal de 20 kV establece que $U_m = 24$ kV. Si se interpola en la citada tabla, se tiene que para una tensión nominal de 13,2 kV, $U_m = 15,52$ kV.

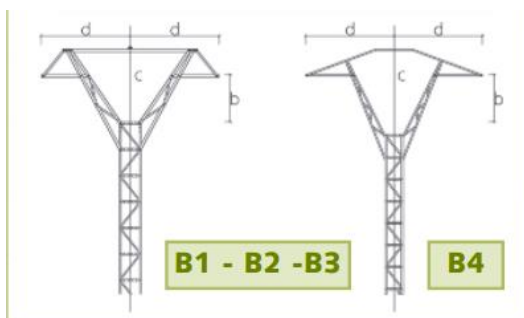
La longitud de la línea aérea es de 540 m y la altitud sobre el nivel del mar es de 922 m. Tanto el número de circuitos por fase como el número de conductores del haz por fase es 1.

Como conductor se utilizará el mínimo contemplado por la norma de Iberdrola NI 54.63.01, que trata sobre conductores desnudos de aluminio-acero para líneas eléctricas de alta tensión. Este conductor es 47-AL1/8-ST1A (LA 56 según denominación antigua). Sus características son:

Designación	Designación antigua	Secciones			Número de alambres		Diámetros de los alambres		Diámetros		Masa lineal	Carga de rotura	Resistencia en c.c.	Módulo de elasticidad	Coeficiente dilatación lineal	Reglamento			Código		
		AL1	ST1A	Total	AL1	ST1A	AL1	ST1A	Alma	Conductor						a 20 °C	E	α		Densidad de corriente	Intensidad de corriente
		mm²	mm²	mm²	n°	n°	mm	mm	mm	mm						Kg/km	dAN	Q/km²		dAN/mm²	°Cx10 ⁻¹
47-AL1/8-ST1A	LA 56	46,8	7,8	54,6	6	1	3,15	3,15	3,15	9,45	189,1	1640	0,6136	7900	19,1	3,7	202	5463004			

La temperatura media en Béjar a lo largo del año es de unos 11 °C aproximadamente.

Para obtener las diferentes distancias, es necesario saber que tipo de armado que se utilizará es del tipo B1 de la empresa IMEDEXSA, que corresponde al de la imagen:



Tipo	Peso (Kg)			
	d (m)	b (m)	c (m)	500/4500
B1	1,50	0,70	1,15	154
B2	2,00	1,00	1,60	208
B3	2,50	1,00	1,60	241
B4	3,00	0,90	2,00	340

Con todos esto, la tabla queda de la forma que se muestra:

DATOS	
Tensión nominal Un (kV)	13,2-20
Tensión máxima Um (kV)	15,52-24
Longitud l (km)	0,54
Altitud (m)	922
Conductores del haz por fase	1
Circuitos por fase	1
d12 (m)	1,5
d13 (m)	3
d23 (m)	1,5
Frecuencia (Hz)	50
Diámetro del cable (mm)	9,45
Temperatura media (°C)	11
Radio de los centros (cm)	1
Resistencia conductores (Ω /km)	0,6136

Con estos datos, la hoja de cálculo arroja los siguientes resultados:

RESULTADOS			
	Gk (S/km)	0,00E+00	
	G (S/fase)	0,00E+00	
	Ck (F/km)	9,18E-09	
	C (F)	4,96E-09	
	B (S)	1,56E-06	
	R (Ω)	0,33	
	LA (H/km)	1,25E-03	
	Xk (Ω/km)	0,39216	
	X (Ω)	0,2118	
IMPEDANCIA DE LA LÍNEA (Ω)			
R	jX	Módulo	Arg (º)
0,3313	0,2118	0,3932	32,58
ADMITANCIA DE LA LÍNEA (S)			
G	jB	Módulo	Arg (º)
0,00E+00	1,56E-06	1,56E-06	90,00
IMPEDANCIA CARACTERÍSTICA Zc (Ω)			
Re	Im	Módulo	Arg (º)
440,73	-241,38	502,5011	-28,71
ÁNGULO CARACTERÍSITCO (rad)			
Re	Im	Módulo	Arg (º)
0,00	0,00	0,0008	61,29
POTENCIA CARACTERÍSTICA (MW)			0,80

Para el efecto corona se toma como tensión nominal 20 kV, por ser esta más desfavorable.

EFECTO CORONA			
d'(cm)	188,9882	mt	0,80
r'(cm)	0,4725	fc	0,9371
mc	0,85	UcPeek (kV)	65,841
Pérdidas		No hay efecto corona	
pck (kW/km)	5,6284		
pc (kW)	9,1180		

Para poder realizar los cálculos del modelo de parámetros distribuidos, es necesario también introducir la potencia y el factor de potencia al final de la línea. Estos datos se obtienen del apartado de los cálculos de baja tensión y se tiene que la línea alimenta un transformador de 400 kVA y la carga que alimenta tiene un fdp de 0,92, por tanto $P_2 = 400 \times 0,92 = 368 \text{ kW}$.

- Para la tensión de 20 kV los resultados son:

PARÁMETROS DISTRIBUIDOS				
P2 (MW)	0,368	fdp 2	0,92	
fi 1 (°)	23,07		U1 (kV)	20,01
	Módulo	Arg (°)	P1 (MW)	0,37
V2 (V)	11547,01	0	FUNCIONAMIENTO NORMAL	
I2 (A)	11,55	-23,07		
V1(V)	11551,48	0,00		
I1 (A)	11,54	-22,99		
V2v (V)	11547,01	0,00	FUNCIONAMIENTO EN VACÍO	
I2v (A)	0,00	0,00		
V1v (V)	11547,00	0,00		
I1v (A)	0,02	90,00		
V2cc (V)	0,00	0,00	FUNCIONAMIENTO EN CORTOCIRCUITO	
I2cc (A)	29375,54	-32,58		
V1cc (V)	11551,48	0,00		
I1cc (A)	29375,53	-32,58		

PÉRDIDAS	
U1-U2 (V)	7,75
U1-U2 (%)	0,04
P1-P2 (W)	132,46
RENDIMIENTO	
η (%)	99,96

- Para la tensión de 13,2 kV:

PARÁMETROS DISTRIBUIDOS				
P2 (MW)	0,368	fdp 2	0,92	
fi 1 (°)	23,07		U1 (kV)	13,21
	Módulo	Arg (°)	P1 (MW)	0,37
V2 (V)	7621,02	0	FUNCIONAMIENTO NORMAL	
I2 (A)	17,50	-23,07		
V1(V)	7627,81	0,01		
I1 (A)	17,49	-23,04		
V2v (V)	7621,02	0,00	FUNCIONAMIENTO EN VACÍO	
I2v (A)	0,00	0,00		
V1v (V)	7621,02	0,00		
I1v (A)	0,01	90,00		
V2cc (V)	0,00	0,00	FUNCIONAMIENTO EN CORTOCIRCUITO	

I _{2cc} (A)	19397,59	-32,57	
V _{1cc} (V)	7627,81	0,01	
I _{1cc} (A)	19397,59	-32,57	

PÉRDIDAS	
U _{1-U2} (V)	11,75
U _{1-U2} (%)	0,09
P _{1-P2} (W)	304,18

De estos resultados podemos comprobar si el conductor elegido cumple con el criterio de intensidad máxima, es decir, que la intensidad nominal que circula por la línea es inferior a la máxima que soporta el conductor.

Lo primero para esto es obtener cual es la intensidad que puede circular por el cable. Según la ITC-LAT-07, en su apartado 4, dice que “para cables de aluminio-acero se tomará en la tabla el valor de la densidad de corriente correspondiente a su sección total como si fuera de aluminio y su valor se multiplicará por un coeficiente de reducción de 0,937 para las composiciones 6+1 y 26+7”. La tabla a la que se hace referencia es la Tabla 11, donde tampoco viene el valor exacto de la sección que se ha escogido (54,6 mm²), por lo que habrá que interpolar:

S (mm ²)	Densidad de corriente (A/mm ²) para aluminio
50	4
70	3,55

Por tanto, la densidad de corriente para la sección de 54,6 mm² vale:

$$\frac{3,55 - 4}{70 - 50} = \frac{\rho_{31,1 \text{ mm}^2} - 4}{54,6 - 50}$$

$$\rho_{31,1 \text{ mm}^2} = 3,8965 \text{ A/mm}^2$$

Como el conductor 47-AL 1/8-ST1A (LA-56) es de aluminio-acero con una configuración 6+1, hay que aplicarle el coeficiente de reducción comentado anteriormente:

$$\rho = 3,8965 \cdot 0,937 = 3,651 \text{ A/mm}^2$$

Con este valor ya se puede calcular la intensidad máxima que soporta el conductor.

$$I_{max} = \rho \cdot S = 3,651 \cdot 54,6 = 199,35 \text{ A}$$

De la tabla de resultados de aplicar el modelo de parámetros distribuidos, se tiene que la intensidad nominal que circula por la línea en el caso más

desfavorable (tensión de 13,2 kV) es de 17,5 A, valor muy inferior al máximo que soporta el conductor.

Entonces, se puede afirmar que el conductor 47-AL1/8-ST1A es apto para esta línea.

3.1.6.- Puestas a tierra

En este apartado se establecerán las puestas a tierra de los apoyos. Para ello, hay que seguir la normativa que se muestra a continuación:

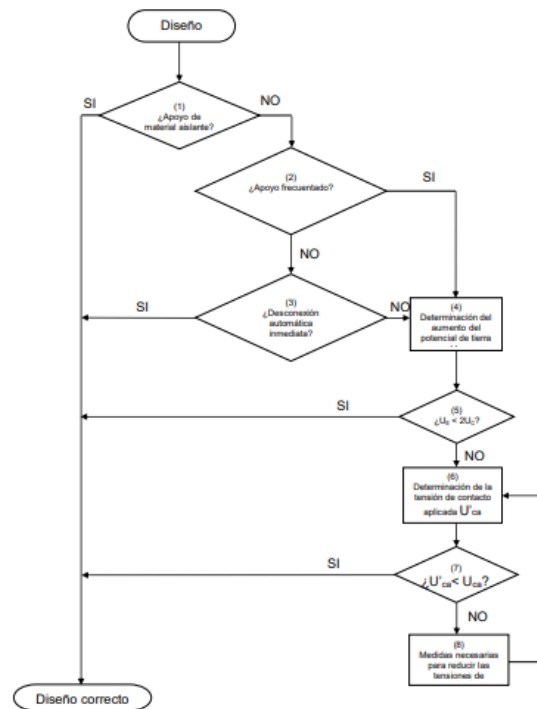
- ITC-LAT 07 apartado 7.
- Manual Técnico de Distribución de Iberdrola Distribución 2.23.35, de diseño de puestas a tierra en apoyos de líneas de alta tensión de tensión nominal igual o inferior a 20 kV.
- ITC-RAT 13.
- Recomendaciones UNESA sobre puestas a tierra.

Lo primero de todo es clasificar los apoyos según las definiciones de la ITC en apoyos frecuentados o no frecuentados.

Apoyos frecuentados son aquellos situados en lugares de acceso público donde la presencia de personas ajenas a la instalación eléctrica es frecuente; donde se espere que las personas se queden durante un tiempo relativamente largo, o por un tiempo corto pero muchas veces al día. Los lugares que solamente se ocupen ocasionalmente, como bosques, campo abierto, campos de labranza, etc., no están incluidos.

Atendiendo a esta última frase, se clasifican los apoyos recogidos en este proyecto como apoyos no frecuentados, ya que se encuentran en campo abierto sin presencia humana remarcable.

Con esta clasificación, la ITC establece un procedimiento en su apartado 7.3.4.3 para verificar el diseño del sistema de puesta a tierra que se resume en la siguiente imagen (Fig. 3 ITC-LAT 07):



Entonces, partiendo de un diseño básico, y sabiendo que los apoyos son de celosía (construidos de material no aislante) y no frecuentados, la instrucción establece que hay que comprobar si existe desconexión automática inmediata (en tiempo inferior a 1 s).

Para comprobar este supuesto, hay que recurrir al Manual Técnico (MT) de Iberdrola. En este se dice textualmente que “*para las intensidades máximas de la corriente de defecto a tierra indicadas en la tabla 8, las protecciones instaladas actúan en un tiempo inferior a 1 s. Para cualquier otra intensidad de defecto a tierra el diseño de la puesta a tierra en los apoyos no frecuentados, se considera satisfactorio desde el punto de vista de la seguridad de las personas, ya que los valores de la resistencia de puesta a tierra máximos admisibles, indicados en la tabla 4, provocan una intensidad de defecto a tierra suficientemente alta para garantizar la actuación automática de las protecciones en caso de defecto a tierra*”.

Cuando se hace referencia a la tabla 8, se hace referencia la tabla que se muestra a continuación, que establece las intensidades máximas de puesta a tierra e impedancias equivalentes para cada nivel de tensión y tipo de puesta a tierra de las subestaciones de Iberdrola.

Tensión nominal de la red U_n (kV)	Tipo de puesta a tierra	Reactancia equivalente X_{LTH} (Ω)	Intensidad máxima de corriente de defecto a tierra (A)
13,2	Rígido	1,863	4500
13,2	Reactancia 4 Ω	4,5	1863
15	Rígido	2,117	4500
15	Reactancia 4 Ω	4,5	2117
20	Reactancia 5,2 Ω	5,7	2228
20	Zig-zag 500 A	25,4	500
20	Zig-zag 1000 A	12,7	1000

También se hace referencia a la tabla 4, donde Iberdrola establece los valores máximos admisibles de la resistencia a tierra en apoyos no frecuentados en función de la tensión nominal de la red, que se muestra a continuación:

Tensión nominal de la red U_n (kV)	Máximo valor de la resistencia de puesta a tierra (Ω)
13,2	150
15	175
20	230

Entonces, si se asegura para los apoyos de este proyecto que la resistencia de puesta a tierra es inferior a 230 Ω , se puede asegurar que existe una desconexión automática inmediata en caso de falta y entonces el reglamento establece que no es obligatorio garantizar valores de tensión de contacto inferiores a los admisibles ya que se puede considerar despreciable la probabilidad de acceso y coincidencia de fallo simultáneo.

Ahora entonces se proyectará el sistema de puesta a tierra para garantizar el valor máximo de 230 Ω . Lo primero que hay que hacer es obtener el valor de la intensidad que circula por tierra.

$$I_t = \frac{U}{\sqrt{3}\sqrt{(R_n + R_t)^2 + X_n^2}} [A]$$

Donde:

I_d es la intensidad máxima de defecto a tierra en amperios.

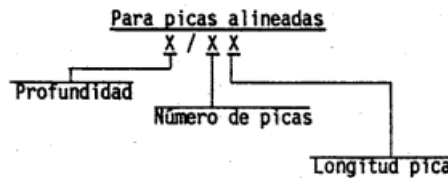
U es la tensión compuesta de servicio de la red en voltios.

R_n es la resistencia de la puesta a tierra del neutro de la red en ohmios, que en la instalación del presente proyecto es de 17 Ω .

R_t es la resistencia de la puesta a tierra del apoyo, en ohmios.

X_n es la reactancia de puesta a tierra del neutro de la red en ohmios, que en la instalación del presente proyecto es de 0Ω .

Para saber la resistencia de puesta a tierra del apoyo, se elegirá una configuración de puesta a tierra de las recomendaciones UNESA, en este caso se opta por una disposición en hilera 5/22. A continuación se muestra el significado de dicha nomenclatura:



Las características de dicha nomenclatura son las siguientes:

Picas en hilera unidas por un conductor horizontal.
Separación entre picas : 3 m
Longitud pica = 2 m.
Sección conductor = 50 mm².
Diámetro picas = 14 mm.

PROFUNDIDAD = 0'5 m.

NUMERO DE PICAS	RESISTENCIA K_r	TENSION DE PASO K_p	CODIGO DE LA CONFIGURACION
2	0,201	0,0392	5/22
3	0,135	0,0252	5/32
4	0,104	0,0184	5/42
6	0,073	0,0120	5/62
8	0,0572	0,00345	5/82

Los datos de la tabla son, en valores unitarios, los siguientes:

Resistencia de puesta a tierra	K_r	$\left[\frac{\Omega}{\Omega \cdot m} \right]$
Tensión de paso máxima	K_p	$\left[\frac{V}{(\Omega \cdot m) \cdot A} \right]$

Entonces, multiplicando K_r por el valor de la resistividad del terreno, se obtiene la resistencia de puesta a tierra.

$$R_t = K_r \cdot \rho \quad [\Omega]$$

$$R_t = 0,201 \cdot 350 = 70,35 \Omega$$

Con esto podemos asegurar que la configuración elegida es correcta, ya que la resistencia de puesta a tierra es menor de 230Ω , asegurando la desconexión inmediata ($t < 1$ s). Con este valor ya se puede obtener la intensidad por tierra, que se calcula con la tensión de 20 kV por ser esta más desfavorable:

$$I_t = \frac{20000}{\sqrt{3} \sqrt{(17 + 70,35)^2}} = 132,19 A$$

Como la línea alimenta un CT fin de línea, se considera solo la intensidad a tierra por un lado, que en este caso es por el lado proveniente de la subestación.

Para conseguir el valor de la intensidad de defecto, hay que multiplicar esta intensidad por el factor de asimetría de la intensidad, que vale:

$$D_f = \sqrt{1 + \frac{X}{2\pi f \cdot R} \left(1 - e^{\frac{-2 \cdot t_f}{\frac{X}{2\pi f \cdot R}}}\right)}$$

Entonces la intensidad de defecto vale:

$$I_d = I_t \cdot D_f [A]$$

Multiplicando este valor por K_p y la resistividad del terreno se obtiene la tensión de paso.

$$V_p = K_p \cdot \rho \cdot I_d [V]$$

Como todos los apoyos son de la misma clase, se adoptará la misma configuración de puesta a tierra para todos ellos. A continuación, se muestran las características eléctricas de la red y del terreno para realizar los cálculos.

CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS DE LA RED	
Frecuencia (Hz)	50
Relación entre la reactancia y la resistencia de la red X/R	15
Duración de la falta t_f (segundos)	1
Quiere considerar la asimetría de la intensidad en el cálculo de las tensiones de paso y contacto	Sí
Factor de asimetría de la intensidad D_f	1,0236

CARACTERÍSTICAS DEL TERRENO	
¿Hay capa superficial de grava, hormigón u otro material?	No
Resistividad de la capa superficial ($\Omega \cdot m$)	
Resistividad del terreno ($\Omega \cdot m$)	350
¿Quiere considerar el coeficiente reductor de la resistividad superficial C_s ?	No
	1,000

Con estos datos y la configuración escogida, se obtienen los valores a calcular:

ELECCIÓN DE LOS ELECTRODOS PARA LA PUESTA A TIERRA DEL APOYO					
Seleccionar la disposición de los electrodos: rectangular o en hilera				HILERA	
				2x../3x../4x..	
Seleccionar la configuración de los electrodos (ver hoja TABLAS_UNESA)				5/22	
CARACTERÍSTICAS DE LA CONFIGURACIÓN DE ELECTRODOS ELEGIDA					
Tipo	HILERA	Sec. del cond. (mm^2)	50	Dpicas (mm)	14
Largo (m)	3	Ancho (m)	0	Log. total cond. (m)	3
Nº de picas	2	Longitud picas (m)	2	Long. total picas (m)	4
Profund. Cond. (m)	0,5	Volum. cond. (dm^3)	0,15	Volum. picas (dm^3)	0,62
Kr (Ω/Ω.m)	0,2010	Kp Ω/(Ω.m.A)	0,0392	Kc Ω/(Ω.m.A)	0,2010
VALORES CORRESPONDIENTES A LA CONFIGURACIÓN SELECCIONADA					
Resistencia Rt (Ω)	70,35	Intensidad IG (A)	135,31	Poten. absoluto UE (V)	9518,99
Tensión de paso (V)	1856,44	Tensión contacto (V)	9518,99		

Aunque el programa calcule la tensión de contacto, como se ha comentado anteriormente este valor no es necesario para los apoyos del presente proyecto ya

que se considera nula la probabilidad de fallo y que alguien esté tocando el apoyo de forma simultánea.

Con estos valores, lo siguiente es compararlos con los valores máximos que establece el reglamento, que en este caso solo hay que comprobar que la tensión de paso es aceptable. En la tabla siguiente, se establecen los valores de la tensión de contacto aplicada admisible en función de la duración de la corriente de falta.

Duración de la corriente de falta, t_f (s)	Tensión de contacto aplicada admisible, U_{ca} (V)
0.05	735
0.10	633
0.20	528
0.30	420
0.40	310
0.50	204
1.00	107
2.00	90
5.00	81
10.00	80
> 10.00	50

Esta tensión es la que es capaz de soportar el cuerpo humano entre la mano y los pies, considerando únicamente la impedancia propia del cuerpo humano, tal que la probabilidad de fibrilación ventricular sea del 5%.

El valor de la tensión de paso aplicada admisible entre los dos pies considerando únicamente la impedancia del cuerpo humano se define como diez veces el valor de la tensión de contacto aplicada admisible.

Para obtener los valores reales de la tensión de contacto y paso admisible, hay que considerar todas las impedancias que se encuentran en el circuito, tales como la resistencia de los zapatos, resistencia a tierra del punto de contacto del zapato con el terreno, etc. Con estas impedancias se tienen las siguientes expresiones:

$$U_p = 10 \cdot U_{ca} \left[1 + \frac{2 \cdot R_{a1} + 6 \cdot \rho_{superficial}}{1000} \right] [V]$$

Donde:

R_{a1} es la resistencia equivalente del calzado de un pie cuya suela sea aislante. Suele emplearse un valor de 2000Ω .

Se considerará un tiempo de duración de la corriente de falta de 1 s y que la capa superficial es de tierra y no hormigón. De esta manera se está del lado de la seguridad. Con estos datos, se tiene:

$$U_p = 10 \cdot 107 \left[1 + \frac{2 \cdot 2000 + 6 \cdot 350}{1000} \right] = 7597 V > 1856,44 V$$

Por tanto, se puede considerar que el diseño de puesta a tierra elegido es correcto.

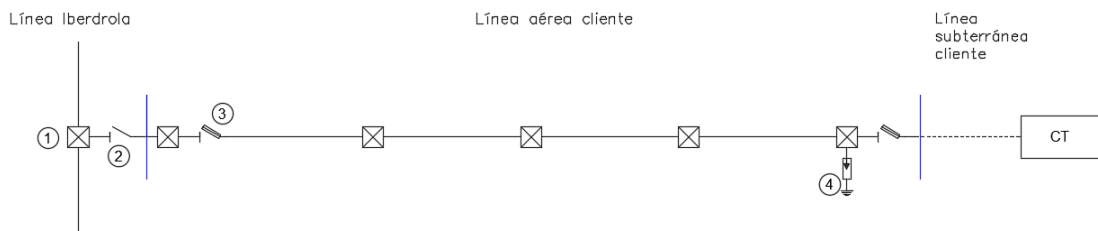
3.1.7.- Protecciones eléctricas

En este apartado se describirá el sistema de protección escogido para la línea aérea. Para ello, hay que seguir las prescripciones establecidas por la normativa de Iberdrola, en este caso el Manual Técnico de Distribución 2.03.20.

En este documento, en su apartado 4.3.1.1.1, se establece como deben ser las protecciones para líneas aéreas derivadas de otras líneas aéreas y que alimenta a un CT de cliente.

Como la línea del presente proyecto es de más de dos vanos, hay que instalar un seccionador en el apoyo del entronque, que es propiedad de Iberdrola, del que sale el vano flojo que conecta con el primer apoyo de la línea del presente proyecto. En este apoyo se instalará un cortacircuitos fusible de expulsión seccionador (en adelante, CFES). También obliga a instalar un elemento de protección en el apoyo donde se produce el entronque aéreo-subterráneo y otro previamente a la entrada al CT.

La línea responde al siguiente esquema:



Donde:

1. Apoyo de entronque en la línea principal.
2. Seccionador.
3. Elemento de protección CFES (tipo XS).
4. Pararrayos.

Como seccionador se empleará el seccionador normalizado 24 kV/400 A.

Para el CFES hay que seguir las prescripciones que establece Iberdrola en la NI 75.06.11, cortacircuitos fusibles de expulsión-seccionadores, con base polimérica, hasta 36 kV. En esta norma aparece la siguiente tabla con los tipos normalizados.

Designación	Tensión asignada kV	Intensidad asignada A	Para nivel de contaminación equivalente (*)	Código
BP-CFE 24	24	200	c	75 07 100
BP-CFEV 36	36			75 06 100
P-CFE 24	24	100		75 07 164
P-CFE 36	36			75 06 164
CS-CFE 24	24	200		75 07 191
CS-CFE 36	36			75 06 191
CFE 24	24	200	c	75 07 130
CFEV 36	36			75 06 130
FE-3	24 y 36	3		75 06 107
FE-6		6,3		75 06 108
FE-10		10		75 06 111
FE-20		20		75 06 114

Como primer CFES, y para garantizar la selectividad con el situado en el apoyo del entronque aéreo subterráneo, se elige un P-CFE 24, de 100 A. Para el segundo, se opta por un FE-20 24 kV, de 20 A, ya que la intensidad de la línea se ha calculado que es de 11,55 A, y es por tanto suficiente para cumplir el criterio de protección, ya que:

$$I_n < I_{fusible} < I_{m\acute{a}x\ cond} = 199\ A$$

Para el pararrayos hay que seguir las prescripciones de la NI 75.30.02, pararrayos de óxidos metálicos sin explosores con envolvente polimérica para alta tensión hasta 36 kV, donde se establece la siguiente tabla:

Pararrayos normalizados. Características esenciales y códigos

Designación	Frecuencia asignada Hz	Tensión asignada Ur kV	Tensión máxima servicio continuo Uc Kv	Utilización tensión de red kV	Corriente nominal de descarga (onda 8/20µs) kA	Clase de descarga de línea	Código
POM-P 15/10	50	15	12	13,2	10	1	7530002
POM-P 21/10		21	17	20			7530004
POM-P 33/10		33	27	30			7530007

De la que se puede extraer que el pararrayos a utilizar es el POM-P 21/10.

3.2.- Parte subterránea

3.2.0.- Introducción línea subterránea

En este apartado se realizan los cálculos para realizar la línea subterránea de 60 m que transcurre desde el último apoyo de la línea aérea, donde se realiza un entronque aéreo-subterráneo, hasta el CT donde se alimenta al transformador.

Lo primero será escoger las secciones a emplear, que en este tramo de la línea solo dependerán de las características eléctricas del conductor y no de sus características mecánicas.

La normativa a seguir en este tipo de líneas es la ITC-LAT 06 además de la normativa de Iberdrola NI 56.43.02 donde se establecen las características de los cables unipolares de XLPE y cubierta de compuesto de poliolefina (Z1) para redes de AT hasta 30 kV.

Con esto, se calculará la sección por intensidad máxima, caída de tensión y corrientes de cortocircuito.

Una vez obtenida la sección necesaria, se calcularán las protecciones y se abordarán los cruzamientos, paralelismos y casos especiales.

3.2.1.- Cálculo sección

Como se ha comentado anteriormente, hay que comprobar que la sección elegida de 240mm² es correcta por los diferentes métodos comentados.

➤ INTENSIDAD MÁXIMA

Para este procedimiento, se sigue lo que establece la ITC-LAT 06 en su apartado nº6.

La intensidad nominal que circula por la instalación es la misma que circula al final de la línea aérea, por tanto, esta intensidad vale:

$$I_n = 17,5 \text{ A}$$

Para esta intensidad en principio bastaría con un conductor del tipo RHZ1-20L 12/20 kV 1X240 K Al+H16, que las características de dicho cable son:

Datos eléctricos	Intensidad máxima enterrados bajo tubo a 1 m de profundidad y resistencia del terreno igual a 1,5 °K m/W a 25 °C
$X = 0,101 \Omega/km$ $C = 0,295 \mu F/km$ $R_{90^\circ C} = 0,162 \Omega/km$	$I_{m\acute{a}x} = 345 \text{ A}$

Por tanto, cumple el criterio de intensidad máxima.

➤ CAÍDA DE TENSIÓN

La caída de tensión en la línea viene dada por la siguiente expresión:

$$\Delta U = \sqrt{3} I_n L (R \cos \varphi + X \sin \varphi) [V]$$

La longitud de la línea es 0,02 km, y el fdp vale 0,92; por tanto:

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot 17,5 \cdot 0,06 \cdot (0,162 \cdot 0,92 + 0,101 \cdot \sin 23,07) = 0,342 \text{ V}$$

Por tanto, la caída de tensión es ínfima tanto en valor absoluto como en porcentaje (0,0026%), por lo que cumple también por caída de tensión.

➤ CORTOCIRCUITO

Para comprobar por este método se emplea la siguiente expresión para obtener la intensidad que es capaz de soportar el conductor durante un cortocircuito, que se supone de un segundo de duración.

$$I_{cc adm} = \frac{K \cdot S}{\sqrt{t}} = \frac{93 \cdot 240}{\sqrt{1}} = 22320 \text{ A} = 22,32 \text{ kA}$$

Para la pantalla protección, por la que circula intensidad en los cortocircuitos fase-tierra, que es de cobre (por tanto, K=193) y de 16 mm²:

$$I_{cc adm p} = \frac{193 \cdot 16}{\sqrt{1}} = 2272 \text{ A} = 2,272 \text{ kA}$$

Ahora hay que comparar estas dos intensidades con las máximas que pueden llegar a circular por el cable. Para la primera, se sabe que la potencia de la STR

que alimenta la línea es de 350 MVA, por lo que esta potencia es la que limita la intensidad de cortocircuito. Entonces:

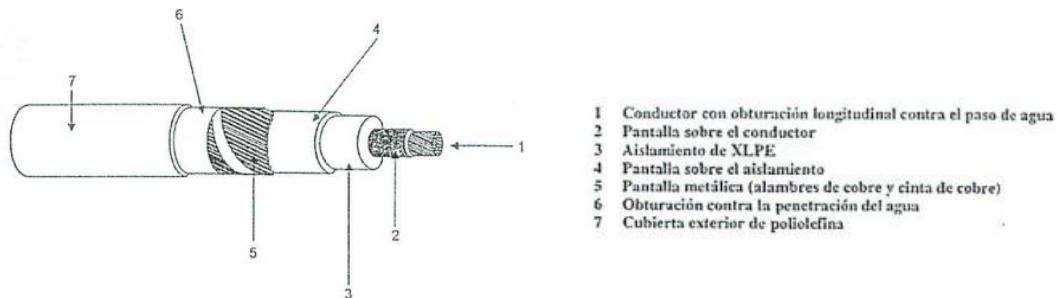
$$I_{cc\text{ máx}} = \frac{S}{U\sqrt{3}} = \frac{350}{20\sqrt{3}} = 15,3\text{ kA}$$

Por tanto, cumple este primer criterio. Para el segundo, se sabe que la intensidad de defecto fase-tierra está limitada en Béjar a 500 A, por lo que también cumple con este aspecto.

Resumiendo, el conductor elegido RHZ1-2OL 12/20 kV 1X240 K Al+H16 cumple y es adecuado para emplearlo en la línea del presente proyecto.

Destacar que se ha usado el tiempo de duración de la falta de 1 s, algo elevado, pero de esta forma se está del lado de la seguridad. Con un tiempo inferior podría instalarse un cable de sección 150 mm², pero debido a la escasa diferencia de precios (menos de 2 €/m) entre ambos conductores y la corta longitud de la línea, se ha optado por usar la sección de 240 mm², que además tiene como ventaja que, al ser la resistencia menor, las pérdidas por efecto Joule son menor y por tanto se amortizará esta pequeña diferencia de precios.

En la siguiente imagen se muestra la constitución y estructura de este tipo de calve:



3.2.2.- Protecciones de las líneas

Las protecciones de la línea subterránea se encuentran ya descritas en el apartado 3.1.7, ya que consiste en un CFES situado en el apoyo donde se produce el entronque aéreo-subterráneo.

3.2.3.- Cruzamientos, paralelismos y casos especiales

Conforme a lo establecido en el artículo 162 del Real Decreto 1955/2000, de 1 de diciembre, para las líneas subterráneas se prohíbe la plantación de árboles y construcción de edificios e instalaciones industriales en la franja definida por la zanja donde van alojados los conductores, incrementada a cada lado en una distancia mínima de seguridad igual a la mitad de la anchura de la canalización.

Aparte de esto, en el presente proyecto no se produce ningún tipo de cruzamiento o caso especial con carreteras, arroyos, otras líneas, etc., por lo que no será necesario realizar ninguna suposición especial para estas situaciones. 151

4.- CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

4.1.- Diseño de la instalación

Para realizar el diseño del CT, se ha utilizado un programa facilitado por el fabricante Ormazabal, denominado Amikit 5.0.

4.1.1.- Emplazamiento

El emplazamiento del centro de transformación (en adelante CT) se encuentra al final de la línea subterránea de MT. Para tener una ubicación geográfica del mismo, se puede consultar el documento Planos del presente proyecto.

4.1.2.- Características principales del CT tipo

A continuación, se muestran las principales características del CT escogido:

Potencia.....	400 kVA
Relación de transformación	20 kV/400 V
Refrigeración del transformador.....	Aceite
Volumen aceite	290 l

El Centro de Transformación, tipo cliente, objeto de este proyecto tiene la misión de suministrar energía, realizándose la medición de la misma en Media Tensión.

La energía será suministrada por la compañía i-DE a la tensión trifásica de 20 kV y frecuencia de 50 Hz, realizándose la acometida por medio de cables subterráneos.

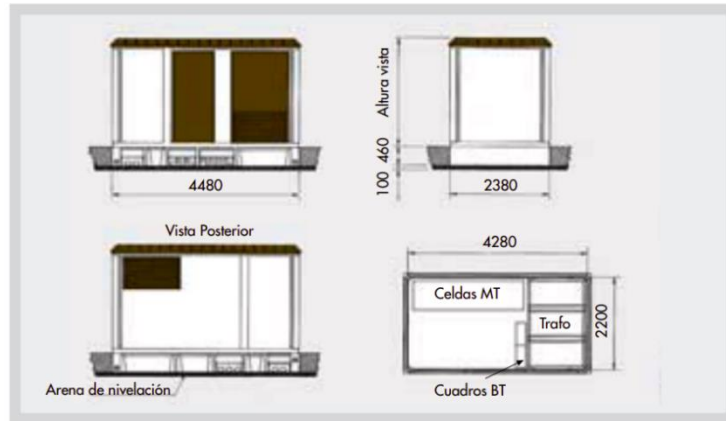
Los tipos generales de equipos de Media Tensión empleados en este proyecto son:

cgmcosmos: Celdas modulares de aislamiento y corte en gas, extensibles "in situ" a derecha e izquierda, sin necesidad de reponer gas.

El Centro de Transformación objeto de este proyecto consta de una única envolvente, en la que se encuentra toda la aparamenta eléctrica, máquinas y demás equipos.

4.1.3.- Edificio

Para este proyecto se ha optado por un edificio prefabricado de hormigón, en concreto el pfu-4/20. Los edificios pfu para CT, de superficie y maniobra interior (tipo caseta), constan de una envolvente de hormigón, de estructura monobloque, en cuyo interior se incorporan todos los componentes eléctricos, desde la aparamenta de MT, hasta los cuadros de BT, incluyendo los transformadores, dispositivos de control e interconexiones entre los diversos elementos. En la siguiente imagen se puede observar como es el citado edificio.



La envolvente de estos centros es de hormigón armado vibrado. Se compone de dos partes: una que aglutina el fondo y las paredes, que incorpora las puertas y rejillas de ventilación natural, y otra que constituye el techo.

Las piezas construidas en hormigón ofrecen una resistencia característica de 300 kg/cm^2 . Además, disponen de una armadura metálica, que permite la interconexión entre sí y al colector de tierras. Esta unión se realiza mediante latiguillos de cobre, dando lugar a una superficie equipotencial que envuelve completamente al centro. Las puertas y rejillas están aisladas eléctricamente, presentando una resistencia de $10 \text{ k}\Omega$ respecto de la tierra de la envolvente.

Las cubiertas están formadas por piezas de hormigón con inserciones en la parte superior para su manipulación.

En la parte inferior de las paredes frontal y posterior se sitúan los orificios de paso para los cables de MT y BT. Estos orificios están semiperforados, realizándose en obra la apertura de los que sean necesarios para cada aplicación. De igual forma, dispone de unos orificios semiperforados practicables para las salidas a las tierras exteriores.

El espacio para el transformador, diseñado para alojar el volumen de líquido refrigerante de un eventual derrame, dispone de dos perfiles en forma de "U", que se pueden deslizar en función de la distancia entre las ruedas del transformador.

Sobre la placa base y a una altura de unos 400 mm se sitúa la placa piso, que se sustenta en una serie de apoyos sobre la placa base y en el interior de las paredes, permitiendo el paso de cables de MT y BT a los que se accede a través de unas troneras cubiertas con losetas.

En la pared frontal se sitúan las puertas de acceso de peatones, las puertas del transformador (ambas con apertura de 180°) y las rejillas de ventilación. Todos estos materiales están fabricados en chapa de acero.

Las puertas de acceso disponen de un sistema de cierre con objeto de garantizar la seguridad de funcionamiento para evitar aperturas intempestivas de las mismas del CT. Para ello se utiliza una cerradura de diseño ORMAZABAL que anclan las puertas en dos puntos, uno en la parte superior y otro en la parte inferior.

Las rejillas de ventilación natural están formadas por lamas en forma de "V" invertida, diseñadas para formar un laberinto que evita la entrada de agua de lluvia en el CT y se complementa cada rejilla interiormente con una malla mosquitera.

El acabado de las superficies exteriores se efectúa con pintura acrílica rugosa de color blanco en las paredes y marrón en el perímetro de la cubierta o techo, puertas y rejillas de ventilación.

Las piezas metálicas expuestas al exterior están tratadas adecuadamente contra la corrosión.

Estos edificios prefabricados han sido acreditados con el Certificado de Calidad ISO 9001.

El equipo va provisto de alumbrado conectado y gobernado desde el cuadro de BT, el cual dispone de un interruptor para realizar dicho cometido.

Para la ubicación de los edificios PFU para Centros de Transformación es necesaria una excavación, cuyas dimensiones variarán en función de la solución adoptada para la red de tierras, sobre cuyo fondo se extiende una capa de arena compactada y nivelada de 100 mm de espesor.

4.1.4.- Celdas de alta tensión

Las celdas empleadas en este CT son del tipo cgmcosmos, que es un sistema de celdas de Media Tensión modulares bajo envoltorio metálica de aislamiento integral en gas SF₆ de acuerdo a la normativa UNE-EN 62271-200 para instalación interior, clase -5 °C según IEC 62271-1, hasta una altitud de 2000 m sobre el nivel del mar sin mantenimiento con las siguientes características generales estándar:

CONSTRUCCIÓN

- Cuba de acero inoxidable de sistema de presión sellado, según IEC 62271-1, conteniendo los elementos del circuito principal sin necesidad de reposición de gas durante 30 años.
- 3 divisores capacitivos de 24 kV.
- Bridas de sujeción de cables de Media Tensión diseñadas para sujeción de cables unipolares de hasta 630 mm² y para soportar los esfuerzos electrodinámicos en caso de cortocircuito.
- Alta resistencia a la corrosión, soportando 150 h de niebla salina en el mecanismo de maniobra según norma ISO 7253.

SEGURIDAD

- Enclavamientos propios que no permiten acceder al compartimento de cables hasta haber conectado la puesta a tierra, ni maniobrar el equipo con la tapa del compartimento de cables retirada. Del mismo modo, el interruptor y el seccionador de puesta a tierra no pueden estar conectados simultáneamente.
- Enclavamientos por candado independientes para los ejes de maniobra del interruptor y de seccionador de puesta a tierra, no pudiéndose retirar

la tapa del compartimento de mecanismo de maniobras con los candados colocados.

- Posibilidad de instalación de enclavamientos por cerradura independientes en los ejes de interruptor y de seccionador de puesta a tierra.

INUNDABILIDAD

- Equipo preparado para mantener servicio en el bucle de Media Tensión en caso de una eventual inundación de la instalación soportando ensayo de 3 m de columna de agua durante 24 h.

GRADOS DE PROTECCIÓN

- Celda / Mecanismos de Maniobra: IP 2XD según EN 60529.
- Cuba: IP X7 según EN 60529.
- Protección a impactos en:
 - Cubiertas metálicas: IK 08 según EN 5010.
 - Cuba: IK 09 según EN 5010.

CONEXIÓN DE CABLES

- La conexión de cables se realiza desde la parte frontal mediante unos pasatapas estándar.

ENCLAVAMIENTOS

La función de los enclavamientos incluidos en todas las celdas **cgmcosmos** es que:

- No se pueda conectar el seccionador de puesta a tierra con el aparato principal cerrado, y recíprocamente, no se pueda cerrar el aparato principal si el seccionador de puesta a tierra está conectado.
- No se pueda quitar la tapa frontal si el seccionador de puesta a tierra está abierto, y a la inversa, no se pueda abrir el seccionador de puesta a tierra cuando la tapa frontal ha sido extraída.

CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS

Tensión nominal 24 kV

Frecuencia 50 Hz

Impulso tipo rayo a tierra y entre fases 125 kV

Impulso tipo rayo a la distancia de seccionamiento 145 kV

4.1.4.1.- Celda de entrada

Para esta celda se ha elegido una celda cgmcosmos-I Interruptor.seccionador, celda con envolvente metálica, fabricada por Ormazabal formada por un módulo con las siguientes características:

CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS

La celda cgmcosmos-I de línea, está constituida por un módulo metálico con aislamiento y corte en gas, que incorpora en su interior un embarrado superior de cobre, y una derivación con un interruptor-seccionador rotativo, con capacidad de corte y aislamiento, y posición de puesta a tierra de los cables de acometida

inferior-frontal mediante bornas enchufables. Presenta también captadores capacitivos ekor.vpis para la detección de tensión en los cables de acometida y alarma sonora de prevención de puesta a tierra ekor.sas. Las características físicas son las siguientes:

Ancho.....	365 mm
Fondo.....	735 mm
Alto.....	1740 mm
Peso.....	95 kg
Mecanismo de maniobra del interruptor.....	Manual tipo B

CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS

Tensión asignada	24 kV
Intensidad asignada	400 A
Intensidad de corta duración (1 s), eficaz	16 kA
Intensidad de corta duración (1 s), cresta	40 kA
Nivel de aislamiento	
Frecuencia industrial (1 min) a tierra y entre fases.....	28 kV
Impulso tipo rayo a tierra y entre fases (cresta)	75 kV

4.1.4.2.- Celda protección general

Para esta celda se ha elegido una celda cgmcosmos-p, con envolvente metálica, fabricada por ORMAZABAL, formada por un módulo con las siguientes características:

CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS

La celda cgmcosmos-p de protección con fusibles, está constituida por un módulo metálico con aislamiento y corte en gas, que incorpora en su interior un embarrado superior de cobre, y una derivación con un interruptor-seccionador rotativo, con capacidad de corte y aislamiento, y posición de puesta a tierra de los cables de acometida inferior-frontal mediante bornas enchufables, y en serie con él, un conjunto de fusibles fríos, combinados o asociados a ese interruptor. Presenta también captadores capacitivos para la detección de tensión en los cables de acometida y puede llevar una alarma sonora de prevención de puesta a tierra ekor.sas, que suena cuando habiendo tensión en la línea se introduce la palanca en el eje del seccionador de puesta a tierra. Al introducir la palanca en esta posición, un sonido indica que puede realizarse un cortocircuito o un cero en la red si se efectúa la maniobra. Las características físicas son las siguientes:

Ancho.....	470 mm
Fondo.....	735 mm
Alto.....	1740 mm

Peso.....	140 kg
Mecanismo de maniobra del interruptor.....	Manual tipo B

CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS

Tensión asignada	24 kV
Intensidad asignada en el embarrado.....	400 A
Intensidad asignada en la derivación.....	200 A
Intensidad fusibles	3x31,5 A
Intensidad de corta duración (1 s), eficaz	16 kA
Intensidad de corta duración (1 s), cresta	40 kA
Nivel de aislamiento	
Frecuencia industrial (1 min) a tierra y entre fases.....	50 kV
Impulso tipo rayo a tierra y entre fases (cresta)	125 kV
Capacidad de cierre (cresta).....	40 kA
Relé de protección	ekor.rpt-201A

4.1.4.3.- Celda de medida

Para esta celda se ha elegido una celda cgmcosmos-m, fabricada por ORMAZABAL, formada por un módulo con las siguientes características:

CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS

La celda cgmcosmos-m de medida es un módulo metálico, construido en chapa galvanizada, que permite la incorporación en su interior de los transformadores de tensión e intensidad que se utilizan para dar los valores correspondientes a los aparatos de medida, control y contadores de medida de energía.

Por su constitución, esta celda puede incorporar los transformadores de cada tipo (tensión e intensidad), normalizados en las distintas compañías suministradoras de electricidad.

La tapa de la celda cuenta con los dispositivos que evitan la posibilidad de contactos indirectos y permiten el sellado de la misma, para garantizar la no manipulación de las conexiones. Las características físicas son las siguientes:

Ancho.....	800 mm
Fondo.....	1025 mm
Alto.....	1740 mm
Peso.....	165 kg

Otras características constructivas son la instalación de transformadores de medida, 3 TT y 3 TI, de aislamiento seco y construidos atendiendo a las correspondientes normas UNE y CEI.

Los transformadores de tensión tienen las siguientes características:

Relación de transformación	22000/V3-110/V3 V
Potencia.....	15 VA
Clase de precisión	0,5

Los transformadores de intensidad tienen las siguientes características:

Relación de transformación	5-10/5 A
Intensidad térmica.....	80 In(mín. 5 kA)
Potencia.....	15 VA
Clase de precisión	0,5

4.1.5.- Transformador

El transformador elegido es un transformador trifásico reductor de tensión, de marca ORMAZABAL, con neutro accesible en el secundario, de potencia 400 kVA y refrigeración natural aceite, de tensión primaria 20 kV y tensión secundaria 420 V en vacío. Algunas características remarcables del transformador son:

CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS				DIMENSIONES ESTÁNDAR (mm) (otras dimensiones)		
Potencia en kVA		250	400	Potencia en kVA	250	400
Tensión	Primaria			A (Largo)	1120	1430
Asignada	Secundaria en Vacío*			B (Ancho)	880	890
Regulación sin Tensión		$\pm 2,5 \pm 5\%$		C (Alto a tapa)	820	910
Grupo de Conexión*				D1 (Alto a MT)	1205	1295
Pérdidas en Vacío (W)*		650	930	D2 (Alto a BT)	996	1086
Pérdidas en Carga (W)*		3250	4600	E (MT)	155	160
Impedancia de Cortocircuito % a 75° C *		4	4	F (MT)	275	275
Intensidad de Vacío al 100% de Vn*		2	1,8	G (BT)	145	155
Nivel de Potencia Acústica*		62	65	H (BT)	150	150
Caída de Tensión	cos ϕ = 1	1,4	1,2	J (Carros)	670	670
a Plena Carga %	cos ϕ = 0,8	3,3	3,2	K (Ancho de ruedas)	40	40
Rendimiento (%)	Carga cos ϕ = 1	98,5	98,6	Ø (Ruedas)	125	125
	100% cos ϕ = 0,8	98,1	98,3	L (Rueda)	110	110
	Carga cos ϕ = 1	98,7	98,8	PASABARRAS BT (d1 Métrica)	M-20	M-20
	75% cos ϕ = 0,8	98,4	98,6	PASABARRAS BT (Amp)	630	630
				VOL. ACEITE (Litros)*	240	300
				PESO TOTAL (Kg)	980	1390

* Otras posibilidades bajo contrato

* Densidad del aceite 0,88gr/cm³ a 20° C
** Dimensiones sin el depósito de expansión.

4.1.6.- Interconexión celda-transformador

En este apartado se describen las conexiones desde las celdas de media tensión hasta el transformador. Esto se hace mediante cables MT 12/20 kV del tipo HEPRZ1, unipolares, con conductores de sección y material 1x50 mm² Al.

La terminación al transformador es EUROMOLD de 24 kV del tipo enchufable acodada y modelo K158LR.

En el otro extremo, en la celda, es EUROMOLD de 24 kV del tipo atornillable y modelo K430TB.

4.1.7.- Unidades de protección, automatismo y control

Para proteger al transformador se emplea una unidad de protección Ekor-rpt. Esta es una Unidad digital de protección desarrollada para su aplicación en la función de protección de transformadores. Aporta a la protección de fusibles protección contra sobrecargas y defectos fase-tierra de bajo valor. Es autoalimentado a partir de 5 A a través de transformadores de intensidad toroidales, comunicable y configurable por software con histórico de disparos.

Sus características principales son que admite un rango de potencias de 50 kVA-2500 kVA y tiene las siguientes funciones de protección:

- Sobreintensidad en fases y neutro
- Detección de faltas a tierra desde 0,5 A.
- Bloqueo de disparo del interruptor: 1200 A y 300 A.
- Evita fusiones no seguras de fusibles.
- Configuración por software (RS-232) y comunicable (RS-485).
- Histórico de disparos.
- Medidas de intensidad.

Los elementos que componen este sistema de control son los que se describen en los párrafos siguientes.

Relé electrónico que dispone en su carátula frontal de teclas y display digital para realizar el ajuste y visualizar los parámetros de protección, medida y control. Para la comunicación dispone de un puerto frontal RS232 y en la parte trasera un puerto RS485 (5 kV).

Los sensores de intensidad son transformadores toroidales que tienen una relación de 300 A / 1 A. Para la opción de protección homopolar ultrasensible se coloca un toroidal adicional que abarca las tres fases. En el caso de que el equipo sea autoalimentado (desde 5 A por fase) se debe colocar 1 sensor adicional por fase.

La tarjeta de alimentación acondiciona la señal de los transformadores de autoalimentación y la convierte en una señal de CC para alimentar el relé de forma segura. Dispone de una entrada de 230 V_{ca} para alimentación auxiliar exterior con un nivel de aislamiento de 10 kV.

El disparador biestable es un actuador electromecánico de bajo consumo integrado en el mecanismo de maniobra del interruptor.

4.1.8.- Interconexión transformador-cuadro BT

Las interconexiones del transformador al CBT son un juego de puentes de cables de BT, de sección y material 0,6/1 kV tipo RZ1 de 1x240Al sin armadura, y todos los accesorios para la conexión, formados por un grupo de cables en la cantidad 3xFase + 2xNeutro.

4.1.9.- Cuadros de protecciones de BT

El cuadro de baja tensión (CBT) es un conjunto de aparataje de BT cuya función es recibir el circuito principal de BT procedente del transformador MT/BT y distribuirlo en un número determinado de circuitos individuales.

El cuadro tiene las siguientes características:

- Interruptor manual de corte en carga de 630 A
- 1 salida formada por bases portafusibles.
- Interruptor diferencial bipolar de 25 A, 30 mA.
- Base portafusible de 32 A y cartucho portafusible de 20 A.
- Base enchufe bipolar con toma de tierra de 16 A/ 250 V.
- Bornas (alimentación a alumbrado) y pequeño material.

El nivel de aislamiento a frecuencia industrial a tierra y entre fases es de 10kV.
El nivel de aislamiento en un impulso tipo ratio es de 20 kV.

Las dimensiones de dicho cuadro son:

Altura 1820 mm
Anchura 580 mm
Fondo..... 300 mm

4.2.- Instalaciones de puesta a tierra

Para realizar el cálculo de las puestas a tierra, se seguirán las prescripciones establecidas en la ITC-RAT-13, de puestas a tierra, además de las recomendaciones UNESA para puestas a tierra de CT.

En estas recomendaciones, se exponen una serie de tabla con diferentes configuraciones de puestas a tierra, donde para cada configuración se dan los siguientes datos:

Resistencia de puesta a tierra	K_r	$\left[\frac{\Omega}{\Omega \cdot m} \right]$
Tensión de paso máxima	K_p	$\left[\frac{V}{(\Omega \cdot m) \cdot A} \right]$
Tensión de contacto exterior máxima	K_c	$\left[\frac{V}{(\Omega \cdot m) \cdot A} \right]$

Como se puede observar, estos valores son unitarios. Entonces, multiplicando K_r por el valor de la resistividad del terreno, se obtiene la resistencia de puesta a tierra.

$$R_t = K_r \cdot \rho \quad [\Omega]$$

Con este valor calculado, ya se puede calcular la intensidad de defecto a tierra mediante la siguiente expresión:

$$I_d = \frac{U}{\sqrt{3} \sqrt{(R_n + R_t)^2 + X_n^2}} \quad [A]$$

Donde:

I_d es la intensidad máxima de defecto a tierra en amperios.

U es la tensión compuesta de servicio de la red en voltios.

R_n es la resistencia de la puesta a tierra del neutro de la red en ohmios, que en la instalación del presente proyecto es de 17 Ω .

R_t es la resistencia de la puesta a tierra de protección del centro de transformación, en ohmios.

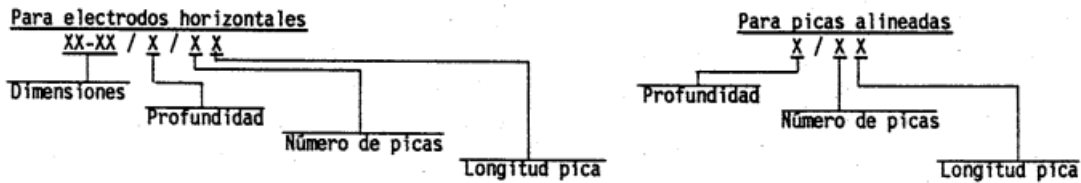
X_n es la reactancia de puesta a tierra del neutro de la red en ohmios, que en la instalación del presente proyecto es de 0Ω .

Una vez se tiene este valor, ya se pueden obtener los valores de la tensión de paso máxima y de la tensión de contacto exterior máxima, con las siguientes expresiones:

$$V_p = K_p \cdot \rho \cdot I_d [V]$$

$$V_c = K_c \cdot \rho \cdot I_d [V]$$

Las configuraciones de las recomendaciones UNESA vienen dadas por la siguiente nomenclatura:



Los valores corresponden a electrodos con picanas de 14 mm de diámetro y conductor de cobre desnudo de 50 mm² de sección.

Para este proyecto, la configuración que se ha escogido es 50-30/5/42. Las características de esta configuración son:

Rectángulo de 5.0 m x 3.0 m.

Sección conductor = 50 mm².
Diámetro picanas = 14 mm.
 L_p = Longitud de la pica en m.

PROFUNDIDAD = 0'5 m

CONFIGURACION	L_p (m)	RESISTENCIA K_r	TENSION DE PASO K_p	TENSION DE CONTACTO EXT $K_c = K_{p(acc)}$	CODIGO DE LA CONFIGURACION
Sin picanas	-	0.123	0.0252	0.0755	50-30/5/00
4 picanas	2	0.093	0.0210	0.0461	50-30/5/42
	4	0.076	0.0164	0.0329	50-30/5/44
	6	0.064	0.0134	0.0253	50-30/5/46
	8	0.056	0.0113	0.0205	50-30/5/48

Para el cálculo de la puesta a tierra es necesario obtener el valor de la resistencia media del terreno. Según la ITC-RAT-13, para instalaciones de tercera categoría y de intensidad de cortocircuito a tierra inferior o igual a 16 kA, como es el caso del presente proyecto, se admite la posibilidad de estimar la resistividad del terreno. La citada norma proporciona la siguiente tabla:

TABLA 1

NATURALEZA DEL TERRENO	RESISTIVIDAD EN OHMIOS METRO
Terrenos pantanosos	de algunas unidades a 30
Limo	30
Humus	20 a 100
Turba húmeda	10 a 150
Arcilla plástica	5 a 100
Margas y arcillas compactas	50
Margas del jurásico	100 a 200
Arena arcillosa	30 a 40
Arena silícea	50 a 500
Suelo pedregoso cubierto de césped	200 a 3000
Suelo pedregoso desnudo	300 a 500
Calizas blandas	1500 a 3000
Calizas compactas	100 a 300
Calizas agrietadas	1000 a 5000
Pizarras	500 a 1000
Rocas de mica y cuarzo	50 a 300
Granitos y gres procedentes de alteración	800
Granitos y gres muy alterados	1500 a 10000
Hormigón	100 a 600
Basalto o grava	2000 a 3000
	3000 a 5000

Por tanto, se estima la resistividad en unos 350 Ω .

Las características eléctricas de la red y del terreno son:

CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS DE LA RED	
Frecuencia (Hz)	50
Duración de la falta t_f (segundos)	1
Tensión compuesta nominal de la línea de MT que alimenta el Centro de Transformación	20.000
Resistencia del neutro del transformador de la Subestación que alimenta el Centro de T. (A)	17
Reactancia del neutro del transformador de la Subestación que alimenta el Centro de T. (A)	0
Intensidad de arranque de la protección de la línea que acomete el Centro de T. (A)	100

CARACTERÍSTICAS DEL TERRENO	
¿Hay capa superficial de grava, hormigón u otro material?	Sí
Espesor de la capa superficial (m)	0,3
Resistividad de la capa superficial ($\Omega \cdot m$)	3.000
Resistividad del terreno ($\Omega \cdot m$)	350
Coefficiente reductor de la resistividad superficial C_s	0,867

El coeficiente reductor de la resistividad superficial se calcula con la siguiente expresión:

$$C_s = 1 - 0,106 \left[\frac{1 - \frac{\rho_{\text{terreno}}}{\rho_{\text{superficial}}}}{2 \cdot h_s + 0,106} \right]$$

Para comprobar que la configuración elegida es correcta, se tiene que cumplir lo siguiente:

$$k_r \leq k_{r \text{ máx}}$$

Siendo

$$k_{r \text{ máx}} = \frac{R_{t \text{ máx}}}{\rho}$$

El valor de la resistencia máxima de los electrodos de puesta a tierra en ohmios es el valor que garantiza que en caso de producirse un defecto a tierra en el lado de media tensión, las instalaciones de baja tensión no se ven sometidas a una tensión superior a su nivel de aislamiento. Viene dado por la siguiente expresión:

$$R_{t\text{ máx}} = \frac{V_{asi}}{I_d} = \frac{V_{ais} \cdot \sqrt{3} \sqrt{(R_n + R_{t\text{ máx}})^2 + X_n^2}}{U}$$

Desarrollando la expresión anterior se puede despejar el valor de $R_{t\text{ máx}}$ que es el siguiente:

$$R_{t\text{ máx}} = \frac{2 \cdot R_n + \sqrt{4 \cdot R_n^2 + 4 \cdot \left(\frac{U^2}{3 \cdot V_{ais}} - 1 \right) \cdot X_n^2}}{2 \left(\frac{U^2}{3 \cdot V_{ais}} - 1 \right)} [\Omega]$$

Sustituyendo valores:

$$R_{t\text{ máx}} = \frac{2 \cdot 17 + \sqrt{4 \cdot 17^2}}{2 \left(\frac{20000^2}{3 \cdot 10000^2} - 1 \right)} = 102 \Omega$$

$$k_{r\text{ máx}} = \frac{102}{350} = 0,291 > 0,093 = k_r$$

Por tanto, LA CONFIGURACIÓN ESCOGIDA ES CORRECTA.

Con estos valores, ya se puede calcular los valores correspondientes a la configuración seleccionada:

VALORES CORRESPONDIENTES A LA CONFIGURACIÓN SELECCIONADA PARA LA TIERRA DE PROTECCIÓN					
Resistencia Rt (Ω)	32,55	Intensidad Id (A)	233,04	Tensión de defecto(V)	7585,37
Tensión de paso (V)	1712,83	Tensión contacto (V)	3760,06	Tens.paso acceso (V)	3760,06

La tensión de paso de acceso es la misma que la tensión de contacto debido a que existe una malla equipotencial en el interior del CT conectada al electrodo de tierra.

Una vez obtenidos estos valores, hay que comprobar que cumplen con los establecidos en la ITC-RAT-13. En la tabla 1 de la citada norma, se establecen los valores de la tensión de contacto aplicada admisible en función de la duración de la corriente de falta.

Duración de la corriente de falta, t _F (s)	Tensión de contacto aplicada admisible, U _{ca} (V)
0.05	735
0.10	633
0.20	528
0.30	420
0.40	310
0.50	204
1.00	107
2.00	90
5.00	81
10.00	80
> 10.00	50

Esta tensión es la que es capaz de soportar el cuerpo humano entre la mano y los pies, considerando únicamente la impedancia propia del cuerpo humano, tal que la probabilidad de fibrilación ventricular sea del 5%.

El valor de la tensión de paso aplicada admisible entre los dos pies considerando únicamente la impedancia del cuerpo humano se define como diez veces el valor de la tensión de contacto aplicada admisible.

Para obtener los valores reales de la tensión de contacto y paso admisible, hay que considerar todas las impedancias que se encuentran en el circuito, tales como la resistencia de los zapatos, resistencia a tierra del punto de contacto del zapato con el terreno, etc. Con estas impedancias se tienen las siguientes expresiones:

$$U_c = U_{ca} \left[1 + \frac{\frac{R_{a1}}{2} + 1,5 \cdot \rho_{superficial}}{1000} \right] [V]$$

$$U_p = 10 \cdot U_{ca} \left[1 + \frac{2 \cdot R_{a1} + 6 \cdot \rho_{superficial}}{1000} \right] [V]$$

Donde:

R_{a1} es la resistencia equivalente del calzado de un pie cuya suela sea aislante. Suele emplearse un valor de 2000 Ω .

Los valores para este caso particular son los siguientes:

TENSIONES MÁXIMAS ADMISIBLES SEGÚN ITC-RAT 13	
Tensión de contacto aplicada máxima (V)	107
Tensión de paso aplicada máxima (V)	1070
Tensión de contacto máxima admisible (V)	631,64
Tensión de paso máxima admisible (V)	7597,00
Tensión de paso máxima admisible en el acceso (V)	14826,32

Si se comparan los valores:

COMPROBACIÓN DEL DISEÑO ELEGIDO PARA LA PUESTA A TIERRA DE PROTECCIÓN					
Intensidad de defecto $I_d \geq I$ arranque de la protección					
I_d sin asimetría (A)	233,04	I arranque (A)	100,00	Cumplimiento:	CUMPLE
Tensión de defecto $V_d \leq$ Nivel de aislamiento de las instalaciones de BT					
V_d (V)	7585,37	Nivel aislamiento (V)	10.000	Cumplimiento:	CUMPLE
Tensión de paso $V_p \leq$ Tensión de paso máxima admisible (ITC-RAT 13)					
V_p (V)	1712,83	V_p máx (V)	7597,00	Cumplimiento:	CUMPLE
Tensión de contacto $U_c \leq$ Tensión de contacto máxima admisible (ITC-RAT 13)					
V_c (V)	3760,06	V_c máx (V)	631,64	Cumplimiento:	NO CUMPLE
Se adoptarán medidas adicionales para que la tensión de contacto sea despreciable					Sí
Tensión de paso en el acceso $V_p \text{ (acc)} \leq$ Tensión de paso máxima admisible en el acceso (ITC-RAT 13)					
$V_p \text{ (acc)}$ (V)	3760,06	$V_p \text{ (acc)}$ máx (V)	14826,32	Cumplimiento:	CUMPLE
Tensión de defecto $V_d \leq$ Máxima tensión admitida para disponer una tierra única (ITC-RAT 13)					
V_d (V)	7585,37	Tensión admisible (V)	1000	Cumplimiento:	OBLIG. TIERRAS SEPARADAS
EL DISEÑO DE LA TIERRA DE PROTECCIÓN ES CORRECTO					

Como se puede observar, la condición de tensión de contacto no se cumple. Sin embargo, se considera el diseño correcto debido a que como se ha comentado anteriormente, existe una malla equipotencial dentro del CT formada por un mallazo electrosoldado de retícula 0,3x0,3 m de redondo 4 conectado a la puesta de tierra de protección del CT en dos puntos opuestos y recubierto con una capa de hormigón de al menos 10 cm de espesor.

Además, las puertas y rejillas metálicas que den al exterior estarán aisladas y no existirán partes metálicas puestas a tierra dentro del CT que se puedan tocar teniendo los pies en el exterior del centro.

Si se hace todo esto, la tensión de contacto es cero (normativa de Iberdrola MT 2.11.34, basándose en recomendaciones UNESA).

A continuación, se realizará la elección del sistema de puesta a tierra del neutro. La disposición escogida también se recoge en las recomendaciones UNESA, pero en este caso se va a optar por una disposición en hilera, de las que anteriormente se ha explicado su nomenclatura.

En este caso, la disposición adoptada es 5/42. Las características de esta disposición son:

Picas en hilera unidas por un conductor horizontal.
Separación entre picas : 3 m
Longitud pica = 2 m.
Sección conductor = 50 mm².
Diámetro picas = 14 mm.

PROFUNDIDAD = 0'5 m.

NUMERO DE PICAS	RESISTENCIA K _r	TENSION DE PASO K _p	CODIGO DE LA CONFIGURACION
2	0,201	0,0392	5/22
3	0,135	0,0252	5/32
4	0,104	0,0184	5/42
6	0,073	0,0120	5/62
8	0,0572	0,00345	5/82

Aplicando las mismas fórmulas usadas anteriormente, se obtiene el valor de la resistencia de puesta a tierra:

ELECCIÓN DE LOS ELECTRODOS PARA LA PUESTA A TIERRA DEL NEUTRO					
Seleccionar la disposición de los electrodos para la tierra del neutro: rectangular o en hilera					HILERA
Seleccionar la configuración de la tierra del neutro (ver hoja TABLAS_UNESA)					5/42
CARACTERÍSTICAS DE LA CONFIGURACIÓN DE ELECTRODOS ELEGIDA					
Tipo	HILERA	Sec. del cond. (mm ²)	50	Dpicas (mm)	14
Largo (m)	9	Ancho (m)	0	Long. total cond. (m)	9
Nº de picas	4	Longitud picas (m)	2	Long. total picas (m)	8
Profund. Cond. (m)	0,5	Volum. cond. (dm ³)	0,45	Volum. picas (dm ³)	1,23
K _r (Ω/Ω.m)	0,1040	Resistencia Rt (Ω)	36,4		

Por último, hay que verificar que este valor es aceptable. Se recomienda que este valor no exceda de 37 Ω.

COMPROBACIÓN DEL DISEÑO ELEGIDO PARA LA PUESTA A TIERRA DEL NEUTRO					
Resistencia del neutro ≥ Resistencia máxima recomendada					
Resis. neutro (Ω)	36,40	Resis. Máxima (Ω)	37	Cumplimiento:	CUMPLE
EL DISEÑO DE LA TIERRA DEL NEUTRO ES CORRECTO					

Para terminar este apartado de puestas a tierra, es necesario calcular la separación mínima necesaria entre la tierra de protección y la tierra del neutro. En las recomendaciones UNESA se establece la siguiente expresión para calcular esta distancia, que se obtiene de considerar que la tensión inducida sobre el electrodo de puesta a tierra del neutro de BT al producirse un defecto a tierra no debe superar los 1000 V.

$$D \geq \frac{\rho \cdot I_d}{2000 \pi} = \frac{350 \cdot 233,04}{2000 \cdot \pi} = 12,98 \text{ m}$$

4.3.- Materiales de seguridad y de primeros auxilios

Los materiales de seguridad y de primeros auxilios vienen especificados en la norma de Iberdrola MT 2.11.03. En ella se establece que debe haber:

- Banqueta aislante.
- Señalización de seguridad: se dotarán señal de riesgo eléctrico, señal de acceso a Centro de Transformación, cartel de primeros auxilios, cartel de las cinco reglas de oro, cartel de uso obligatorio de los EPI, cartel de teléfonos de emergencia, cartel de posibles riesgos, etc., y se rellenarán los carteles de teléfonos de emergencia y posibles riesgos asociados a la instalación.
- Carteles de identificación y rotulado de centros de transformación y sus elementos de maniobra y protección.

5.- CONCLUSIÓN Y FIRMA

Con todas las justificaciones y cálculos mostrados anteriormente, se da por concluido el presente anejo de media tensión

III.- Anejo de baja tensión

1.- INTRODUCCIÓN Y OBJETO

En este anejo se realizarán todos los cálculos tendentes a dimensionar la instalación de baja tensión de la fábrica, con una tensión de suministro de 400 V entre fases y 230 V entre fase y neutro en corriente alterna trifásica de 50 Hz, proporcionada por un transformador 20 kV/400 V.

También se realizará el diseño de todos los cuadros de protección para proteger contra sobrecorrientes, cortocircuitos y contactos directos e indirectos por parte de personas.

Para ello, se definen las siguientes potencias:

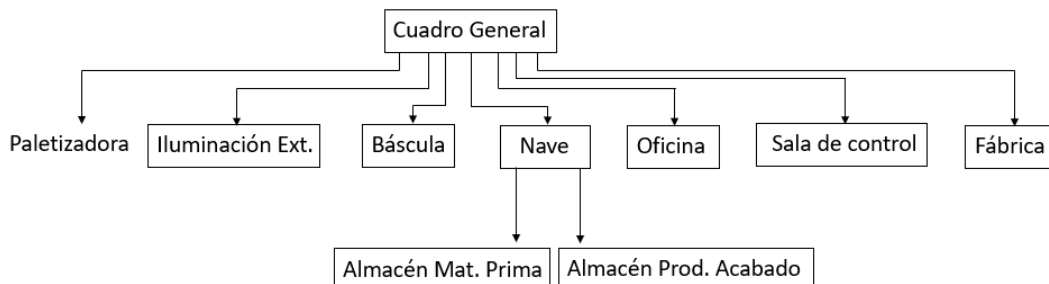
P_i	Potencia instalada	Es la suma de las potencias nominales de todos los receptores.
P_{sim}	Potencia simultánea	Es la máxima que debe suministrar un circuito, limitada por su protección magnetotérmica o fusible de cabecera.
P_{ad}	Potencia admisible	Viene limitada por el elemento singular más restrictivo de la cabecera de la red interior.

Entonces, lo primero es obtener la potencia instalada, para luego, mediante la aplicación de los coeficientes de simultaneidad poder obtener la potencia simultánea y la potencia admisible.

2.- PREVISIÓN Y REPARTO DE CARGAS

Para desarrollar este apartado, lo primero que hay que realizar es una división aproximada de la instalación en diferentes cuadros, para luego poder ir añadiendo circuitos a los diferentes cuadros y así poder tener la potencia bien distribuida.

A continuación, se muestra un diagrama de bloques que muestra de forma esquemática la instalación:



Con este diagrama de bloques, se muestra una tabla con los circuitos distribuidos por cuadros, así como la potencia de cada uno:

PREVISIÓN DE CARGAS POR CUADRO				
CUADROS	CIRCUITOS	FASES	Pn (W)	NOTAS
Cuadro General				
0.01	Cuadro_01	RST		Iluminación Exterior
0.02	Cuadro_02	RST		Báscula
0.03	Cuadro_03	RST		Nave
0.04	Cuadro_04	S		Oficina
0.05	Cuadro_05	T		Sala de control
0.06	Cuadro_06	RST		Fábrica
0.07	Paletizadora	RST	180000	Paletizadora KMPM 508 o similar
Cuadro_01				Iluminación Exterior
1.01	Ilum_Fachada	R	197	Iluminación fachada principal
1.02	Ilum_Fachada_2	S	236,4	Iluminación fachada lateral
1.03	Ilum_Aparcamiento	T	630,4	Iluminación aparcamiento y caldera
Cuadro_02				Báscula
2.01	Ilum_01	R	144	Iluminación interior
2.02	Ilum_02	S	78,8	Iluminación exterior
2.03	Fuerza	T	2000	Ordenador, radiador, etc.
Cuadro_03				Nave
Cuadro_03.1				Almacén Materias Primas
3.11	Ilum_01	R	928	Iluminación zona finos
3.12	Ilum_02	S	928	Iluminación zona medios
3.13	Ilum_03	T	928	Iluminación zona gruesos
3.14	Ilum_04	R	2088	Iluminación pasillo central
3.15	Ilum_05	R	58	Iluminación baños
Cuadro_03.2				Almacén Producto Acabado
3.21	Ilum_01	R	1895	Iluminación zona 1
3.22	Ilum_02	S	1895	Iluminación zona 2
3.23	Ilum_03	T	1895	Iluminación zona 3
Cuadro_04				Oficina
4.01	Iluminación	S	1035	Iluminación de todas las oficinas
4.02	Ordenadores	S	2400	Ordenadores (6x400 W)
4.03	Fuerza	S		No se asigna potencia. Se calcula sección con 16A
Cuadro_05				Sala de control
5.01	Iluminación	T	290	Iluminación de la sala de control
5.02	Ordenadores	T	1600	Ordenadores (4x400 W)
5.03	Fuerza	T		No se asigna potencia. Se calcula sección con 16A
Cuadro_06				Fábrica
6.01	Ilum_01	R	2088	Iluminación zona derecha nave
6.02	Ilum_02	S	2088	Iluminación zona central nave

6.03	Ilum_03	T	2088	Iluminación zona izquierda nave
6.04	Cintas_01	RST	12000	Cintas 1.1 a 1.4 (4x3 kW)
6.05	Cintas_02	RST	12000	Cintas 2.1 a 2.4 (4x3 kW)
6.06	Cintas_03	RST	10000	Cintas 3.1 a 3.4 (2x3 kW + 1x4 kW)
6.07	Astilladora	RST	55000	Astilladora BX216 o similar
6.08	Mezcladora	RST	20000	Mezclador horizontal WBH o similar
6.09	Separador_Mag	RST	2000	Separador magnético DND-AC M7 F Panther o similar
6.10	Trómel	RST	22000	Secador de tambor rotatorio HZG24 o similar
6.11	Caldera	RST	10000	Horno combustible sólido seria RSL-I o similar
6.12	Molino	RST	90000	Molino de martillos MFSP66*80 o similar
6.13	Ciclón	RST	26000	Ciclón separador KD-100 o similar
6.14	Enfriadora	RST	2000	Enfriador a contracorriente SLNF 15X15 o similar
6.15	Tamiz	RST	7000	Tamiz vibratorio lineal DZSF-2050 o similar
6.16	Ensacadora	RST	2000	Ensacadora semiautomática ILERFIL AB o similar
6.17	FuerzaM_01	T		Tomas de fuerza monofásicas
6.18	FuerzaM_02	T		
6.19	FuerzaM_03	T		
6.20	FuerzaT_01	RST		Tomas de fuerza trifásicas
6.21	FuerzaT_02	RST		
6.22	FuerzaT_03	RST		

Como se puede observar, se ha optado por conectar una máquina (la paletizadora en este caso) directamente al cuadro general. Esto se hace para poder garantizar la selectividad, que de esta forma se pueden colocar protecciones de menor calibre en los cuadros inferiores y así garantizar una correcta selectividad.

También cabe destacar que a los circuitos de fuerza no se les ha asignado una potencia específica, ya que puede ser muy variada y no representa un consumo fijo de la fábrica. Además, como nunca van a estar todas las máquinas funcionando simultáneamente, se van a poder usar estos circuitos con la potencia prevista.

Para obtener el valor de la potencia instalada, no se pueden sumar directamente las potencias anteriores, debido a que unas son trifásicas y otras monofásicas. Para ello, hay que sumar las potencias fase por fase, quedándonos el siguiente valor:

	Fase R	Fase S	Fase T
$P_{\text{máx}}$ (kW)	157,34	158,72	159,43

Entonces la potencia instalada es la suma de estas tres potencias, que vale:

$$P_{\text{instalada}} = 475,49 \text{ kW}$$

2.1.- Coeficientes de simultaneidad

En este apartado se establecen los coeficientes de simultaneidad aplicables a cada cuadro, con su correspondiente justificación.

- Cuadro_01: En este cuadro se establece un coeficiente de simultaneidad de 1 ya que cuando se enciendan la iluminación exterior normalmente estarán todas las farolas encendidas para poder tener un nivel de iluminación adecuado para atender a los clientes y desarrollar la propia actividad productiva.
- Cuadro_02: En este cuadro se establece un coeficiente de simultaneidad de 0,8 debido a que la iluminación siempre va a estar encendida toda a la vez y un ordenador que puede estar conectado al circuito de fuerza consume en torno a 300 W, quedándonos bastante margen para poder conectar algún otro elemento más.
- Cuadro_03: Para establecer el coeficiente de simultaneidad de este cuadro primero hay que estudiar los subcuadros en los que se divide.
 - Cuadro_03.1: En este cuadro, que solo tiene conectado a él circuitos de iluminación también se pondrá un coeficiente de simultaneidad de 1 debido a que es muy frecuente que se encuentren todas encendidas a la vez.
 - Cuadro_03.2: En este cuadro, se establece igualmente un coeficiente de simultaneidad de 1 por el mismo motivo que en el cuadro anterior.

Como los tres cuadros pueden estar funcionando de manera simultánea, se adoptará un coeficiente de simultaneidad de 1.

- Cuadro_04: En este cuadro se establece un coeficiente de simultaneidad de 0,8 ya que será infrecuente que se encuentren encendidos todos los ordenadores a la vez junto con todas las luces.
- Cuadro_05: Se toma también un coeficiente de simultaneidad de 0,8 como en el cuadro anterior.
- Cuadro_06: En este cuadro se establecerá un coeficiente de simultaneidad de 0,7, ya que las máquinas no estarán siempre funcionando simultáneamente a la máxima potencia, teniendo por tanto un margen en el dimensionado de las mismas.

Como todos los cuadros es muy improbable que estén funcionando al mismo tiempo a plena carga, añadido a que del cuadro general sale una máquina de gran potencia que la mayor parte del tiempo no funciona a su potencia máxima, se adopta un coeficiente de simultaneidad para el cuadro general de 0,85.

2.2.- Cuadro de potencias extendido

En este punto se desglosan las potencias activa, reactiva y aparente, así como el factor de potencia de cada circuito y el coeficiente de simultaneidad de cada cuadro.

PREVISIÓN DE CARGAS POR CUADRO							
CUADROS	CIRCUITOS	FASES	Pn (W)	fdp	Qn (var)	S (VA)	cs
Cuadro General							0,85
0.01	Cuadro_01	RST					
0.02	Cuadro_02	RST					
0.03	Cuadro_03	RST					
0.04	Cuadro_04	S					
0.05	Cuadro_05	T					
0.06	Cuadro_06	RST					
0.07	Paletizadora	RST	180000	0,80	135000,0	225000,0	
Cuadro_01							1,0
1.01	Ilum_Fachada	R	197	0,98	40,0	201,0	
1.02	Ilum_Fachada_2	S	236,4	0,98	48,0	241,2	
1.03	Ilum_Aparcamiento	T	630,4	0,98	128,0	643,3	
Cuadro_02							0,8
2.01	Ilum_01	R	144	0,98	29,2	146,9	
2.02	Ilum_02	S	78,8	0,98	16,0	80,4	
2.03	Fuerza	T	2000	0,8	1500,0	2500,0	
Cuadro_03							1,0
Cuadro_03.1							1,0
3.11	Ilum_01	R	928	0,96	270,7	966,7	
3.12	Ilum_02	S	928	0,96	270,7	966,7	
3.13	Ilum_03	T	928	0,96	270,7	966,7	
3.14	Ilum_04	R	2088	0,96	609,0	2175,0	
3.15	Ilum_05	S	58	0,9	28,1	64,4	
Cuadro_03.2							1,0
3.21	Ilum_01	R	1895	0,96	552,7	1974,0	
3.22	Ilum_02	S	1895	0,96	552,7	1974,0	
3.23	Ilum_03	T	1895	0,96	552,7	1974,0	
Cuadro_04							0,8
4.01	Iluminación	S	1035	0,94	375,7	1101,1	
4.02	Ordenadores	S	2400	0,8	1800,0	3000,0	
4.03	Fuerza	S		0,8	0,0	0,0	
Cuadro_05							0,8
5.01	Iluminación	T	290	0,95	95,3	305,3	
5.02	Ordenadores	T	1600	0,8	1200,0	2000,0	
5.03	Fuerza	T		0,8	0,0	0,0	
Cuadro_06							0,7
6.01	Ilum_01	R	2088	0,96	609,0	2175,0	

6.02	Ilum_02	S	2088	0,96	609,0	2175,0	
6.03	Ilum_03	T	2088	0,96	609,0	2175,0	
6.04	Cintas_01	RST	12000	0,85	7436,9	14117,6	
6.05	Cintas_02	RST	12000	0,85	7436,9	14117,6	
6.06	Cintas_03	RST	10000	0,85	6197,4	11764,7	
6.07	Astilladora	RST	55000	0,8	41250,0	68750,0	
6.08	Mezcladora	RST	20000	0,82	13960,1	24390,2	
6.09	Separador_Mag	RST	2000	0,9	968,6	2222,2	
6.10	Tromel	RST	22000	0,86	13054,0	25581,4	
6.11	Caldera	RST	10000	0,87	5667,3	11494,3	
6.12	Molino	RST	90000	0,85	55777,0	105882,4	
6.13	Ciclón	RST	26000	0,85	16113,4	30588,2	
6.14	Enfriadora	RST	2000	0,85	1239,5	2352,9	
6.15	Tamiz	RST	7000	0,85	4338,2	8235,3	
6.16	Ensacadora	RST	2000	0,85	1239,5	2352,9	
6.17	FuerzaM_01	T		0,8	0,0	0,0	
6.18	FuerzaM_02	T		0,8	0,0	0,0	
6.19	FuerzaM_03	T		0,8	0,0	0,0	
6.20	FuerzaT_01	RST		0,8	0,0	0,0	
6.21	FuerzaT_02	RST		0,8	0,0	0,0	
6.22	FuerzaT_03	RST		0,8	0,0	0,0	

Con estos valores, ya se puede obtener la potencia simultánea de la instalación. Para ello, lo primero es obtener los valores de la potencia trifásica que hay en cada cuadro y posteriormente multiplicando estos valores por el coeficiente de simultaneidad, obtener la potencia simultánea en cada cuadro:

CUADRO	P (kW)	cs	Psim (kW)
Cuadro_01	1,063	1	1,063
Cuadro_02	2,223	0,8	1,778
Cuadro_03	10,615	1	10,615
Cuadro_04	3,435	0,8	2,748
Cuadro_05	1,890	0,8	1,512
Cuadro_06	276,264	0,7	193,385
Paletizadora	180	1	180
Total	475,49		391,102

Este valor no es el real de la potencia simultánea, pues falta por aplicarle el coeficiente de simultaneidad del cuadro general, que es 0,85. Con esto:

$$P_{sim} = 332,437 \text{ kW}$$

A continuación, se muestra un cuadro resumen.

	FASE R	FASE S	FASE T	FASE RST
Nº receptores	9	7	10	17
Pmáx (kW)	111,70	110,73	110,02	332,44
Qmáx (kVAr)	67,99	67,89	67,36	203,24
Smáx (kVA)	130,76	129,88	129,00	389,65

3.- CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE LA INSTALACIÓN

3.1.- Parámetros generales

Tipo de corriente	Alterna
Tensión entre fases	400 V
Tensión fase-neutro	230 V
Frecuencia	50 Hz
Compañía suministradora	Iberdrola
Acometida	CT privado

3.2.- Clasificación de la instalación

La instalación se puede dividir en cuatro sectores bien diferenciados:

- Oficinas
- Fábrica
- Almacenes
- Zonas exteriores

En los siguientes apartados se clasificarán las distintas zonas en función de las indicaciones que da el reglamento de baja tensión.

3.2.1.- Locales de pública concurrencia

De los locales del presente proyecto, el único susceptible de ser considerado de pública concurrencia es la oficina. Si se acude a la ITC-BT-28, en su apartado 1 establece que para unas oficinas tengan la consideración de pública concurrencia, debe haber la posibilidad de que en ellas se encuentren más de 50 personas ajenas a las mismas, es decir, más de 50 clientes. Esto no ocurre en la oficina del presente proyecto, ya que como mucho, habrá 5 o 6 clientes de forma simultánea.

Los demás locales no son pública concurrencia ya que en ellos no habrá nunca personas ajenas a los mismos, ya que su acceso está restringido para trabajadores.

Por último, destacar que las zonas exteriores no se pueden considerar locales de pública concurrencia ya que, al ser exteriores, no existe local con capacidad para que las personas se queden atrapadas.

3.2.2.- Locales mojados

Según la ITC-BT-30, se consideran locales húmedos aquellos en que los suelos, techos y paredes estén o puedan estar impregnados de humedad y donde puedan aparecer, aunque solo sea temporalmente, lodo o gotas gruesas de agua debido a la condensación o estar cubiertos de vaho. Además, se considera como emplazamientos mojados a las instalaciones a la intemperie.

Por tanto, es este proyecto solo cumplen estas condiciones los baños. Para estos locales, habrá que seguir las prescripciones establecidas en el pliego de condiciones.

3.2.3.- Locales con riesgo de incendio y explosión

En este proyecto no existe ningún local de este tipo, ya que la caldera se encuentra en el exterior de la nave y por tanto no existe local. El resto de la nave no es susceptible tampoco debido a que existe una ventilación natural adecuada de la nave y colectores de polvo y serrín para evitar que la atmósfera de la nave pueda considerarse explosiva.

3.3.- Conductores, canalizaciones y condiciones de instalación

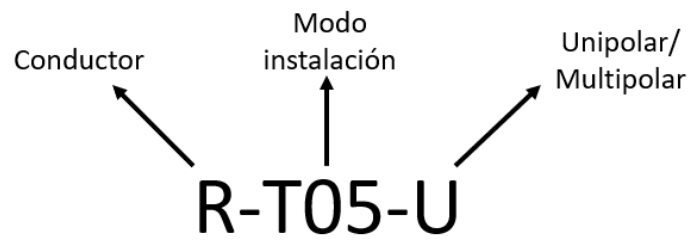
En la instalación de baja tensión, tenemos que seguir las disposiciones marcadas por la ITC-BT-06, que trata sobre redes aéreas para distribución en baja tensión; la ITC-BT-07, que se refiere a las líneas subterráneas para distribución en baja tensión; la ITC-BT-09, referida a instalaciones de alumbrado exterior; la ITC-BT-19, que se refiere a las prescripciones generales de las instalaciones interiores o receptoras y por último a la ITC-BT-21, que trata sobre tubos y canales.

En este proyecto, podemos tener algunos de los siguientes modos de instalación:

	Conductor
R	Conductor aislado a 0.6/1 kV tipo RZ1-K (AS).
D	Conductor aislado a 0.6/1 kV tipo DZ1-K (AS).
	Canalizaciones
T01	Tubo rígido 4321 aislante en montaje superficial no propagador de las llamas.
T02	Tubo rígido metálico 4321 aislante en montaje superficial no propagador de las llamas.
T03	Tubo curvable 4321 aislante en montaje superficial no propagador de las llamas.
T04	Tubo flexible 4321 aislante en montaje superficial no propagador de las llamas.
T05	Tubo rígido 2221 no propagador de las llamas en canalizaciones empotradas, en huecos de la construcción o canales de obra.
T06	Tubo curvable 2221 no propagador de las llamas en canalizaciones empotradas, en huecos de la construcción o canales de obra.
T07	Tubo flexible 2221 no propagador de las llamas en canalizaciones empotradas, en huecos de la construcción o canales de obra.
T08	Tubo rígido 3322 no propagador de las llamas en canalizaciones empotradas embebidas en hormigón y precableadas.
T09	Tubo curvable 3322 no propagador de las llamas en canalizaciones empotradas embebidas en hormigón y precableadas.
T10	Tubo flexible 3322 no propagador de las llamas en canalizaciones empotradas embebidas en hormigón y precableadas.
T11	Tubo flexible 4321 no propagador de la llama en canalizaciones aéreas o con tubos al aire.
T12	Tubo en canalización enterrada embebida en hormigón, resistencia a la compresión de 250N, resistencia al impacto ligera, protegido contra la penetración de objetos con $D \geq 1\text{mm}$ y protegido contra la penetración de agua en forma de lluvia.

T13	Tubo en canalización enterrada en suelo ligero, resistencia a la compresión de 450N, resistencia al impacto media, protegido contra la penetración de objetos con $D \geq 1\text{mm}$ y protegido contra la penetración de agua en forma de lluvia.
T14	Tubo en canalización enterrada en suelo pesado, resistencia a la compresión de 750N, resistencia al impacto media, protegido contra la penetración de objetos con $D \geq 1\text{mm}$ y protegido contra la penetración de agua en forma de lluvia.
FT	Conductor aislado directamente sobre el falso techo.
CP01	Canal protectora con lado mayor de la sección transversal $>16\text{mm}$, resistencia al impacto media, temperatura mínima y máxima de instalación y servicio de -5°C y 60°C , aislante con resistencia a la penetración de objetos sólidos de grado 4, no propagadora de llama y desmontable mediante herramienta específica.
C01	Canal protectora aislante en montaje superficial con dimensión del lado mayor de la sección transversal inferior a 16mm , resistencia al impacto muy ligera, temperatura máxima y mínima de la instalación y servicio de 15°C y 60°C respectivamente, con resistencia a la penetración de objetos sólidos de grado 4 y no propagador de la llama.
C02	Canal protectora aislante en montaje superficial con dimensión del lado mayor de la sección transversal superior a 16mm , resistencia al impacto media, temperatura máxima y mínima de la instalación y servicio de -5°C y 60°C respectivamente, con resistencia a la penetración de objetos sólidos de grado no inferior a 2 y no propagador de la llama.
C03	Canal protectora metálica en montaje superficial con dimensión del lado mayor de la sección transversal superior a 16mm , resistencia al impacto media, temperatura máxima y mínima de la instalación y servicio de -5°C y 60°C respectivamente, continuidad eléctrica, con resistencia a la penetración de objetos sólidos de grado no inferior a 2 y no propagador de la llama.
B01	Bandeja ciega aislante no propagadora de la llama según norma UNE-EN 61537 con la posibilidad de que soporten cajas de empalme y/o derivación.
B02	Bandeja perforada aislante no propagadora de la llama según norma UNE-EN 61537 con la posibilidad de que soporten cajas de empalme y/o derivación.
B03	Bandeja de escalera aislante no propagadora de la llama según norma UNE-EN 61537 con la posibilidad de que soporten cajas de empalme y/o derivación.
B04	Bandeja ciega metálica conectada a tierra no propagadora de la llama según norma UNE-EN 61537 con la posibilidad de que soporten cajas de empalme y/o derivación.
B05	Bandeja perforada metálica conectada a tierra no propagadora de la llama según norma UNE-EN 61537 con la posibilidad de que soporten cajas de empalme y/o derivación.
B06	Bandeja de escalera metálica conectada a tierra no propagadora de la llama según norma UNE-EN 61537 con la posibilidad de que soporten cajas de empalme y/o derivación.
B07	Rejilla metálica conectada a tierra no propagadora de la llama según norma UNE-EN 61537 con la posibilidad de que soporten cajas de empalme y/o derivación.
POS	Línea posada sobre fachada
	Tipo de conductor
U	Unipolar
M	Multipolar

Para codificar los diferentes circuitos, seguiremos el siguiente código:



A continuación se muestra una tabla donde se describe cada circuito de la instalación con la codificación explicada anteriormente.

PREVISIÓN DE CARGAS POR CUADRO			
CUADROS	CIRCUITOS	ITC APLICABLE	CÓDIGO
Cuadro General			
0.01	Cuadro_01	ITC-BT-19	R-CP01-U
0.02	Cuadro_02	ITC-BT-07	R-T13-U
0.03	Cuadro_03	ITC-BT-19	R-CP01-U
0.04	Cuadro_04	ITC-BT-19	R-T07-U
0.05	Cuadro_05	ITC-BT-19	R-CP01-U
0.06	Cuadro_06	ITC-BT-19	R-CP01-U
0.07	Paletizadora	ITC-BT-19	R-B05-U
Cuadro_01			
1.01	Ilum_Fachada	ITC-BT-06	R-POS-U
1.02	Ilum_Fachada_2	ITC-BT-06	R-POS-U
1.03	Ilum_Aparcamiento	ITC-BT-07	R-T13-U
Cuadro_02			
2.01	Ilum_01	ITC-BT-19	R-FT-M
2.02	Ilum_02	ITC-BT-07	R-T13-U
2.03	Fuerza	ITC-BT-19	R-T07-U
Cuadro_03			
Cuadro_03.1		ITC-BT-19	R-B05-U
3.11	Ilum_01	ITC-BT-19	R-T03-U
3.12	Ilum_02	ITC-BT-19	R-T03-U
3.13	Ilum_03	ITC-BT-19	R-T03-U
3.14	Ilum_04	ITC-BT-19	R-T03-U
3.15	Ilum_05	ITC-BT-19	R-FT-M
Cuadro_03.2		ITC-BT-19	R-B05-U
3.21	Ilum_01	ITC-BT-19	R-T03-U
3.22	Ilum_02	ITC-BT-19	R-T03-U
3.23	Ilum_03	ITC-BT-19	R-T03-U
Cuadro_04			
4.01	Iluminación	ITC-BT-19	R-FT-M
4.02	Ordenadores	ITC-BT-19	R-T07-U
4.03	Fuerza	ITC-BT-19	R-T07-U

Cuadro_05			
5.01	Iluminación	ITC-BT-19	R-FT-M
5.02	Ordenadores	ITC-BT-19	R-T07-U
5.03	Fuerza	ITC-BT-19	R-T07-U
Cuadro_06			
6.01	Ilum_01	ITC-BT-19	R-T03-U
6.02	Ilum_02	ITC-BT-19	R-T03-U
6.03	Ilum_03	ITC-BT-19	R-T03-U
6.04	Cintas_01	ITC-BT-19	R-B05-U
6.05	Cintas_02	ITC-BT-19	R-B05-U
6.06	Cintas_03	ITC-BT-19	R-B05-U
6.07	Astilladora	ITC-BT-19	R-B05-U
6.08	Mezcladora	ITC-BT-19	R-B05-U
6.09	Separador_Mag	ITC-BT-19	R-B05-U
6.10	Tromel	ITC-BT-19	R-B05-U
6.11	Caldera	ITC-BT-19	R-T13-U
6.12	Molino	ITC-BT-19	R-B05-U
6.13	Ciclón	ITC-BT-19	R-B05-U
6.14	Enfriadora	ITC-BT-19	R-B05-U
6.15	Tamiz	ITC-BT-19	R-B05-U
6.16	Ensacadora	ITC-BT-19	R-B05-U
6.17	FuerzaM_01	ITC-BT-19	R-T03-U
6.18	FuerzaM_02	ITC-BT-19	R-T03-U
6.19	FuerzaM_03	ITC-BT-19	R-T03-U
6.20	FuerzaT_01	ITC-BT-19	R-T03-U
6.21	FuerzaT_02	ITC-BT-19	R-T03-U
6.22	FuerzaT_03	ITC-BT-19	R-T03-U

3.4.- Cruces, paralelismos y distancias de seguridad

La línea de baja tensión no se cruza con ninguna otra línea ni ninguna otra instalación, ya que en la fábrica no hay ni instalación de agua caliente ni gas.

Las distancias de seguridad a respetar son las que considere necesarias el instalador para garantizar la correcta protección de las personas y de la propia instalación.

3.5.- Empalmes, derivaciones y terminales

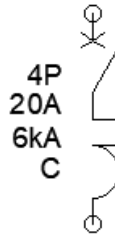
Todos los empalmes y derivaciones deberán hacerse en cajas debidamente homologadas, bien en superficie o bien empotradas. Para más precisión, consultar el pliego de condiciones.

4.- CONJUNTOS DE PROTECCIÓN Y MEDIDA

En este apartado se van a tratar todos los temas relacionados con la protección tanto de la instalación como de las personas. El tema de medida no se trata en este anejo, debido a que se realiza en el de media tensión.

4.1.- Protección de la instalación frente a sobrecargas y cortocircuitos

La instalación se protegerá mediante interruptores magnetotérmicos, que se representan en los esquemas unifilares de la siguiente manera:

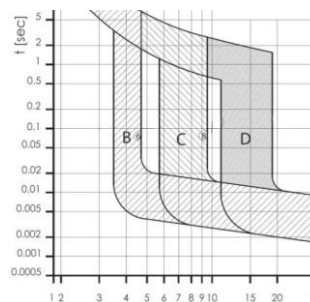


El primer atributo define el número de polos del magnetotérmico, pudiendo ser de 2 polos (2P) para circuitos monofásicos o de 4 polos (4P) para circuitos trifásicos.

El segundo atributo establece el calibre, es decir, la intensidad que tiene que circular por el mismo para que actúe abriendo el circuito.

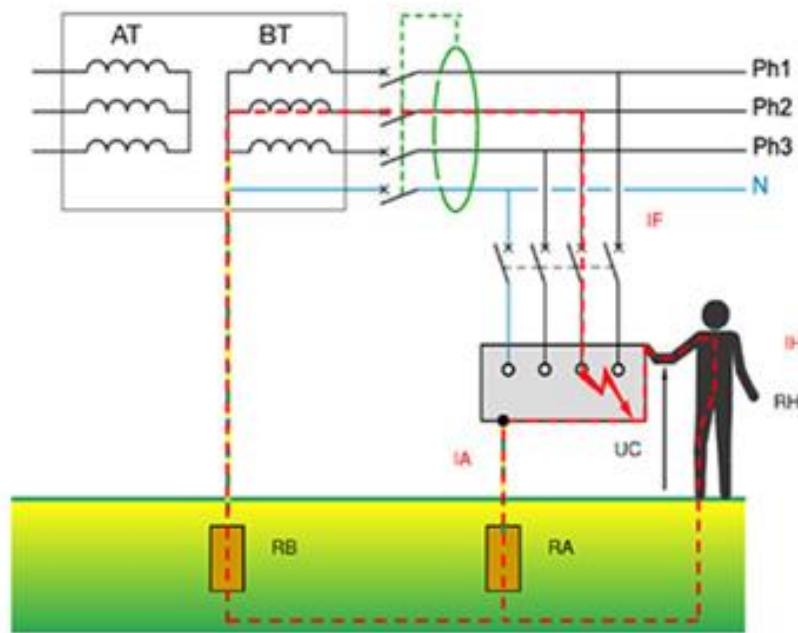
El tercer atributo representa el poder de corte, que establece el valor de intensidad de cortocircuito que es capaz de interrumpir dicho interruptor.

El último atributo define el tipo de curva del interruptor, que en este caso es tipo C, y relaciona el tiempo de disparo del interruptor con el valor de la intensidad (múltiplos de la intensidad nominal del magnetotérmico). Como se puede ver en la siguiente imagen, hay tres zonas de disparo: a la izquierda de la curva es la zona de no disparo, donde el interruptor no actuaría; la zona rayada responde a la zona de disparo posible, que quiere decir que el interruptor puede actuar o no; y la zona a la derecha de la curva es la zona de disparo seguro, donde el interruptor actúa en todo caso.



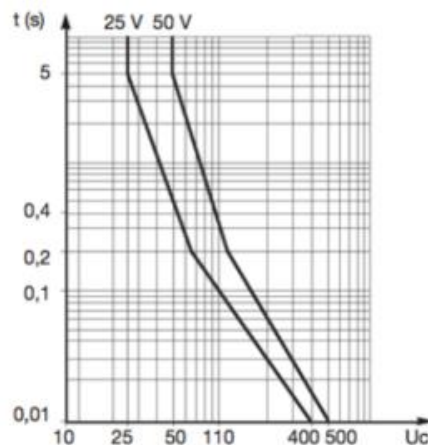
4.2.- Protección de personas frente a contactos indirectos según el régimen del neutro

De entre los diferentes regímenes de protección que existen (TT, IT y TN) en esta instalación se opta por el sistema TT, que consiste en unir el neutro del transformador y las masas de los receptores a tierra a través de las resistencias correspondientes. Esquemáticamente se muestra en la siguiente imagen:



En este régimen, si se produce un defecto a masa en un receptor, circula una intensidad de defecto por la puesta a tierra del receptor y retorna por el neutro del transformador.

En el reglamento de baja tensión no se fija un valor para esta intensidad. En su lugar, establece unas curvas que establecen unos umbrales de tensión admisibles por el cuerpo humano. Las tensiones se limitan en función del entorno de la instalación y aparecen dos curvas, una para zonas húmedas (24 V) y otra para zonas secas (50 V). En la siguiente imagen se muestran dichas curvas.



Por tanto, el reglamento exige que:

$$U_c < R_t \cdot I_d$$

Donde:

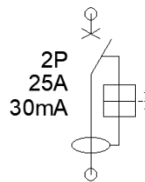
U_c es la tensión de contacto, en voltios (V).

R_t es la resistencia de puesta a tierra, que es la suma de la del neutro del transformador y la del receptor, en ohmios (Ω).

I_d es la intensidad de defecto, en amperios (A).

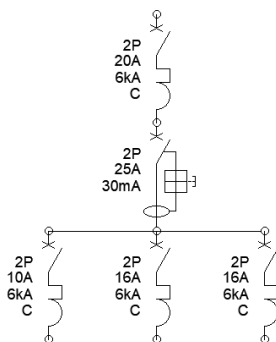
En este proyecto se utilizan diferenciales para detectar estas intensidades de defecto, que son unos aparatos consistentes en un toroidal por el que se introducen los conductores (fases y neutro) del circuito a proteger de modo que según la primera ley de Kirchhoff la suma de las intensidades debe ser cero, por lo que por el toroidal no se induce ninguna corriente. Sin embargo, si existe un defecto, la suma de las intensidades ya no será cero y por tanto circulará una corriente por el toroidal, haciendo actuar el mecanismo e interrumpiendo la corriente.

En los esquemas unifilares se representan como se muestra a continuación:



El primer atributo representa el número de polos.

El segundo la intensidad nominal que puede circular por el diferencial. Ante este aspecto hay que prestar especial atención, ya que el diferencial debe estar protegido para que no circule una intensidad superior a esta por él. En la siguiente imagen se da un caso de protección de diferencial.



En esta imagen el diferencial está correctamente protegido debido a que el magnetotérmico que se encuentra aguas arriba del mismo es de un calibre inferior a la intensidad nominal del diferencial. Entonces, ante un defecto este magnetotérmico abriría el circuito impidiendo que se supere el valor de la intensidad marcado. Otra forma de protegerlo sería que la suma de los calibres de los magnetotérmicos aguas abajo sea inferior al calibre del diferencial. Hay que darse cuenta que en este caso, si no existiera el interruptor aguas arriba del diferencial, podrían circular hasta 42 A por el diferencial sin que actuara ninguna protección, dañándolo e incluso destruyéndolo.

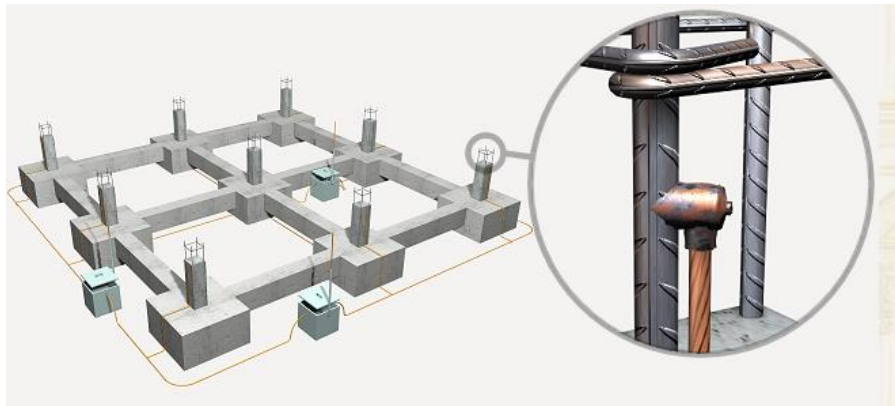
El tercer atributo es la sensibilidad del diferencial, que es el valor de la corriente de defecto a partir del cual el diferencial actúa en el 100% de las ocasiones. Para intensidades superiores a la mitad de este valor y hasta dicho valor, el disparo es incierto y no se puede garantizar el disparo del interruptor.

Por último, cabe destacar que en este proyecto se ha utilizado para proteger la paletizadora un bloque diferencial, que es un complemento que se añade a un magnetotérmico para añadirle la función de diferencial. Esto se ha hecho debido a que no hay diferenciales con el calibre necesario para dicha máquina.

4.3.- Puesta a tierra

En este apartado se realiza el diseño de la puesta a tierra del edificio. Para ello se siguen las prescripciones establecidas en la ITC-BT-18 e ITC-BT-26.

Se establecerá una red de toma de tierra para estructura de hormigón de la nave, que estará compuesta por un anillo formado por 720 m de cable conductor de cobre desnudo recocido de 35 mm² de sección enterrado a una profundidad mínima de 80 cm.



Para obtener el número de picas a instalar, hay que utilizar la tabla que aparece en la guía técnica de la ITC-BT-26, apartado 3:

Tabla A: Número de electrodos en función de las características del terreno y la longitud del anillo.

Terrenos orgánicos, arcillas y margas		Arenas arcillosas y graveras, rocas sedimentarias y metamórficas		Calizas agrietadas y rocas eruptivas		Grava y arena silícea		Nº de picas de longitud (2 metros)
sin pararrayos	con pararrayos	sin pararrayos	con pararrayos	sin pararrayos	con pararrayos	sin pararrayos	con pararrayos	
25	34	28	67	54	134	162	400	0
^	30	25	63	50	130	158	396	1
	26	^	59	46	126	154	392	2
	^		55	42	122	150	388	3
			51	38	118	146	384	4
			47	34	114	142	380	5
			43	30	110	138	376	6
			39	^	106	134	372	7
			35		102	130	368	8
			^		98	126	364	9
					94	122	360	10
					74	102	340	15
					^	82	320	20
						^	280	30
							240	40
							200	50
							^	

^ aumentar la longitud de los conductores enterrados del anillo.

Σ L = longitud en planta de la conducción enterrada, en m

Lo primero es entrar a la tabla con el tipo de terreno, que en este caso es arenas arcillas y graveras, rocas sedimentarias y metamórficas. Seguidamente se escoge la columna en función de si el edificio tiene o no pararrayos, que en este caso no lo tiene. Por último, se selecciona la longitud en planta del anillo enterrado, que son 720 m (ver distribución en apartado de planos). Con este dato se puede observar que el número de picas necesario es 0, ya que a partir de 28 m no es necesario.

Utilizando esta distribución, se garantiza que la resistencia de puesta a tierra es menor de 37Ω .

La sensibilidad más alta de los diferenciales instalados es de 1 A, por tanto, la resistencia de puesta a tierra debe tener un valor tal que, ante un defecto a tierra, la corriente de defecto sea superior a ese valor para que lo detecte y actúe. Entonces, si se toma un valor de tensión de contacto máxima admisible de 24 V para estar del lado de la seguridad, se tiene que:

$$R_T < \frac{V_d}{I_d} = \frac{24}{1} = 24 \Omega$$

Como se puede observar, el cálculo realizado con la tabla anterior nos garantiza que la resistencia de puesta a tierra es inferior a 37Ω , pero esto es solo una aproximación. Para obtener un dato más preciso, la guía técnica de aplicación de la ITC-BT-26 dirige a la ITC-BT-18 apartado 9 para calcular el valor real de la resistencia de puesta a tierra.

La resistencia de tierra de un conductor enterrado horizontalmente, como es el caso, viene definida en la ITC-BT-18 apartado 9 y es la siguiente expresión:

$$R_{cond} = \frac{2 \rho_{terreno}}{L} = \frac{2 \cdot 350}{600} = 1,167 \Omega$$

Entonces se puede concluir que el diseño de la puesta a tierra es correcto ya que:

$$R_{cond} < 24 \Omega$$

Además, hay que garantizar la separación entre las tomas de tierra de las masas de las instalaciones de utilización y las masas del centro de transformación. Para ello hay que cumplir las prescripciones que establece la ITC-BT-18 en su apartado 11, que van encaminadas a garantizar que ante un defecto en la parte de alta del CT no aparezca una tensión de contacto en las masas de los receptores superior a la admisible. Para ello hay que cumplir cada uno de los siguientes puntos:

- Inexistencia de canalizaciones metálicas conductoras que unan la zona de tierras del CT con la zona donde se encuentran los aparatos de utilización.
- Centro de transformación ubicado en un recinto aislado de los locales de utilización.

- La distancia entre las tomas de tierra debe ser superior a:

$$D > \frac{\rho I_{d \text{ lado AT}}}{2 \pi 1200} = \frac{350 \cdot 135,31}{2 \pi 1200} = 6,28 \text{ m}$$

5.- CÁLCULO ELÉCTRICO

5.1.- Cálculo de secciones

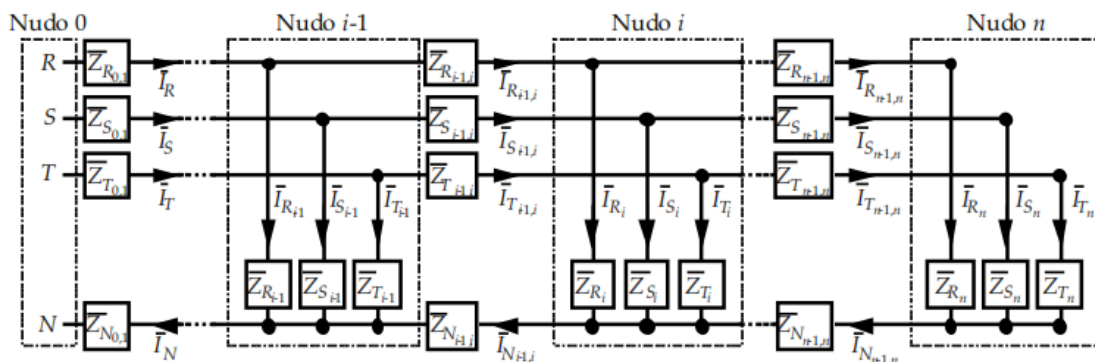
En este apartado se expone el procedimiento seguido para realizar el cálculo de las secciones de los conductores.

Para determinar la sección de los conductores se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- Intensidad máxima admisible por el cable.
- Elección de la protección
- Caída de tensión.
- Intensidad de cortocircuito máxima admisible por el cable.

La sección deberá cumplir las condiciones impuestas por los cuatro apartados. Si no cumple alguno de ellos, se debe subir la sección del cable hasta la comercial inmediatamente superior y comprobar que cumple las cuatro condiciones, repitiendo este procedimiento hasta que cumpla.

En este caso se trata de redes ramificadas, donde se define *tramo* como cada segmento comprendido entre dos *nudos*, entendiendo como tal o una bifurcación o un punto de suministro. La siguiente imagen muestra esquemáticamente este tipo de redes:



Para realizar el cálculo de las secciones se tienen que calcular las intensidades que circulan por cada una de las fases y por el neutro de cada tramo, para así poder comparar esta intensidad con las que proporciona el reglamento o los fabricantes para cada sección de conductor y así elegir la más adecuada.

Un conductor tendrá la sección adecuada por intensidad máxima cuando en cada tramo la intensidad que circula por el cable sea menor a la intensidad máxima

que soporta el cada en las condiciones de la instalación. Esta intensidad, que llamaremos $I_{max}(c.i.)_i$, se obtiene multiplicando la intensidad máxima que soporta el cable en condiciones normales (dato que se puede obtener o bien de las normas aplicables o bien del propio fabricante) por los diferentes factores de corrección (fc) establecidos en las ITC del Reglamento de Baja Tensión. Las ITC que son de aplicación es este proyecto para obtener dichos factores son la ITC-BT-06, de las líneas aéreas; la ITC-BT-07, de líneas subterráneas y la ITC-BT-19, de las instalaciones interiores. Resumidamente queda lo siguiente:

$$I_{max} \leq I_{max\ cable}(c.i.) = I_{max\ cable}(c.n.) \prod fc$$

Una vez establecida la sección por este criterio, el siguiente consiste en la elección de la protección. Este criterio es necesario tenerlo en cuenta debido a que los calibres de dichas protecciones son limitados, y estando todos normalizados a unos pocos valores comerciales. Por tanto, se tiene que cumplir que el calibre de la protección sea mayor que la intensidad nominal que circula por la línea y menor que $I_{max}(c.i.)$. Es decir:

$$I_N < I_{N\ protección} < I_{max}(c.i.)$$

Seguidamente, hay que comprobar que la sección elegida cumple que tanto las tres caídas de secciones simples como compuestas no superan las caídas de tensión establecidas reglamentariamente. Para este proyecto, se han establecido caídas de tensión máximas del 4,5% para iluminación y del 6,5% para el resto de receptores, a excepción de las líneas de iluminación exterior que será de un 3% según establece la ITC-BT-09, de alumbrado exterior.

La caída de tensión simple en cada tramo de línea vale

$$\Delta V_{R_{i-1},i} = |V_{R_{i-1}}| - |V_{R_i}| = |V_{R_{i-1}}| - |V_{R_{i-1}} - Z_{R_{i-1},i} I_{R_{i-1},i} - Z_{N_{i-1},i} I_{N_{i-1},i}|$$

Y desde el origen hasta la última carga entonces vale

$$\Delta V_{R_{0,n}} = \Delta V_{R_{0,1}} + \Delta V_{R_{1,2}} + \dots + \Delta V_{R_{n-1,n}} = |V_R| - |V_N|$$

Donde n es el número de nudos de la red. De la misma manera, se pueden obtener las caídas de tensión de las fases S y T y una vez se tienen las tres caídas de tensiones simples se pueden obtener las caídas de tensiones compuestas, donde no influye ya la caída de tensión en el neutro. La caída de tensión compuesta $\Delta U_{RS_{i-1},i}$ se obtiene como se muestra a continuación:

$$\Delta U_{RS_{i-1},i} = |U_{RS_{i-1}}| - |U_{RS_i}| = |V_{R_{i-1}} - V_{S_{i-1}}| - |V_{R_i} - V_{S_i}|$$

$$\Delta U_{RS_{i-1},i} = |U_{RS_{i-1}}| - |U_{RS_{i-1}} - Z_{R_{i-1},i} I_{R_{i-1},i} + Z_{S_{i-1},i} I_{S_{i-1},i}|$$

De la misma manera se haría para $\Delta U_{ST_{i-1},i}$ y $\Delta U_{TR_{i-1},i}$

Tras comprobar las secciones por caída de tensión, falta realizar el cálculo por corrientes de cortocircuito. Este cálculo consiste en comprobar que si se produce un cortocircuito en la línea, el cable es capaz de absorber la energía de dicho

cortocircuito elevando su temperatura sin quemarse. La condición que se emplea para comprobar dicho supuesto es la siguiente:

$$I_{cc \text{ máx}} \leq K \frac{S}{\sqrt{t}}$$

Donde:

- $I_{cc \text{ máx}}$ es el valor máximo de la corriente de cortocircuito, que se produce cuando se da un cortocircuito tripolar en el inicio de la línea, que se calcula

$$I_{cc \text{ max}} = \frac{V}{Z_{eF \text{ inicio}}}$$

Siendo $Z_{eF \text{ inicio}}$ la impedancia equivalente de fase desde el inicio del conductor.

- K es una constante que depende del conductor y del aislamiento empleado, que se puede obtener de la siguiente tabla:

	Aislamiento de los conductores							
	PVC 70°C ≤ 300 mm²	PVC 70°C > 300 mm²	PVC 90°C ≤ 300 mm²	PVC 90°C > 300 mm²	PR/EPR	Goma 60 °C	Mineral Con PVC	Mineral Desnudo
Temperatura inicial °C	70	70	90	90	90	60	70	105
Temperatura final °C	160	140	160	140	250	200	160	250
Material del conductor								
Cobre	115	103	100	86	143	141	115 ^{a)}	135
Aluminio	76	68	66	57	94	93	-	-
Conexiones soldadas con estaño para conductores de cobre	115	-	-	-	-	-	-	-

^{a)} Este valor se debe utilizar para cables desnudos expuestos al contacto.

NOTA 1 Para duraciones muy cortas (< 0,1 s) donde la asimetría de la intensidad es importante y para dispositivos limitadores de la intensidad, $k^2 S^2$ debe ser superior a la energía ($I^2 t$) que deja pasar el dispositivo de protección, indicada por el fabricante.

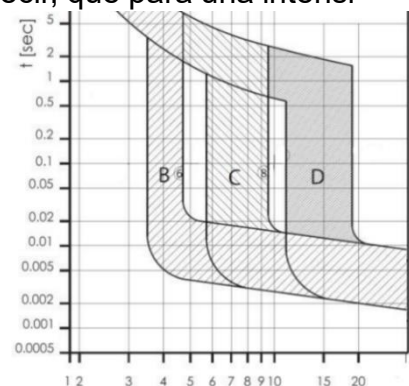
NOTA 2 Otros valores de k están en estudio para:

- los conductores de pequeña sección (especialmente para secciones inferiores a 10 mm²);
- las duraciones de cortocircuitos superiores a 5s;
- otros tipos de conexiones en los conductores;
- los conductores desnudos.

NOTA 3 La corriente nominal del dispositivo de protección contra los cortocircuitos puede ser superior a la corriente admisible de los conductores del circuito.

NOTA 4 Los valores de esta tabla están basados en la norma UNE 211003-1.

- t es el tiempo de duración del cortocircuito, que viene dado por el tiempo de actuación de las protecciones. Como todos los magnetotérmicos que se van a instalar su curva de disparo es, al menos, de tipo C, este tiempo se considerará de 0,1 s aproximadamente, es decir, que para una intensidad superior a seis veces la intensidad nominal se produciría el disparo del mecanismo. Solo se considera el tiempo que transcurre hasta el momento en el que se produce el disparo y no hasta que se corta la corriente debido a que se produce un arco en el mecanismo que hace que aumente la impedancia del cortocircuito, por lo que el conductor tendría que soportar una intensidad menor.



La comprobación por corriente de cortocircuito se despreciará en aquellos cuadros que se estime que la sección obtenida por este método no es coherente, ya

que como dice la nota 2 de la tabla anterior, los valores de la constante K están en estudio para secciones inferiores a 10 mm^2 .

También hay que remarcar que para realizar esta comprobación se supone que toda la energía que provoca el cortocircuito la absorbe el conductor aumentando su temperatura, cuando en realidad una pequeña parte es evacuada al exterior. Esto hace que el cable aguante realmente valores algo superiores a los calculados.

Una vez calculadas las secciones de las fases, para calcular la sección del neutro hay que seguir las prescripciones establecidas en las diferentes ITCs.

Para las líneas aéreas de cuatro conductores, la ITC-BT-06 establece que la sección del neutro será como mínimo de 10 mm^2 para cobre y 16 mm^2 para aluminio.

Para las líneas subterráneas, la ITC-BT-07 establece que la sección del neutro tiene que ser al menos la de la siguiente tabla:

Conductores fase (mm^2)	Sección neutro (mm^2)
6 (Cu)	6
10 (Cu)	10
16 (Cu)	10
16 (Al)	16
25	16
35	16
50	25
70	35
95	50
120	70
150	70
185	95
240	120
300	150
400	185

Para las líneas interiores, la ITC-BT-19 establece que la sección del neutro ha de ser al menos la misma que la de las fases, para “tener en cuenta las corrientes armónicas debidas a cargas no lineales y posibles desequilibrios”.

Por último, para el conductor de tierra se seguirá lo establecido en la ITC-BT-18, de puestas a tierra, que define la siguiente tabla:

Sección de los conductores de fase de la instalación $S (\text{mm}^2)$	Sección mínima de los conductores de protección $S_p (\text{mm}^2)$
$S \leq 16$	$S_p = S$
$16 < S \leq 35$	$S_p = 16$
$S > 35$	$S_p = S/2$

Estos valores son válidos cuando el material del conductor de protección es el mismo que el de los conductores de las fases. Si la aplicación de la tabla conduce a secciones no normalizadas, se utilizará la sección comercial superior más próxima.

Aplicando todos estos aspectos, se muestran los resultados obtenidos para este proyecto en concreto.

Nº con/fase	Nºcon/neutro	Inicio	Final	S_fase	S_neutro	S_cp
2	2	CT	C_Gen		70	95
1	1	C_Gen	C_01	16	16	16
1	1	C_01	1.01	10	10	10
1	1	C_01	1.02	10	10	10
1	1	C_01	1.03	10	10	16
1	1	C_Gen	C_02	10	10	10
1	1	C_02	2.01	1,5	1,5	1,5
1	1	C_02	2.02	6	6	6
1	1	C_02	2.03	2,5	2,5	2,5
1	1	C_Gen	C_03	16	16	16
1	1	C_03	C_03.1	10	10	10
1	1	C_03.1	3.11	2,5	2,5	2,5
1	1	C_03.1	3.12	2,5	2,5	2,5
1	1	C_03.1	3.13	2,5	2,5	2,5
1	1	C_03.1	3.14	6	6	6
1	1	C_03.1	3.15	1,5	1,5	1,5
1	1	C_03	C_03.2	10	10	10
1	1	C_03.2	3.21	4	4	4
1	1	C_03.2	3.22	4	4	4
1	1	C_03.2	3.23	4	4	4
1	1	C_Gen	C_04	6	6	6
1	1	C_04	4.01	1,5	1,5	1,5
1	1	C_04	4.02	2,5	2,5	2,5
1	1	C_04	4.03	2,5	2,5	2,5
1	1	C_Gen	C_05	6	6	6
1	1	C_05	5.01	1,5	1,5	1,5
1	1	C_05	5.02	2,5	2,5	2,5
1	1	C_05	5.03	2,5	2,5	2,5
2	2	C_Gen	C_06	70	70	35
1	1	C_06	6.01	10	10	10
1	1	C_06	6.02	10	10	10
1	1	C_06	6.03	10	10	10
1	1	C_06	6.04	10	10	10
1	1	C_06	6.05	10	10	10
1	1	C_06	6.06	10	10	10
1	1	C_06	6.07	35	35	16
1	1	C_06	6.08	16	16	16
1	1	C_06	6.09	16	16	16
1	1	C_06	6.10	16	16	16
1	1	C_06	6.11	16	16	16
1	1	C_06	6.12	70	70	35
1	1	C_06	6.13	16	16	16
1	1	C_06	6.14	10	10	10
1	1	C_06	6.15	10	10	10
1	1	C_06	6.16	10	10	10
1	1	C_06	6.17	10	10	10
1	1	C_06	6.18	10	10	10
1	1	C_06	6.19	10	10	10
1	1	C_06	6.20	10	10	10
1	1	C_06	6.21	10	10	10
1	1	C_06	6.22	10	10	10
2	2	C_Gen	Paletizadora	95	95	50

		INTENSIDAD MÁXIMA			
Inicio	Final	Imáxf (c.i.)	Imáxf(R-S-T)	ImáxN (c.i.)	In
CT	C_Gen	737	578	543	6
C_Gen	C_01	80	3	80	2
C_01	1.01	69	1	69	1
C_01	1.02	69	1	69	1
C_01	1.03	114	3	114	3
C_Gen	C_02	93	9	93	9
C_02	2.01	21	1	21	1
C_02	2.02	86	0	86	0
C_02	2.03	22	10	22	10
C_Gen	C_03	80	22	80	9
C_03	C_03.1	53	13	53	9
C_03.1	3.11	26	4	26	4
C_03.1	3.12	26	4	26	4
C_03.1	3.13	26	4	26	4
C_03.1	3.14	43	9	43	9
C_03.1	3.15	21	0	21	0
C_03	C_03.2	53	8	53	0
C_03.2	3.21	38	8	38	8
C_03.2	3.22	38	8	38	8
C_03.2	3.23	38	8	38	8
C_Gen	C_04	37	14	37	14
C_04	4.01	21	5	21	5
C_04	4.02	22	13	22	13
C_04	4.03	22	0	22	0
C_Gen	C_05	37	8	37	8
C_05	5.01	21	1	21	1
C_05	5.02	22	8	22	8
C_05	5.03	22	0	22	0
C_Gen	C_06	404	317	404	0
C_06	6.01	68	9	68	9
C_06	6.02	68	9	68	9
C_06	6.03	68	9	68	9
C_06	6.04	53	20	53	0
C_06	6.05	53	20	53	0
C_06	6.06	53	16	53	0
C_06	6.07	108	96	108	0
C_06	6.08	74	34	74	0
C_06	6.09	74	3	74	0
C_06	6.10	74	36	74	0
C_06	6.11	88	16	88	0
C_06	6.12	171	144	171	0
C_06	6.13	74	43	74	0
C_06	6.14	53	3	53	0
C_06	6.15	53	11	53	0
C_06	6.16	53	3	53	0
C_06	6.17	68	0	68	0
C_06	6.18	68	0	68	0
C_06	6.19	68	0	68	0
C_06	6.20	60	0	60	0
C_06	6.21	60	0	60	0
C_06	6.22	60	0	60	0
C_Gen	Paletizadora	414	295	414	0

PROTECCIÓN				
Inicio	Final	Protección	Elige In	CUMPLE
CT	C_Gen	Magnetotérmico	630	CUMPLE
C_Gen	C_01	Magnetotérmico	20	CUMPLE
C_01	1.01	Magnetotérmico	10	CUMPLE
C_01	1.02	Magnetotérmico	10	CUMPLE
C_01	1.03	Magnetotérmico	10	CUMPLE
C_Gen	C_02	Magnetotérmico	20	CUMPLE
C_02	2.01	Magnetotérmico	10	CUMPLE
C_02	2.02	Magnetotérmico	10	CUMPLE
C_02	2.03	Magnetotérmico	16	CUMPLE
C_Gen	C_03	Magnetotérmico	32	CUMPLE
C_03	C_03.1	Magnetotérmico	20	CUMPLE
C_03.1	3.11	Magnetotérmico	10	CUMPLE
C_03.1	3.12	Magnetotérmico	10	CUMPLE
C_03.1	3.13	Magnetotérmico	10	CUMPLE
C_03.1	3.14	Magnetotérmico	10	CUMPLE
C_03.1	3.15	Magnetotérmico	10	CUMPLE
C_03	C_03.2	Magnetotérmico	20	CUMPLE
C_03.2	3.21	Magnetotérmico	10	CUMPLE
C_03.2	3.22	Magnetotérmico	10	CUMPLE
C_03.2	3.23	Magnetotérmico	10	CUMPLE
C_Gen	C_04	Magnetotérmico	25	CUMPLE
C_04	4.01	Magnetotérmico	10	CUMPLE
C_04	4.02	Magnetotérmico	16	CUMPLE
C_04	4.03	Magnetotérmico	16	CUMPLE
C_Gen	C_05	Magnetotérmico	25	CUMPLE
C_05	5.01	Magnetotérmico	10	CUMPLE
C_05	5.02	Magnetotérmico	16	CUMPLE
C_05	5.03	Magnetotérmico	16	CUMPLE
C_Gen	C_06	Magnetotérmico	400	CUMPLE
C_06	6.01	Magnetotérmico	16	CUMPLE
C_06	6.02	Magnetotérmico	10	CUMPLE
C_06	6.03	Magnetotérmico	10	CUMPLE
C_06	6.04	Magnetotérmico	25	CUMPLE
C_06	6.05	Magnetotérmico	25	CUMPLE
C_06	6.06	Magnetotérmico	20	CUMPLE
C_06	6.07	Magnetotérmico	100	CUMPLE
C_06	6.08	Magnetotérmico	40	CUMPLE
C_06	6.09	Magnetotérmico	10	CUMPLE
C_06	6.10	Magnetotérmico	40	CUMPLE
C_06	6.11	Magnetotérmico	20	CUMPLE
C_06	6.12	Magnetotérmico	160	CUMPLE
C_06	6.13	Magnetotérmico	50	CUMPLE
C_06	6.14	Magnetotérmico	10	CUMPLE
C_06	6.15	Magnetotérmico	16	CUMPLE
C_06	6.16	Magnetotérmico	10	CUMPLE
C_06	6.17	Magnetotérmico	20	CUMPLE
C_06	6.18	Magnetotérmico	20	CUMPLE
C_06	6.19	Magnetotérmico	20	CUMPLE
C_06	6.20	Magnetotérmico	32	CUMPLE
C_06	6.21	Magnetotérmico	32	CUMPLE
C_06	6.22	Magnetotérmico	32	CUMPLE
C_Gen	Paletizadora	Magnetotérmico	400	CUMPLE

		CAÍDA DE TENSIÓN		CORRIENTES DE CC	
Inicio	Final	ΔV %	ΔU %	Icc tri (kA)	Icc cable(kA)
CT	C_Gen	0,50	0,49	5,56	44,94
C_Gen	C_01	0,50	0,49	5,44	6,09
C_01	1.01	0,72	0,56	5,27	5,38
C_01	1.02	0,67	0,54	5,27	5,38
C_01	1.03	1,03	0,64	5,27	5,64
C_Gen	C_02	2,92	1,31	5,44	5,63
C_02	2.01	2,99	1,33	0,64	0,81
C_02	2.02	2,95	1,31	0,64	3,39
C_02	2.03	3,49	1,51	0,64	1,30
C_Gen	C_03	0,66	0,58	5,44	8,51
C_03	C_03.1	2,51	1,34	5,10	5,33
C_03.1	3.11	3,53	1,64	1,17	1,34
C_03.1	3.12	2,17	1,68	1,17	1,34
C_03.1	3.13	2,35	1,76	1,17	1,34
C_03.1	3.14	4,20	1,83	1,17	3,21
C_03.1	3.15	2,72	1,41	1,17	0,81
C_03	C_03.2	1,46	1,38	5,10	16,96
C_03.2	3.21	3,43	1,96	0,99	2,14
C_03.2	3.22	3,64	2,05	0,99	2,14
C_03.2	3.23	3,94	2,12	0,99	2,14
C_Gen	C_04	1,62	0,88	5,44	9,99
C_04	4.01	3,53	1,46	2,04	2,53
C_04	4.02	3,01	1,38	2,04	4,04
C_04	4.03	1,62	0,88	2,04	4,26
C_Gen	C_05	0,53	0,50	5,44	10,14
C_05	5.01	0,80	0,58	5,29	2,55
C_05	5.02	1,21	0,75	5,29	4,16
C_05	5.03	0,53	0,50	5,29	4,26
C_Gen	C_06	0,71	0,70	5,44	67,97
C_06	6.01	3,21	1,40	5,37	5,37
C_06	6.02	2,76	1,28	5,37	5,37
C_06	6.03	3,34	1,44	5,37	5,37
C_06	6.04	1,59	1,58	5,37	5,89
C_06	6.05	2,32	2,31	5,37	5,89
C_06	6.06	2,41	2,40	5,37	5,93
C_06	6.07	1,86	1,86	5,37	16,47
C_06	6.08	1,82	1,81	5,37	8,32
C_06	6.09	0,79	0,78	5,37	8,61
C_06	6.10	1,32	1,31	5,37	8,29
C_06	6.11	0,89	0,88	5,37	8,97
C_06	6.12	2,67	2,66	5,37	33,41
C_06	6.13	2,48	2,47	5,37	8,15
C_06	6.14	0,97	0,96	5,37	5,38
C_06	6.15	1,55	1,54	5,37	5,63
C_06	6.16	1,01	1,00	5,37	5,38
C_06	6.17	0,71	0,70	5,37	5,38
C_06	6.18	0,71	0,70	5,37	5,38
C_06	6.19	0,71	0,70	5,37	5,38
C_06	6.20	0,71	0,70	5,37	5,38
C_06	6.21	0,71	0,70	5,37	5,38
C_06	6.22	0,71	0,70	5,37	5,38
C_Gen	Paletizadora	2,01	2,00	5,44	94,03

*En estos casos no se tiene en cuenta la comprobación por intensidad de cortocircuito.

A modo de resumen, se muestra la siguiente tabla:

Inicio	Final	LONGITUD (m)	DENOMINACIÓN
CT	C_Gen	20	RZ1-K(AS) 4x(2x120+2x70) mm2
C_Gen	C_01	6	RZ1-K(AS) 4x(1x16) + 16 mm2
C_01	1.01	164	C
C_01	1.02	110	RZ1-K(AS) 2x(1x10) + 10 mm2
C_01	1.03	130	RZ1-K(AS) 2x(1x10) + 10 mm2
C_Gen	C_02	200	RZ1-K(AS) 4x(1x10) + 10 mm2
C_02	2.01	10	RZ1-K(AS) 2x(1x1,5) + 1,5 mm2
C_02	2.02	30	RZ1-K(AS) 2x(1x6) + 6 mm2
C_02	2.03	10	RZ1-K(AS) 2x(1x2,5) + 2,5 mm2
C_Gen	C_03	10	RZ1-K(AS) 4x(1x16) + 16 mm2
C_03	C_03.1	100	RZ1-K(AS) 4x(1x10) + 10 mm2
C_03.1	3.11	40	RZ1-K(AS) 2x(1x2,5) + 2,5 mm2
C_03.1	3.12	60	RZ1-K(AS) 2x(1x2,5) + 2,5 mm2
C_03.1	3.13	80	RZ1-K(AS) 2x(1x2,5) + 2,5 mm2
C_03.1	3.14	70	RZ1-K(AS) 2x(1x6) + 6 mm2
C_03.1	3.15	80	RZ1-K(AS) 2x(1x1,5) + 1,5 mm2
C_03	C_03.2	120	RZ1-K(AS) 4x(1x10) + 10 mm2
C_03.2	3.21	60	RZ1-K(AS) 2x(1x4) + 4 mm2
C_03.2	3.22	70	RZ1-K(AS) 2x(1x4) + 4 mm2
C_03.2	3.23	80	RZ1-K(AS) 2x(1x4) + 4 mm2
C_Gen	C_04	35	RZ1-K(AS) 2x(1x6) + 6 mm2
C_04	4.01	40	RZ1-K(AS) 2x(1x1,5) + 1,5 mm2
C_04	4.02	20	RZ1-K(AS) 2x(1x2,5) + 2,5 mm2
C_04	4.03	30	RZ1-K(AS) 2x(1x2,5) + 2,5 mm2
C_Gen	C_05	3	RZ1-K(AS) 2x(1x6) + 6 mm2
C_05	5.01	20	RZ1-K(AS) 2x(1x1,5) + 1,5 mm2
C_05	5.02	15	RZ1-K(AS) 2x(1x2,5) + 2,5 mm2
C_05	5.03	15	RZ1-K(AS) 2x(1x2,5) + 2,5 mm2
C_Gen	C_06	10	RZ1-K(AS) 4x(2x70) + 2x35 mm2
C_06	6.01	170	RZ1-K(AS) 2x(1x10) + 10 mm2
C_06	6.02	140	RZ1-K(AS) 2x(1x10) + 10 mm2
C_06	6.03	180	RZ1-K(AS) 2x(1x10) + 10 mm2
C_06	6.04	60	RZ1-K(AS) 4x(1x10) + 10 mm2
C_06	6.05	110	RZ1-K(AS) 4x(1x10) + 10 mm2
C_06	6.06	140	RZ1-K(AS) 4x(1x10) + 10 mm2
C_06	6.07	50	RZ1-K(AS) 4x(1x35) + 16 mm2
C_06	6.08	70	RZ1-K(AS) 4x(1x16) + 16 mm2
C_06	6.09	55	RZ1-K(AS) 4x(1x16) + 16 mm2
C_06	6.10	35	RZ1-K(AS) 4x(1x16) + 16 mm2
C_06	6.11	25	RZ1-K(AS) 4x(1x16) + 16 mm2
C_06	6.12	100	RZ1-K(AS) 4x(1x70) + 35 mm2
C_06	6.13	85	RZ1-K(AS) 4x(1x16) + 16 mm2
C_06	6.14	110	RZ1-K(AS) 4x(1x10) + 10 mm2
C_06	6.15	100	RZ1-K(AS) 4x(1x10) + 10 mm2
C_06	6.16	125	RZ1-K(AS) 4x(1x10) + 10 mm2
C_06	6.17	150	RZ1-K(AS) 2x(1x10) + 10 mm2
C_06	6.18	200	RZ1-K(AS) 2x(1x10) + 10 mm2
C_06	6.19	200	RZ1-K(AS) 2x(1x10) + 10 mm2
C_06	6.20	150	RZ1-K(AS) 4x(1x10) + 10 mm2
C_06	6.21	200	RZ1-K(AS) 4x(1x10) + 10 mm2
C_06	6.22	200	RZ1-K(AS) 4x(1x10) + 10 mm2
C_Gen	Paletizadora	100	RZ1-K(AS) 4x(2x95) + 2x50 mm2

5.2.- Corrección del factor de potencia

La presencia de elementos inductivos y capacitivos provoca la aparición de potencia reactiva en la instalación, que ocasiona que el factor de potencia sea menor de la unidad.

La presencia de esta potencia reactiva ocasiona pérdidas en las redes de transporte, y es por eso que las compañías obligan a corregir este factor de potencia para que su valor sea lo más próximo posible a la unidad. Para lograrlo, se instalan unos dispositivos llamados baterías de condensadores, compuestos por un conjunto de condensadores conectados y desconectados de forma electrónica en función de la potencia reactiva que haya en cada momento en la instalación.

La potencia reactiva máxima que puede haber en la instalación de manera simultánea es de 203,24 kvar, por tanto, la batería de condensadores tiene que tener al menos dicha potencia.

Se escogerá la batería de condensadores inmediatamente superior que esté disponible comercialmente, que en este caso es de 210 kvar.

La sección de los cables que alimentan la batería de condensadores se calculará atendiendo únicamente al criterio de intensidad máxima. Para ello hay que obtener la intensidad que circulará por estos cables, que es:

$$I_{bat} = \frac{1,5 \cdot Q_{bat}}{U\sqrt{3}} = \frac{1,5 \cdot 210000}{400\sqrt{3}} = 454,66 \text{ A}$$

Según la tabla 1 de la ITC-BT-19, considerando un aislamiento XLPE y un montaje tipo E (cables unipolares sobre bandejas perforadas en recorrido vertical u horizontal) se opta por escoger dos conductores de 95 mm², soportando cada uno de ellos 271 A, es decir, 542 A en total.

Por tanto, se escoge un conductor RZ1-K(AS) 3x(2x95) mm².

6.-CONCLUSIÓN Y FIRMA

Con todas las justificaciones y cálculos mostrados anteriormente, se da por concluido el presente anejo de baja tensión.



Fdo: Sergio Martín Maestre

IV.- Anejo de iluminación

1.- INTRODUCCIÓN Y OBJETO

En el presente anejo se realizarán los cálculos luminotécnicos y eléctricos tendientes a dimensionar las instalaciones de alumbrado, tanto interiores como exteriores. Además, también se calculará el alumbrado de emergencia.

Cabe destacar que la instalación interior la conforman las luminarias instaladas en las oficinas, nave, almacenes, baños y edificio de la báscula de pesaje.

La instalación exterior la conforma el acerado de acceso a las oficinas desde la calle, así como los aparcamientos y en la zona de la caldera.

Para realizar este anejo se ha usado el programa Dialux.

2.- NORMATIVA APLICADA

La normativa aplicada para realizar los cálculos del presente anejo se muestra a continuación:

- UNE-EN 12464-1:2012. Iluminación de los lugares de trabajo. Parte 1: Lugares de trabajo en interiores.
- UNE-EN 15193:2008. Eficiencia energética de los edificios. Requisitos energéticos para la iluminación.
- CIE 97:2005. Guía de mantenimiento de sistemas de iluminación de interior.
- CIE 154:2003. Guía de mantenimiento de sistemas de iluminación exterior.
- RD 1890/2008. Reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior.
- RD 842/2002. Reglamento electrotécnico de baja tensión (en particular ITC-BT-09, instalaciones de alumbrado exterior).
- Código Técnico de la Edificación. Documento Básico Seguridad de Utilización y Accesibilidad (SUA). Apartado SUA 4. Seguridad frente al riesgo causado por iluminación inadecuada.

3.- FICHAS DE PRODUCTO

En este apartado se muestran las fichas de todas las luminarias utilizadas en esta instalación.

Unidades.	Fabricante	Imagen	Nº de artículo	Nombre del artículo	Lámpara	Φ (Lámpara) [lm]	Φ (Luminaria) [lm]	Φ (Alumbrado de emergencia) [lm]	η [%]	P [W]	P (Alumbrado de emergencia) [W]	Rendimiento lumínico [lm/W]	ELF [%]	CCT 4000 K	CRI 80
3	3F Filippi		21887	L 650 42W/840 DALI EP V S S 596x596	1x LED Q - 840	4958	4958		100.00	48.0		103.3	-		
30	ASTZ		-	DKU64-40-111 Premier RA 750	1x LED		5584			39.4		141.7	-	5000 K	79
145	ASTZ		-	LSP44-2x54-011	2x FL T5 G5 54W 4450lm	8900	4708		52.89	116.0		40.6	-	3850 K	79
25	Cooper Lighting		14FCZ2-60HE-UNV-L940-S-CP187-U	FCZ	1x LED		4701			48.3		97.3	-	4000 K	90
11	Eaton Emergency Lighting		40071354877	Atlantic LED R 1-8h/D CGLine+ H (set to 8 h operation)	2x HighPower LED			55			2.3		25 %	6500 K	70
10	Eaton Emergency Lighting		40071354877	Atlantic LED R 1-8h/D CGLine+ H (set to 8 h operation)	2x HighPower LED			222			9.3		100 %	6500 K	70
1	Eaton Emergency Lighting		40071354877	Atlantic LED R 1-8h/D CGLine+ H (set to 8 h operation)	2x HighPower LED			44			1.9		20 %	6500 K	70
55	Eaton Emergency Lighting		BT1SD-B3	BeamTech Small 1x250lm 3h (data for one lamp head only)	1x BT1SD-B3_BeamTech 250			250			2.4		100 %	6500 K	80
12	LED S-C4 S.A.		AG25-12USF1TWWM	Play Deco Asymmetrical Round Fixed	1x LED TW 2700K-6500K	757	757		100.00	14.5		52.2	-	2700 K	90

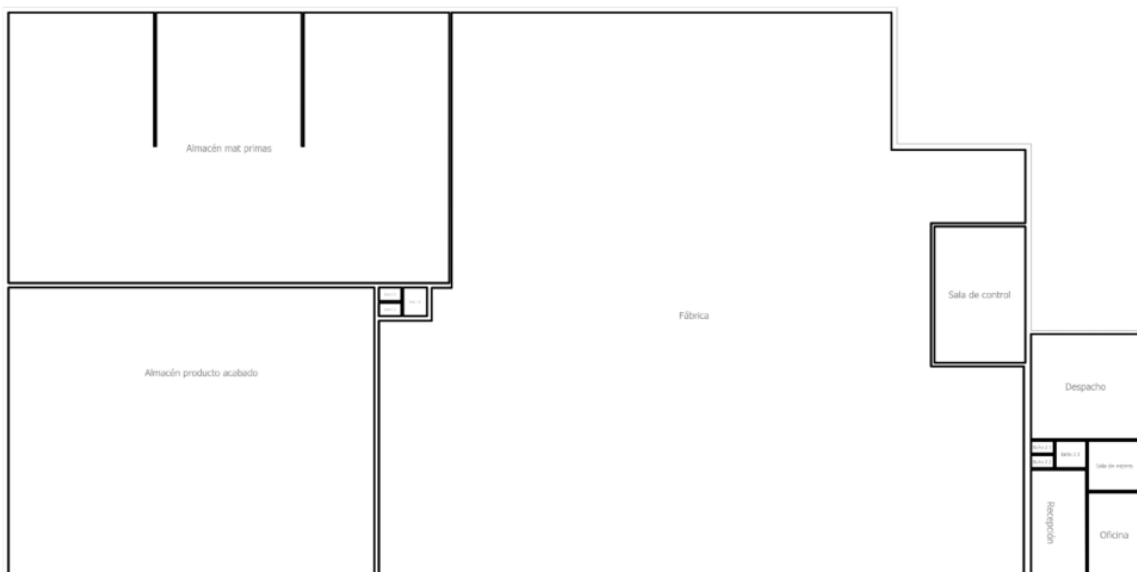
4.- INSTALACIÓN DE ALUMBRADO INTERIOR

La instalación de alumbrado interior tiene que cumplir una doble finalidad. La primera es obtener unos valores de iluminación apropiados para los lugares de trabajo, establecidos en la norma UNE-EN 12464-1:2012, y por otro lado cumplir una función estética. También se irá mostrando simultáneamente la ubicación de la iluminación de emergencia, calculada según el documento SUA 4. Los caminos de evacuación, también calculados e iluminados por la iluminación de emergencia, se encuentran descritos en el anejo de protección contra incendios.

4.1.- Cálculos luminotécnicos

Para realizar este estudio, se ha dividido la edificación en los siguientes locales:

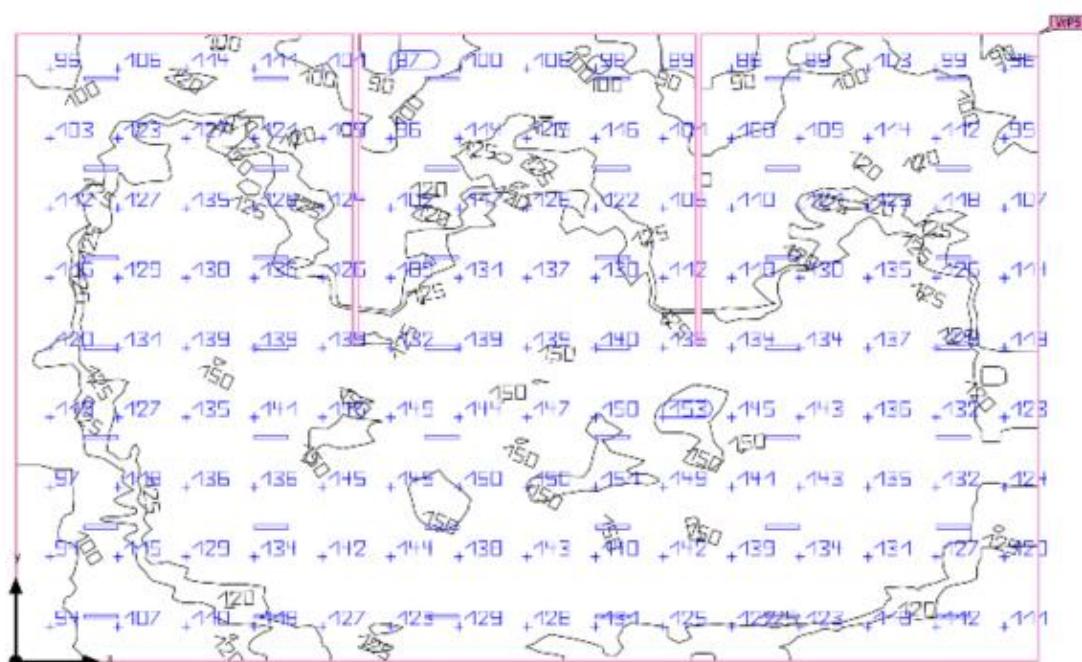
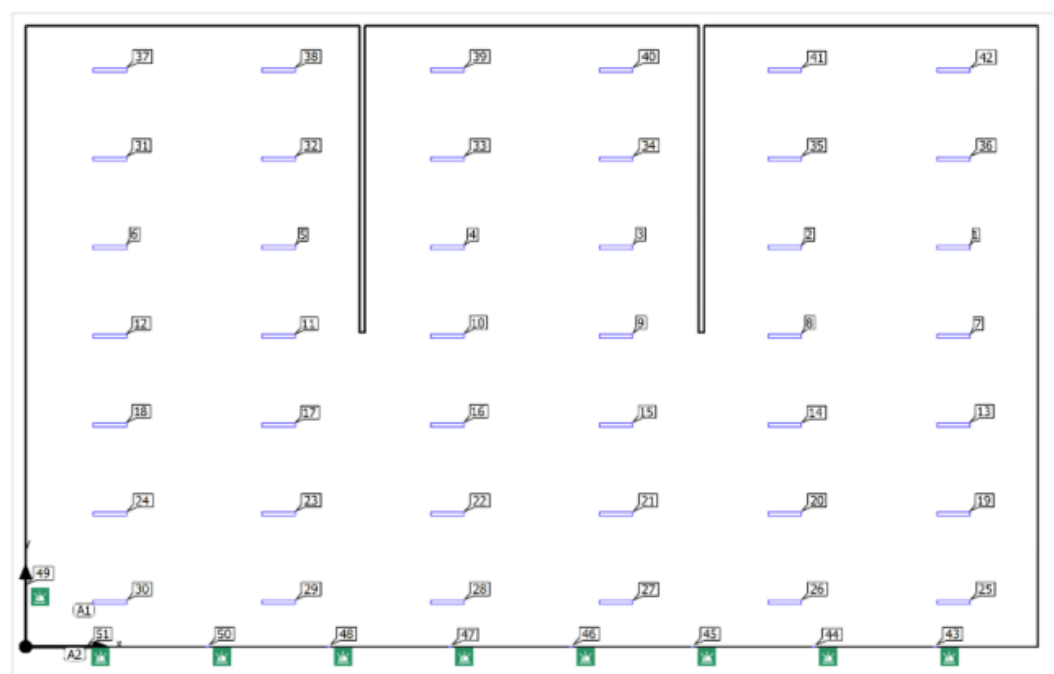
- Almacén de materias primas.
- Almacén de producto acabado.
- Fábrica.
- Sala de control.
- Despacho.
- Sala de espera.
- Oficina.
- Recepción.
- Baño 1.1.
- Baño 1.2.
- Baño 1.3.
- Baño 2.1.
- Baño 2.2.
- Baño 2.3.
- Báscula.



A continuación, se irán mostrando la distribución de luminarias elegidas para cada local, así como los resultados de los cálculos luminotécnicos.

➤ ALMACÉN DE MATERIAS PRIMAS

1.- Plano de situación de luminarias:



2.- Situación de las luminarias:

X	Y	Altura de montaje	Luminaria
35.567 m	15.300 m	12.000 m	1
29.100 m	15.300 m	12.000 m	2
22.633 m	15.300 m	12.000 m	3
16.167 m	15.300 m	12.000 m	4
9.700 m	15.300 m	12.000 m	5
3.233 m	15.300 m	12.000 m	6
35.567 m	11.900 m	12.000 m	7
29.100 m	11.900 m	12.000 m	8
22.633 m	11.900 m	12.000 m	9
16.167 m	11.900 m	12.000 m	10
9.700 m	11.900 m	12.000 m	11
3.233 m	11.900 m	12.000 m	12
35.567 m	8.500 m	12.000 m	13
29.100 m	8.500 m	12.000 m	14
22.633 m	8.500 m	12.000 m	15
16.167 m	8.500 m	12.000 m	16
9.700 m	8.500 m	12.000 m	17
3.233 m	8.500 m	12.000 m	18
35.567 m	5.100 m	12.000 m	19
29.100 m	5.100 m	12.000 m	20
22.633 m	5.100 m	12.000 m	21
16.167 m	5.100 m	12.000 m	22
9.700 m	5.100 m	12.000 m	23
3.233 m	5.100 m	12.000 m	24
35.567 m	1.700 m	12.000 m	25
29.100 m	1.700 m	12.000 m	26
22.633 m	1.700 m	12.000 m	27

X	Y	Altura de montaje	Luminaria
16.167 m	1.700 m	12.000 m	28
9.700 m	1.700 m	12.000 m	29
3.233 m	1.700 m	12.000 m	30
3.233 m	18.700 m	12.000 m	31
9.700 m	18.700 m	12.000 m	32
16.167 m	18.700 m	12.000 m	33
22.633 m	18.700 m	12.000 m	34
29.100 m	18.700 m	12.000 m	35
35.567 m	18.700 m	12.000 m	36
3.233 m	22.100 m	12.000 m	37
9.700 m	22.100 m	12.000 m	38
16.167 m	22.100 m	12.000 m	39
22.633 m	22.100 m	12.000 m	40
29.100 m	22.100 m	12.000 m	41
35.567 m	22.100 m	12.000 m	42
34.858 m	0.001 m	2.500 m	43
30.211 m	0.001 m	2.500 m	44
25.563 m	0.001 m	2.500 m	45
20.915 m	0.000 m	2.500 m	46
16.267 m	0.000 m	2.500 m	47
11.619 m	0.000 m	2.500 m	48
0.000 m	2.318 m	2.500 m	49
6.972 m	0.000 m	2.500 m	50
2.324 m	0.000 m	2.500 m	51

3.- Resultados cálculos luminotécnico escena principal:

	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación	Índice
Plano útil	$E_{\text{perpendicular}}$	125 lx	≥ 100 lx	✓	WPS
	g_1	0.67	-	-	WPS
Valores de consumo	Consumo	800 kWh/a	máx. 32200 kWh/a	✓	
Local	Potencia específica de conexión	5.30 W/m ²	-	-	
		4.26 W/m ² /100 lx	-	-	

Perfil de uso: Zonas generales dentro de edificios: espacios de almacenamiento y refrigeración, Salas de aprovisionamientos y almacenaje

Lista de luminarias

Uni.	Fabricante	Nº de artículo	Nombre del artículo	P	Φ	Rendimiento lumínico
42	ASTZ	-	LSP44-2x54-011	116.0 W	4708 lm	40.6 lm/W

4.- Resultados cálculos luminotécnicos escena iluminación de emergencia:

	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación	Índice
Local	Potencia específica de conexión	0.02 W/m ²	-	-	

Salidas de emergencia

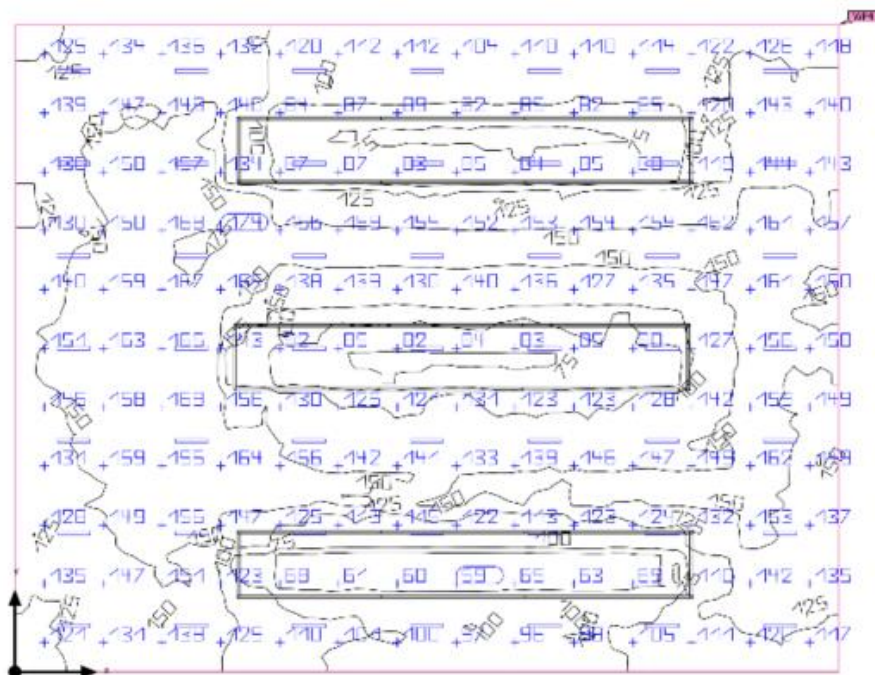
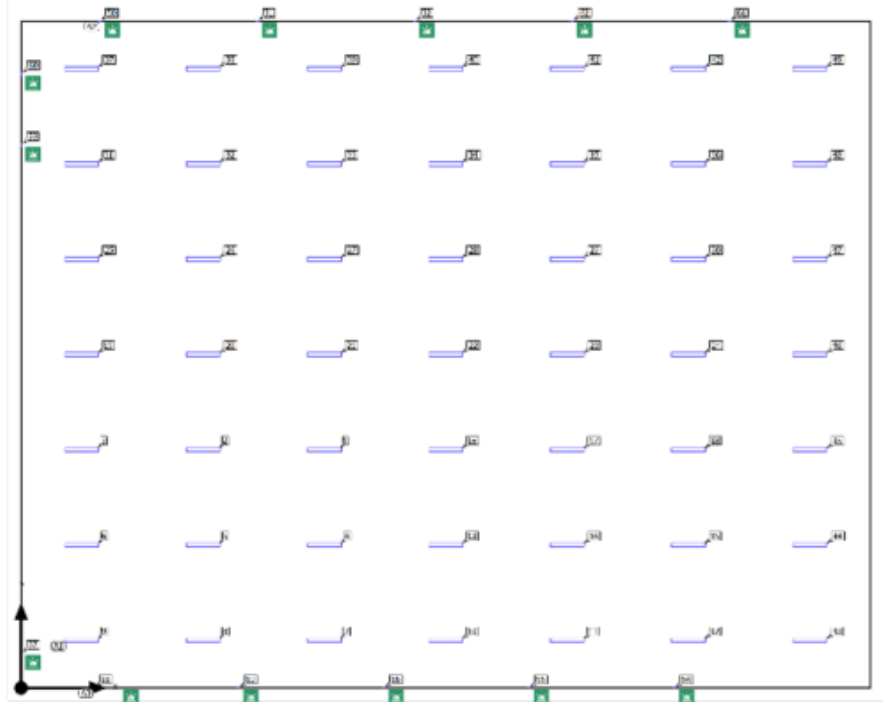
Propiedades	$E_{\text{mín}}$ Superficie media (Nominal)	$E_{\text{máx}}$ Superficie media	$E_{\text{mín}}$ Línea media (Nominal)	$E_{\text{máx}}$ Línea media	U_d (Nominal)	Índice
Salida de emergencia 26 Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.000 m	1.99 lx (≥ 0.50 lx) ✓	95.0 lx	2.17 lx (≥ 1.00 lx) ✓	41.3 lx	0.052 (≥ 0.025) ✓	ER8

Indicaciones para planificación:
El cálculo de la escena de iluminación de emergencia se ha realizado sin reflexión y sin tener en cuenta los muebles colocados.

Lista de luminarias

Uni.	Fabricante	Nº de artículo	Nombre del artículo	P	Φ	Rendimiento lumínico
9	Eaton Emergency Lighting	BT1SD-B3	BeamTech Small 1x250lm 3h (data for one lamp head only)	 2.4 W	250 lm (100 %)	-

1.- Plano de situación de luminarias



2.- Situación de las luminarias:

X	Y	Altura de montaje	Luminaria
11.498 m	9.036 m	12.000 m	1
6.899 m	9.036 m	12.000 m	2
2.300 m	9.036 m	12.000 m	3
11.498 m	5.421 m	12.000 m	4
6.899 m	5.421 m	12.000 m	5
2.300 m	5.421 m	12.000 m	6
11.498 m	1.807 m	12.000 m	7
6.899 m	1.807 m	12.000 m	8
2.300 m	1.807 m	12.000 m	9
16.097 m	1.807 m	12.000 m	10
20.696 m	1.807 m	12.000 m	11
25.295 m	1.807 m	12.000 m	12
16.097 m	5.421 m	12.000 m	13
20.696 m	5.421 m	12.000 m	14
25.295 m	5.421 m	12.000 m	15
16.097 m	9.036 m	12.000 m	16
20.696 m	9.036 m	12.000 m	17
25.295 m	9.036 m	12.000 m	18
2.300 m	12.650 m	12.000 m	19
6.899 m	12.650 m	12.000 m	20
11.498 m	12.650 m	12.000 m	21
16.097 m	12.650 m	12.000 m	22
20.696 m	12.650 m	12.000 m	23
25.295 m	12.650 m	12.000 m	24
2.300 m	16.264 m	12.000 m	25
6.899 m	16.264 m	12.000 m	26
11.498 m	16.264 m	12.000 m	27
16.097 m	16.264 m	12.000 m	28
20.696 m	16.264 m	12.000 m	29
25.295 m	16.264 m	12.000 m	30
2.300 m	19.879 m	12.000 m	31
6.899 m	19.879 m	12.000 m	32
11.498 m	19.879 m	12.000 m	33
16.097 m	19.879 m	12.000 m	34
20.696 m	19.879 m	12.000 m	35
25.295 m	19.879 m	12.000 m	36
2.300 m	23.493 m	12.000 m	37

X	Y	Altura de montaje	Luminaria
6.899 m	23.493 m	12.000 m	38
11.498 m	23.493 m	12.000 m	39
16.097 m	23.493 m	12.000 m	40
20.696 m	23.493 m	12.000 m	41
25.295 m	23.493 m	12.000 m	42
29.894 m	1.807 m	12.000 m	43
29.894 m	5.421 m	12.000 m	44
29.894 m	9.036 m	12.000 m	45
29.894 m	12.650 m	12.000 m	46
29.894 m	16.264 m	12.000 m	47
29.894 m	19.879 m	12.000 m	48
29.894 m	23.493 m	12.000 m	49
2.984 m	25.300 m	2.500 m	50
8.953 m	25.300 m	2.500 m	51
14.921 m	25.300 m	2.500 m	52
26.858 m	25.300 m	2.500 m	61
20.890 m	25.300 m	2.500 m	62
24.750 m	0.000 m	2.500 m	54
19.250 m	0.000 m	2.500 m	55
13.750 m	0.000 m	2.500 m	56
2.750 m	0.000 m	2.500 m	58
8.250 m	0.000 m	2.500 m	59
0.000 m	20.600 m	2.500 m	53
0.000 m	1.316 m	2.500 m	57
0.000 m	23.297 m	2.500 m	60

3.- Resultados cálculos luminotécnico escena principal:

	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación	Índice
Plano útil	$E_{\text{perpendicular}}$	128 lx	≥ 100 lx	✓	WP4
	gi	0,45	-	-	WP4
Valores de consumo	Consumo	[640 - 940] kWh/a	máx. 28550 kWh/a	✓	
Local	Potencia específica de conexión	6,98 W/m ²	-	-	
		5,46 W/m ² /100 lx	-	-	

Perfil de uso: Zonas generales dentro de edificios: espacios de almacenamiento y refrigeración, Salas de aprovisionamientos y almacenaje

Lista de luminarias

Uni.	Fabricante	Nº de artículo	Nombre del artículo	P	Φ	Rendimiento lumínico
49	ASTZ	-	LSP44-2x54-011	116,0 W	4708 lm	40,6 lm/W

4.- Resultados cálculos luminotécnicos escena iluminación de emergencia:

	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación	Índice
Local	Potencia específica de conexión	0,04 W/m ²	-	-	

Salidas de emergencia

Propiedades	E_{min} Superficie media (Nominal)	$E_{\text{máx}}$ Superficie media	E_{min} Línea media (Nominal)	$E_{\text{máx}}$ Línea media	U_0 (Nominal)	Índice
Salida de emergencia 23 Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.000 m	2,62 lx ($\geq 0,50$ lx) ✓	65,7 lx	3,29 lx ($\geq 1,00$ lx) ✓	26,2 lx	0,13 ($\geq 0,025$) ✓	ER5
Salida de emergencia 24 Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.000 m	1,15 lx ($\geq 0,50$ lx) ✓	41,4 lx	1,38 lx ($\geq 1,00$ lx) ✓	18,8 lx	0,073 ($\geq 0,025$) ✓	ER6

Indicaciones para planificación:

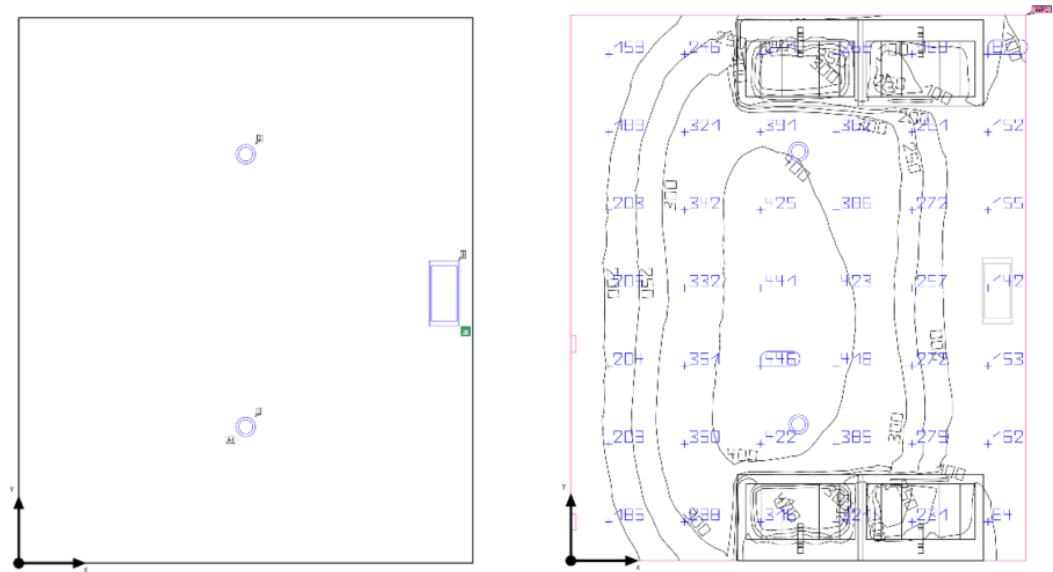
El cálculo de la escena de iluminación de emergencia se ha realizado sin reflexión y sin tener en cuenta los muebles colocados.

Lista de luminarias

Uni.	Fabricante	Nº de artículo	Nombre del artículo	P	Φ	Rendimiento lumínico
13	Eaton Emergency Lighting	BT1SD-B3	BeamTech Small 1x250lm 3h (data for one lamp head only)	 2,4 W	250 lm (100 %)	-

➤ BAÑO 1.1

1.- Plano de situación de luminarias:



2.- Situación de luminarias:

X	Y	Altura de montaje	Luminaria
1.051 m	0.631 m	2.800 m	1
1.051 m	1.894 m	2.800 m	2
1.970 m	1.250 m	2.800 m	3

3.- Resultados cálculos luminotécnico escena principal:

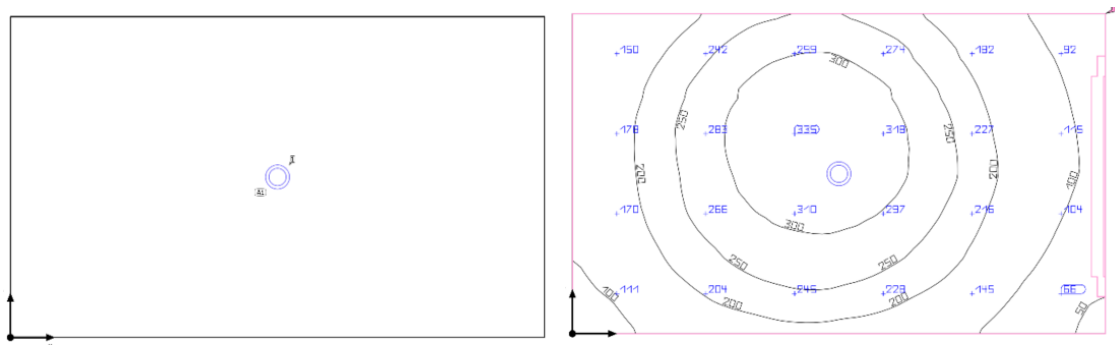
Resultados						
	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación	Índice	
Plano útil	E _{perpendicular}	259 lx	≥ 200 lx	✓	WP1	
	g ₁	0.13	-	-	WP1	
Valores de consumo	Consumo	24 kWh/a	máx. 200 kWh/a	✓		
Local	Potencia específica de conexión	5,46 W/m²	-	-		
		2.11 W/m²/100 lx	-	-		
Perfil de uso: Áreas generales dentro de edificios - Salas de descanso, sanitarias y de primeros auxilios, Guardarropas, lavabos, baños, retretes						
Lista de luminarias						
Unl.	Fabricante	Nº de artículo	Nombre del artículo	P	Φ	Rendimiento lumínico
2	LEDS-C4 S.A.	AG25-12U9F1 TWWM	Play Deco Asymmetrical Round Fixed	14.5 W	757 lm	52.2 lm/W

4.- Resultados cálculos luminotécnicos escena iluminación de emergencia:

Esta escena de iluminación de emergencia está incluida en Fábrica.

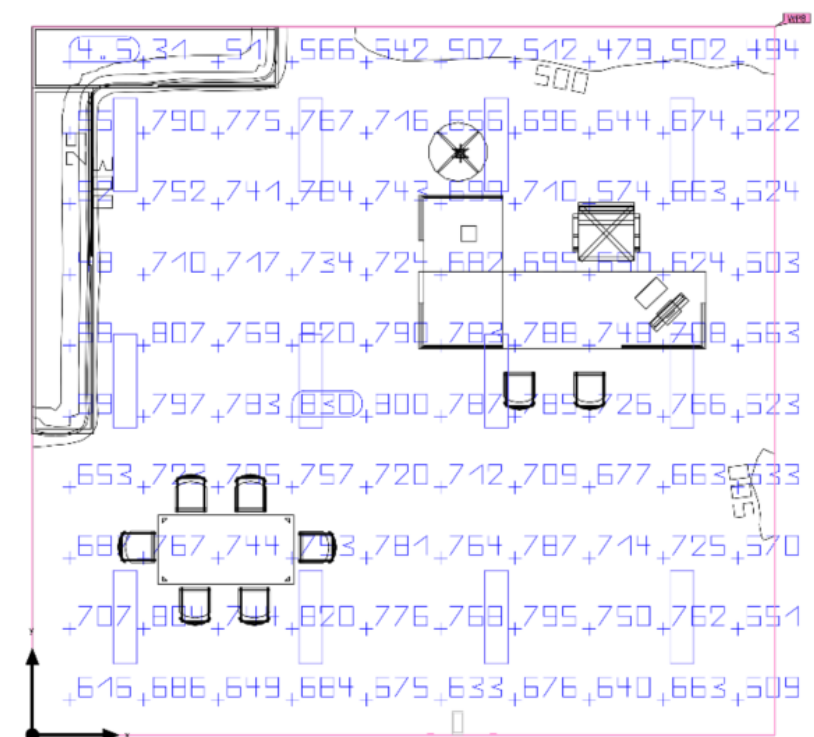
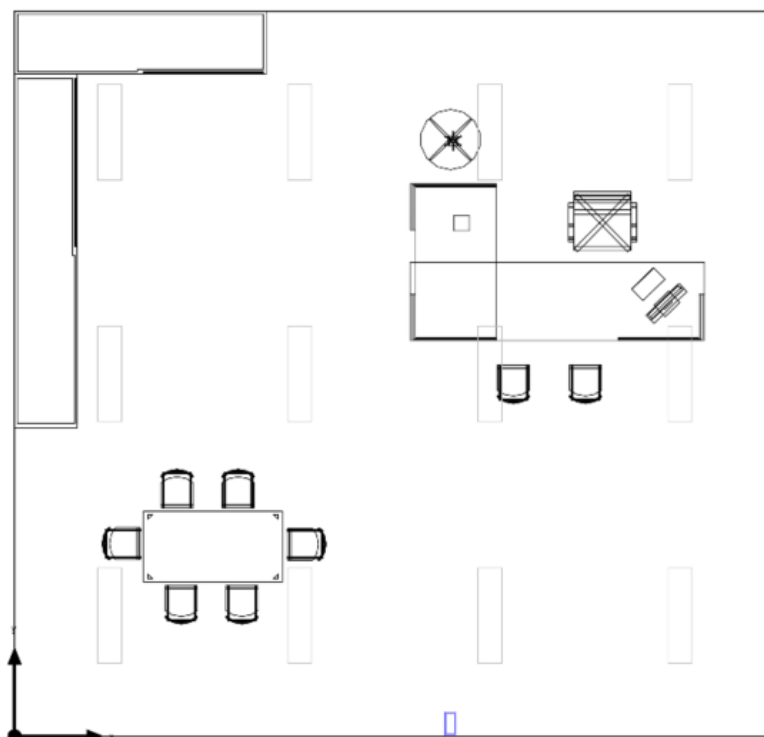
➤ BAÑO 1.2

1.- Plano de situación de luminarias:



➤ DESPACHO

1.- Plano de situación de luminarias



2.- Situación de las luminarias:

X	Y	Altura de montaje	Luminaria
6.063 m	7.708 m	2.800 m	1
3.638 m	7.708 m	2.800 m	2
1.213 m	7.708 m	2.800 m	3
6.063 m	4.625 m	2.800 m	4
3.638 m	4.625 m	2.800 m	5
1.213 m	4.625 m	2.800 m	6
6.063 m	1.542 m	2.800 m	7
3.638 m	1.542 m	2.800 m	8
1.213 m	1.542 m	2.800 m	9
8.488 m	1.542 m	2.800 m	11
8.488 m	4.625 m	2.800 m	12
8.488 m	7.708 m	2.800 m	13
5.557 m	0.161 m	2.800 m	10

3.- Resultados cálculos luminotécnico escena principal:

	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación	Índice
Plano útil	$E_{\text{perpendicular}}$	653 lx	≥ 500 lx	✓	WP8
	g_1	0.001	-	-	WP8
Valores de consumo	Consumo	[1050 - 1600] kWh/a	máx. 3150 kWh/a	✓	
Local	Potencia específica de conexión	6.46 W/m ²	-	-	
		0.99 W/m ² /100 lx	-	-	

Perfil de uso: Oficinas, Escribir, máquina de escribir, lectura, tratamiento de textos

Lista de luminarias

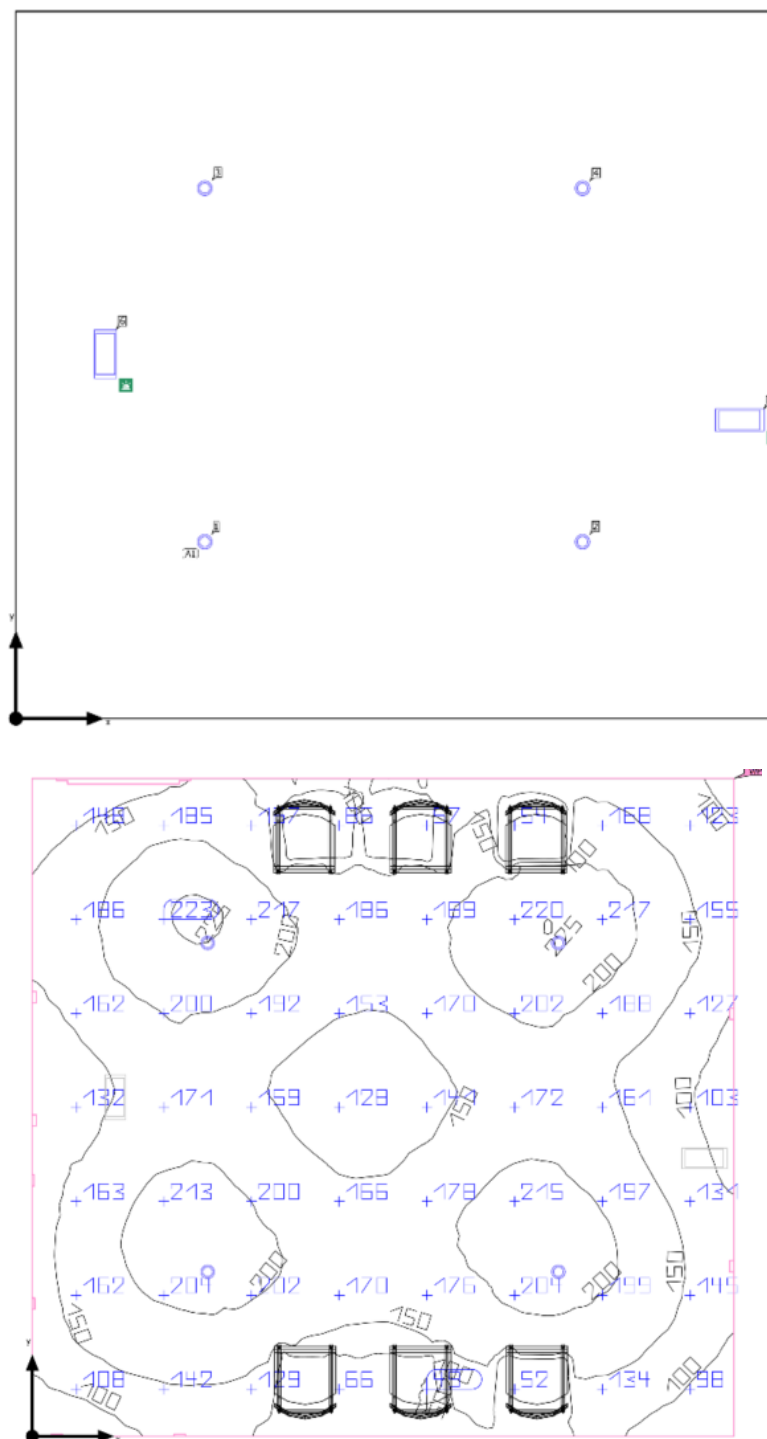
Unl.	Fabricante	Nº de artículo	Nombre del artículo	P	Φ	Rendimiento lumínico
12	Cooper Lighting	14FCZ2-60HE-UNV-L940-S-CP187-U	FCZ	48.3 W	4701 lm	97.3 lm/W
1	Eaton Emergency Lighting	40071354877	Atlantic LED R 1-8h/D CGLine+ H (set to 8 h operation)	9.3 W	222 lm (100 %)	-

4.- Resultados cálculos luminotécnicos escena iluminación de emergencia:

Estos resultados están incluidos en el local de Sala de Espera.

➤ SALA DE ESPERA

1.- Plano de situación de luminarias



2.- Situación de las luminarias:

X	Y	Altura de montaje	Luminaria
1.175 m	1.100 m	2.800 m	1
3.525 m	1.100 m	2.800 m	2
1.175 m	3.301 m	2.800 m	3
3.525 m	3.301 m	2.800 m	4
4.502 m	1.858 m	2.800 m	5
0.557 m	2.268 m	2.800 m	6

3.- Resultados cálculos luminotécnico escena principal:

	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación	Índice
Plano útil	E _{perpendicular}	160 lx	≥ 150 lx	✓	WP12
	g ₁	0.31	-	-	WP12
Valores de consumo	Consumo	64 kWh/a	máx. 750 kWh/a	✓	
Local	Potencia específica de conexión	2.80 W/m ²	-	-	
		1.75 W/m ² /100 lx	-	-	

Perfil de uso: Zonas generales dentro de edificios: almacenamiento en estantería (alta). Vías de circulación con tránsito de personas

Lista de luminarias

Unl.	Fabricante	Nº de artículo	Nombre del artículo	P	Φ	Rendimiento lumínico
4	LEDS-C4 S.A.	AG25-12U9F1 TWWM	Play Deco Asymmetrical Round Fixed	14.5 W	757 lm	52.2 lm/W

4.- Resultados cálculos luminotécnicos escena iluminación de emergencia:

	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación	Índice
Local	Potencia específica de conexión	1.43 W/m ²	-	-	

Salidas de emergencia

Propiedades	E _{min} Superficie media (Nominal)	E _{máx} Superficie media	E _{min} Línea media (Nominal)	E _{máx} Línea media	U _d (Nominal)	Índice
Salida de emergencia 2 Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.000 m	3.19 lx (≥ 0.50 lx) ✓	22.9 lx	4.97 lx (≥ 1.00 lx) ✓	22.9 lx	0.22 (≥ 0.025) ✓	ER1

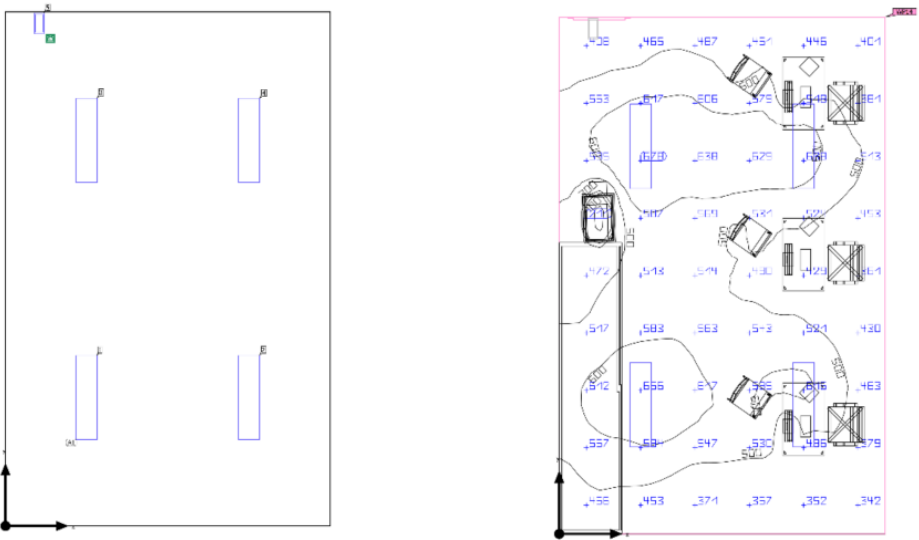
Indicaciones para planificación:
El cálculo de la escena de iluminación de emergencia se ha realizado sin reflexión y sin tener en cuenta los muebles colocados.

Lista de luminarias

Unl.	Fabricante	Nº de artículo	Nombre del artículo	P	Φ	Rendimiento lumínico
1	Eaton Emergency Lighting	40071354877	Atlantic LED R 1-8h/D CGLine+ H (set to 8 h operation)	9.3 W	222 lm (100 %)	-

➤ OFICINA

1.- Plano de situación de luminarias



2.- Situación de las luminarias:

X	Y	Altura de montaje	Luminaria
1.175 m	1.862 m	2.800 m	1
3.525 m	1.862 m	2.800 m	2
1.175 m	5.587 m	2.800 m	3
3.525 m	5.587 m	2.800 m	4
0.489 m	7.283 m	2.800 m	5

3.- Resultados cálculos luminotécnico escena principal:

	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación	Índice
Plano útil	$E_{\text{perpendicular}}$	507 lx	≥ 500 lx	✓	WP14
	g _i	0.095	-	-	WP14
Valores de consumo	Consumo	[330 - 530] kWh/a	máx. 1250 kWh/a	✓	
Local	Potencia específica de conexión	5.52 W/m²	-	-	
		1.09 W/m²/100 lx	-	-	

Perfil de uso: Oficinas, Puestos de trabajo CAD

Lista de luminarias

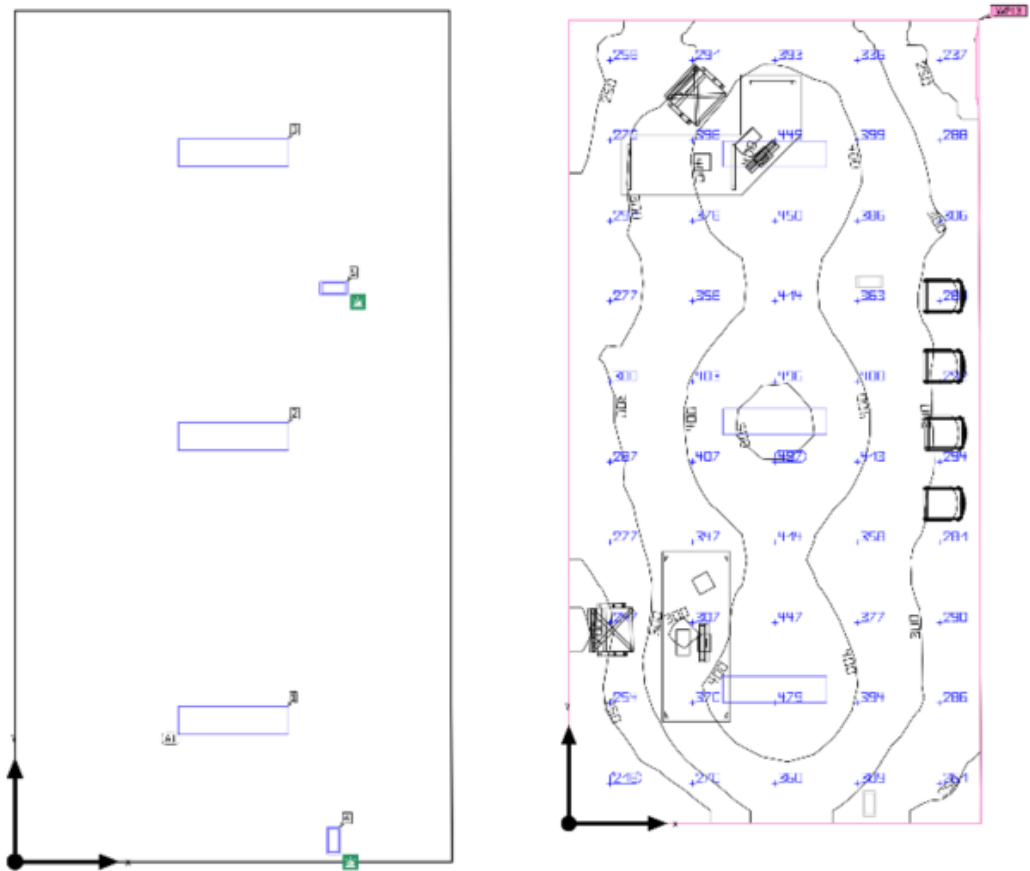
Unl.	Fabricante	Nº de artículo	Nombre del artículo	P	Φ	Rendimiento lumínico
4	Cooper Lighting	14FCZ2-60HE-CP187-U	FCZ	48.3 W	4701 lm	97.3 lm/W
1	Eaton Emergency Lighting	40071354877	Atlantic LED R 1-8h/D CGLine+ H (set to 8 h operation)	9.3 W	222 lm (100 %)	-

4.- Resultados cálculos luminotécnicos escena iluminación de emergencia:

Estos resultados están incluidos en el local Sala de Espera

➤ RECEPCIÓN

1.- Plano de situación de luminarias



2.- Situación de las luminarias:

X	Y	Altura de montaje	Luminaria
2.425 m	1.575 m	2.800 m	1
2.425 m	4.725 m	2.800 m	2
2.425 m	7.875 m	2.800 m	3
3.537 m	0.234 m	2.800 m	4
3.537 m	6.372 m	2.800 m	5

3.- Resultados cálculos luminotécnico escena principal:

	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación	Índice
Plano útil	$E_{\text{perpendicular}}$	343 lx	≥ 300 lx	✓	WP13
	g_1	0.52	-	-	WP13
Valores de consumo	Consumo	[250 - 400] kWh/a	máx. 1650 kWh/a	✓	
Local	Potencia específica de conexión	3.17 W/m ²	-	-	
		0.92 W/m ² /100 lx	-	-	

Perfil de uso: Oficinas, Mostradores de recepción

Lista de luminarias

Uni.	Fabricante	Nº de artículo	Nombre del artículo	P	Φ	Rendimiento lumínico
3	Cooper Lighting	14FCZ2-60HE-UNV-L940-S-CP187-U	FCZ	48.3 W	4701 lm	97.3 lm/W

4.- Resultados cálculos luminotécnicos escena iluminación de emergencia:

	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación	Índice
Local	Potencia específica de conexión	0.25 W/m ²	-	-	

Salidas de emergencia

Propiedades	E_{min} Superficie media (Nominal)	$E_{\text{máx}}$ Superficie media	E_{min} Línea media (Nominal)	$E_{\text{máx}}$ Línea media	U_d (Nominal)	Índice
Salida de emergencia 3 Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.000 m	1.19 lx (≥ 0.50 lx) ✓	14.7 lx	1.34 lx (≥ 1.00 lx) ✓	14.7 lx	0.091 (≥ 0.025) ✓	ER2

Indicaciones para planificación:

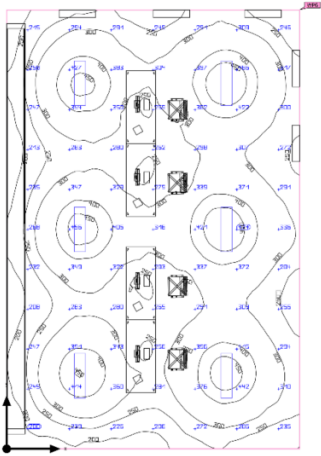
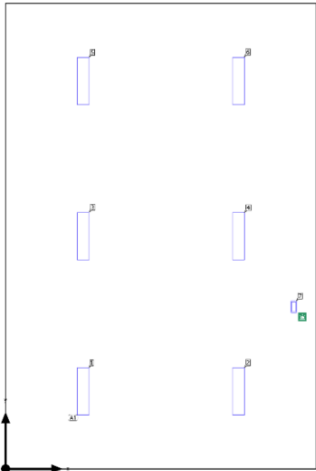
El cálculo de la escena de iluminación de emergencia se ha realizado sin reflexión y sin tener en cuenta los muebles colocados.

Lista de luminarias

Uni.	Fabricante	Nº de artículo	Nombre del artículo	P	Φ	Rendimiento lumínico
1	Eaton Emergency Lighting	40071354877	Atlantic LED R 1-8h/D CGLine+ H (set to 8 h operation)	 9.3 W	222 lm (100 %)	-
1	Eaton Emergency Lighting	40071354877	Atlantic LED R 1-8h/D CGLine+ H (set to 8 h operation)	 1.9 W	44 lm (20 %)	-

SALA DE CONTROL

1.- Plano de situación de luminarias



2.- Situación de las luminarias:

X	Y	Altura de montaje	Luminaria
2.000 m	2.000 m	2.800 m	1
6.000 m	2.000 m	2.800 m	2
2.000 m	6.000 m	2.800 m	3
6.000 m	6.000 m	2.800 m	4
2.000 m	10.000 m	2.800 m	5
6.000 m	10.000 m	2.800 m	6
7.424 m	4.179 m	2.800 m	7

3.- Resultados cálculos luminotécnico escena principal:

	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación	Índice
Plano útil	$E_{\text{perpendicular}}$	311 lx	$\geq 200 \text{ lx}$	✓	WP6
	g_1	0.51	-	-	WP6
Valores de consumo	Consumo	48 kWh/a	máx. 3400 kWh/a	✓	
Local	Potencia específica de conexión	3.02 W/m ²	-	-	
		0.97 W/m ² /100 lx	-	-	

Perfil de uso: Áreas generales dentro de edificios - Salas de control, Salas para instalaciones de tecnología de edificios, salas de distribución

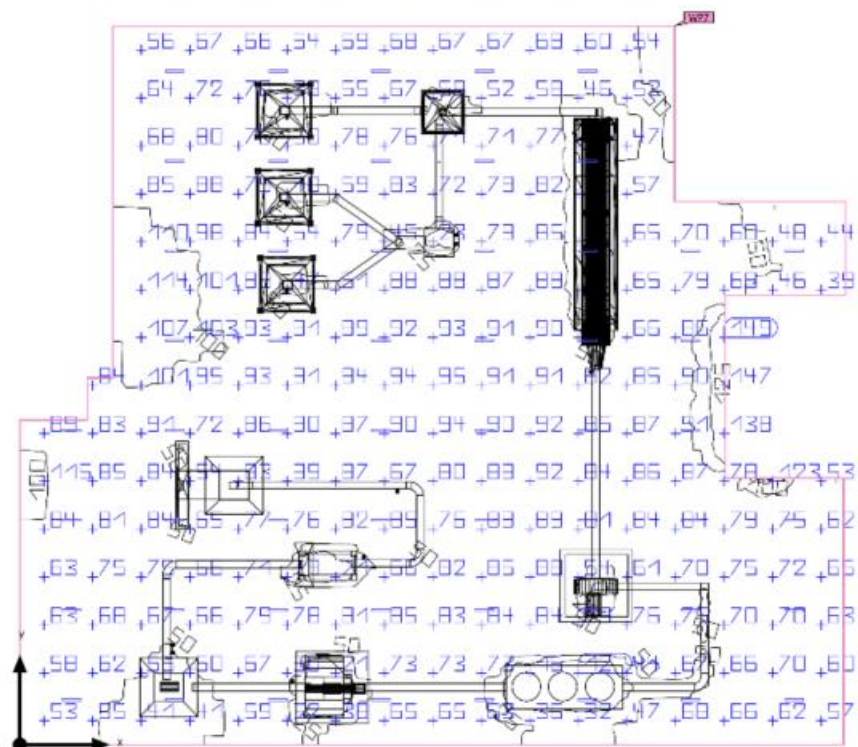
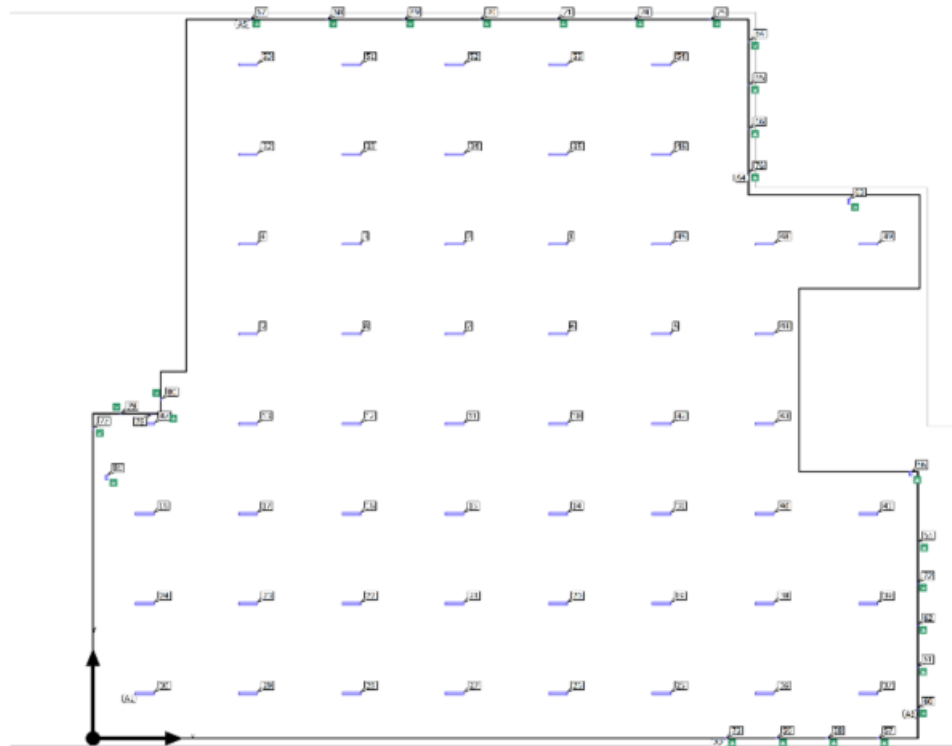
Lista de luminarias

Uní.	Fabricante	Nº de artículo	Nombre del artículo	P	Φ	Rendimiento lumínico
6	Cooper Lighting	14FCZ2-60HE-CP187-U	FCZ	48.3 W	4701 lm	97.3 lm/W
1	Eaton Emergency Lighting	40071354877	Atlantic LED R 1-8h/D CGLine+ H (set to 8 h operation)	9.3 W	222 lm (100 %)	-

4.- Resultados cálculos luminotécnicos escena iluminación de emergencia:

Estos resultados están incluidos en el local Fábrica.

1.- Plano de situación de luminarias



2.- Situación de las luminarias:

X	Y	Altura de montaje	Luminaria
32.010 m	34.031 m	12.000 m	1
24.897 m	34.031 m	12.000 m	2
17.783 m	34.031 m	12.000 m	3
10.670 m	34.031 m	12.000 m	4
39.123 m	27.844 m	12.000 m	5
32.010 m	27.844 m	12.000 m	6
24.897 m	27.844 m	12.000 m	7
17.783 m	27.844 m	12.000 m	8
10.670 m	27.844 m	12.000 m	9
32.010 m	21.656 m	12.000 m	10
24.897 m	21.656 m	12.000 m	11
17.783 m	21.656 m	12.000 m	12
10.670 m	21.656 m	12.000 m	13
32.010 m	15.469 m	12.000 m	14
24.897 m	15.469 m	12.000 m	15
17.783 m	15.469 m	12.000 m	16
10.670 m	15.469 m	12.000 m	17
3.557 m	15.469 m	12.000 m	18
39.123 m	9.281 m	12.000 m	19
32.010 m	9.281 m	12.000 m	20
24.897 m	9.281 m	12.000 m	21
17.783 m	9.281 m	12.000 m	22
10.670 m	9.281 m	12.000 m	23
3.557 m	9.281 m	12.000 m	24
39.123 m	3.094 m	12.000 m	25
32.010 m	3.094 m	12.000 m	26
24.897 m	3.094 m	12.000 m	27
17.783 m	3.094 m	12.000 m	28
10.670 m	3.094 m	12.000 m	29
3.557 m	3.094 m	12.000 m	30
39.123 m	15.469 m	12.000 m	31
10.670 m	40.219 m	12.000 m	32
17.783 m	40.219 m	12.000 m	33
24.897 m	40.219 m	12.000 m	34
32.010 m	40.219 m	12.000 m	35
46.237 m	3.094 m	12.000 m	36
53.350 m	3.094 m	12.000 m	37

X	Y	Altura de montaje	Luminaria
46.237 m	9.281 m	12.000 m	38
53.350 m	9.281 m	12.000 m	39
46.237 m	15.469 m	12.000 m	40
53.350 m	15.469 m	12.000 m	41
39.123 m	21.656 m	12.000 m	42
46.237 m	21.656 m	12.000 m	43
46.237 m	27.844 m	12.000 m	44
39.123 m	34.031 m	12.000 m	45
39.123 m	40.219 m	12.000 m	46
3.557 m	21.656 m	12.000 m	47
46.237 m	34.031 m	12.000 m	48
53.350 m	34.031 m	12.000 m	49
10.670 m	46.406 m	12.000 m	50
17.783 m	46.406 m	12.000 m	51
24.897 m	46.406 m	12.000 m	52
32.010 m	46.406 m	12.000 m	53
39.123 m	46.406 m	12.000 m	54
54.010 m	0.000 m	2.500 m	57
50.522 m	0.000 m	2.500 m	58
47.035 m	0.000 m	2.500 m	59
43.547 m	0.000 m	2.500 m	73
56.700 m	2.013 m	2.500 m	60
56.700 m	4.895 m	2.500 m	61
56.700 m	7.778 m	2.500 m	62
56.700 m	10.660 m	2.500 m	72
45.118 m	47.991 m	2.500 m	64
45.118 m	44.973 m	2.500 m	65
45.118 m	41.954 m	2.500 m	66
45.118 m	38.936 m	2.500 m	76
10.807 m	49.500 m	2.500 m	67
16.085 m	49.500 m	2.500 m	68
21.364 m	49.500 m	2.500 m	69
26.643 m	49.500 m	2.500 m	70
31.921 m	49.500 m	2.500 m	71
37.200 m	49.500 m	2.500 m	74
42.478 m	49.500 m	2.500 m	75
56.769 m	13.451 m	2.500 m	55
0.000 m	21.322 m	2.500 m	77
3.966 m	22.315 m	5.400 m	78
1.911 m	22.374 m	2.500 m	79
4.649 m	23.327 m	2.500 m	80

3.- Resultados cálculos luminotécnico escena principal:

	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación	Índice
Plano útil	$E_{\text{perpendicular}}$	71.7 lx	≥ 50.0 lx	✓	WP7
	g_1	0.025	-	-	WP7
Valores de consumo	Consumo	[8600 - 14100] kWh/a	máx. 84000 kWh/a	✓	
Local	Potencia específica de conexión	2.61 W/m ²	-	-	
		3.64 W/m ² /100 lx	-	-	

Perfil de uso: Actividades industriales y artesanales - Tratamiento y procesamiento de madera, Procesamiento automático, p. ej. secado, fabricación de madera laminada.

Lista de luminarias

Uni.	Fabricante	Nº de artículo	Nombre del artículo	P	Φ	Rendimiento lumínico
54	ASTZ	-	LSP44-2x54-011	116.0 W	4708 lm	40.6 lm/W

4.- Resultados cálculos luminotécnicos escena iluminación de emergencia:

	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación	Índice
Local	Potencia específica de conexión	0.04 W/m ²	-	-	

Salidas de emergencia

Propiedades	E_{min} Superficie media (Nominal)	E_{max} Superficie media	E_{min} Línea media (Nominal)	E_{max} Línea media	U_2 (Nominal)	Índice
Salida de emergencia 4 Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.000 m	1.44 lx (≥ 0.50 lx) ✓	78.3 lx	1.47 lx (≥ 1.00 lx) ✓	34.6 lx	0.042 (≥ 0.025) ✓	ER3
Salida de emergencia 10 Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.000 m	1.12 lx (≥ 0.50 lx) ✓	31.9 lx	1.40 lx (≥ 1.00 lx) ✓	15.2 lx	0.093 (≥ 0.025) ✓	ER4
Salida de emergencia 25 Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.000 m	1.26 lx (≥ 0.50 lx) ✓	69.2 lx	1.32 lx (≥ 1.00 lx) ✓	30.8 lx	0.043 (≥ 0.025) ✓	ER7

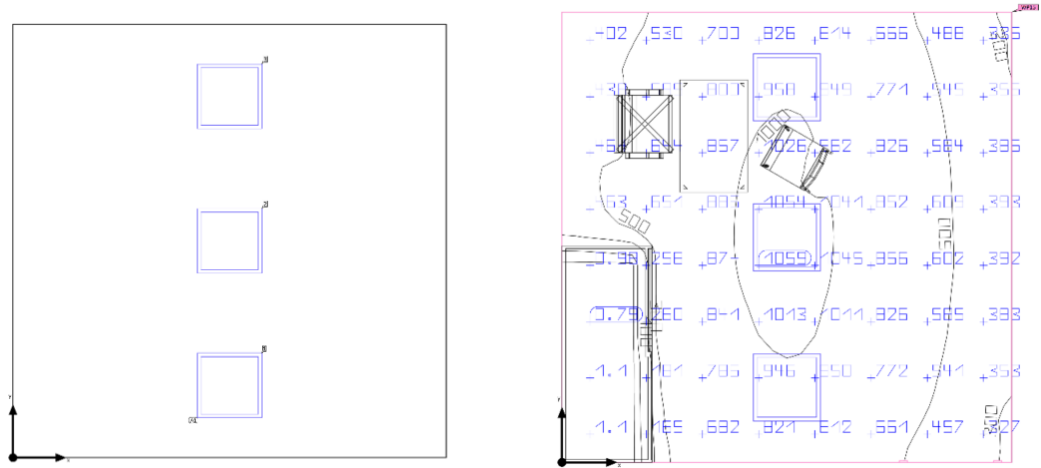
Indicaciones para planificación:
El cálculo de la escena de iluminación de emergencia se ha realizado sin reflexión y sin tener en cuenta los muebles colocados.

Lista de luminarias

Uni.	Fabricante	Nº de artículo	Nombre del artículo	P	Φ	Rendimiento lumínico
3	Eaton Emergency Lighting	40071354877	Atlantic LED R 1-8h/D CGLine+ H (set to 8 h operation)	 9.3 W	222 lm (100 %)	-
24	Eaton Emergency Lighting	BT15D-B3	BeamTech Small 1x250lm 3h (data for one lamp head only)	 2.4 W	250 lm (100 %)	-

➤ BÁSCULA

1.- Plano de situación de luminarias



2.- Situación de las luminarias:

X	Y	Altura de montaje	Luminaria
2.000 m	0.667 m	2.893 m	1
2.000 m	2.000 m	2.893 m	2
2.000 m	3.333 m	2.893 m	3

3.- Resultados cálculos luminotécnico escena principal:

	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación	Índice
Plano útil	E _{perpendicular}	631 lx	≥ 500 lx	✓	WP15
	g ₁	0.001	-	-	WP15
Valores de consumo	Consumo	[250 - 400] kWh/a	máx. 600 kWh/a	✓	
Local	Potencia específica de conexión	9.00 W/m ²	-	-	
		1.43 W/m ² /100 lx	-	-	

Perfil de uso: Oficinas, Escribir, máquina de escribir, lectura, tratamiento de textos

Lista de luminarias

Unl.	Fabricante	Nº de artículo	Nombre del artículo	P	Φ	Rendimiento lumínico
3	3F Filippi	21887	L 650 42W/840 DALI EP VSS 596x596	48.0 W	4958 lm	103.3 lm/W

4.- Resultados cálculos luminotécnicos escena iluminación de emergencia:

No aplica.

4.2.- Imágenes

En este apartado se muestran algunas imágenes de los diferentes locales, obtenidas a partir de la simulación realizada con Dialux. Destacar que se ha modelado toda la nave en 3D, así como un modelo aproximado de cada máquina para que los cálculos fueran más exactos.

➤ RECEPCIÓN



➤ OFICINA



➤ SALA DE ESPERA



➤ ENTRADA BAÑO (BAÑO 1.1 Y 2.1)



➤ BAÑO INDIVIDUAL (DEMÁS BAÑOS)



➤ DESPACHO



➤ SALA DE CONTROL



➤ FÁBRICA



➤ ALMCÉN MATERIAS PRIMAS



➤ ALMACÉN PRODUCTO ACABADO



➤ BÁSCULA DE PESAJE



5.- INSTALACIÓN DE ALUMBRADO EXTERIOR

5.1.- Diseño luminotécnico

5.1.1.- Criterios de diseño del alumbrado público

La instalación de alumbrado público debe crear un ambiente visual nocturno confortable para la conducción de vehículos reduciendo el riesgo de accidentes y que haya una visibilidad que proporcione seguridad a los peatones. Además, debe ser energéticamente eficiente.

La instalación exterior del presente documento se divide, como ya se ha comentado, en tres espacios fundamentales:

- Zona de aparcamiento.
- Acerado de la nave.
- Fachada principal

Para la zona de aparcamiento, lo primero que hay que hacer es clasificar la vía según el ITC-EA 02, que se hace según la tabla que se muestra a continuación:

Clasificación	Tipo de vía	Velocidad del tráfico rodado (km/h)
A	de alta velocidad	$v > 60$
B	de moderada velocidad	$30 < v \leq 60$
C	carriles bici	--
D	de baja velocidad	$5 < v \leq 30$
E	vías peatonales	$v \leq 5$

Entonces, se está ante una clasificación tipo D, cuya clase de alumbrado según la tabla 4 de la citada ITC es CE3. Los valores de dicha clase son:

Clase de Alumbrado (1)	Iluminancia horizontal	
	Iluminancia Media E_m (lux) [mínima mantenida ⁽¹⁾]	Uniformidad Media U_m [mínima]
CE0	50	0,40
CE1	30	0,40
CE1A	25	0,40
CE2	20	0,40
CE3	15	0,40
CE4	10	0,40
CE5	7,5	0,40

Para la zona de la fachada principal, que ilumina la entrada a la nave, se considerará que es un aparcamiento, por lo que se está ante una clasificación tipo D y cuya clase de alumbrado es la CE4, que se puede ver en la tabla anterior.

Para la zona de acerado, según la primera tabla mostrada en el primer apartado es una vía peatonal, por tanto, clasificación E. Para esta clasificación la clase de alumbrado según la tabla 5 de la ITC-EA 02 es S4. Los valores de dicha clase son:

Clase de Alumbrado ⁽¹⁾	Iluminancia horizontal en el área de la calzada	
	Iluminancia Media E_m (lux) ⁽¹⁾	Iluminancia mínima E_{min} (lux) ⁽¹⁾
S1	15	5
S2	10	3
S3	7,5	1,5
S4	5	1

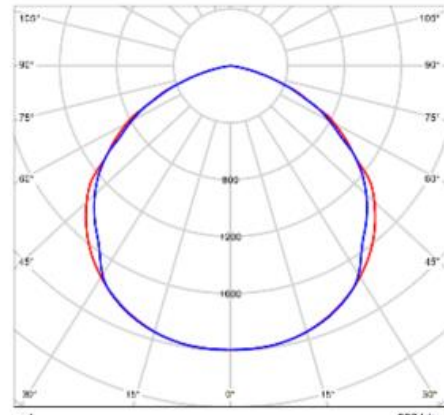
5.1.2.- Lámparas, luminarias y equipos auxiliares

Las lámparas y luminarias escogidas se muestran a continuación con sus fichas técnicas:

ASTZ - DKU64-40-111 Premier RA 750



Nº de artículo	-
P	39.4 W
Φ _{Luminaria}	5584 lm
Rendimiento luminico	141.7 lm/W
CCT	5000 K
CRI	79



CDL polar

DKU64-40-111 Premier RA 750

TU 3461-051-05014337-2012

Предназначены для наружного освещения: освещения улиц, железнодорожных платформ и станций, парковок домов, школ, предприятий.

220 В, 50 Гц, LED модуль, 5000 (4750-5250)K, Ra=70, драйвер с управлением 1-10В (PF=0,95), IP65, U1

Световой поток светильника: 5585 лм

Класс защиты от поражения электрическим током: I

LxBxH=536x204x115 мм. Масса: 3,85 кг

Корпус радиатор из алюминия.

Установка: Светильник рекомендуется устанавливать: на Г-образных кронштейнах опор.

Valoración de deslumbramiento según UGR												
α Techo		70	70	50	50	30	70	70	50	50	30	30
α Paredes		50	30	50	30	30	50	30	50	30	30	30
α Suelo		20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Tamaño del local X Y		Mirado en perpendicular al eje de lámpara					Mirado longitudinalmente al eje de lámpara					
2H	2H	20.5	21.8	20.8	22.0	22.3	21.9	22.2	21.2	22.5	22.7	
	3H	21.3	22.5	21.6	22.8	23.0	21.9	23.1	22.3	23.4	23.7	
	4H	21.5	22.6	21.8	22.9	23.1	22.2	23.3	22.5	23.5	23.8	
	6H	21.5	22.5	21.8	22.8	23.1	22.2	23.2	22.5	23.5	23.8	
	8H	21.4	22.4	21.8	22.7	23.1	22.1	23.2	22.5	23.5	23.8	
4H	12H	21.4	22.3	21.8	22.7	23.0	22.1	23.1	22.5	23.4	23.7	
	2H	21.0	22.1	21.3	22.4	22.7	21.3	22.4	21.7	22.7	23.0	
	3H	21.9	22.8	22.3	23.1	23.5	22.5	23.4	22.8	23.7	24.1	
	4H	22.1	22.9	22.5	23.2	23.6	22.8	23.5	23.2	23.9	24.3	
	6H	22.1	22.8	22.5	23.2	23.6	22.8	23.5	23.2	23.8	24.3	
6H	8H	22.1	22.7	22.6	23.1	23.5	22.7	23.4	23.2	23.8	24.2	
	12H	22.1	22.6	22.6	23.0	23.5	22.8	23.3	23.3	23.8	24.2	
	2H	22.1	22.8	22.6	23.2	23.6	22.7	23.4	23.2	23.8	24.2	
	3H	22.2	22.7	22.7	23.1	23.6	22.8	23.4	23.3	23.8	24.2	
	4H	22.2	22.7	22.7	23.1	23.6	22.8	23.3	23.3	23.8	24.2	
12H	6H	22.1	22.6	22.6	23.0	23.5	22.8	23.2	23.3	23.7	24.2	
	8H	22.1	22.7	22.6	23.1	23.6	22.7	23.3	23.2	23.7	24.2	
	12H	22.2	22.7	22.6	23.1	23.6	22.8	23.3	23.3	23.7	24.2	
Variación de la posición del espectador para separaciones S entre luminarias												
S = 1.0H		+0.3 / -0.4					+0.1 / -0.2					
S = 1.5H		+0.7 / -0.8					+0.4 / -0.7					
S = 2.0H		+1.2 / -2.0					+1.1 / -1.8					
Tabla estándar		BK02					BK03					
Índice de conexión		4.2					5.4					
Índice de deslumbramiento corregido en relación a 5584lm Flujo luminoso total												

***Traducción: DKU64-40-111 Premier RA 750 TU 3461-051-05014337-2012 Diseñado para iluminación exterior: iluminación de calles, andenes y estaciones ferroviarias, estacionamientos de casas, escuelas, empresas. 220 V, 50 Hz, módulo LED, 5000 (4750-5250)K, Ra=70, driver con control 1-10V (PF=0,95), IP65, U1 Flujo luminoso de la luminaria: 5585 lm Clase de protección contra descargas eléctricas: I LxBxH= 536x204x115 mm. Peso: 3,85 kg Carcasa de radiador de aluminio. Instalación: Se recomienda instalar la luminaria: sobre soportes de apoyo en forma de L.**

Estas luminarias irán una parte de ellas ancladas a la pared de la nave, a una altura que se indica posteriormente, y otras irán colocadas en farolas de una altura de 8 m.

Dichas farolas serán del modelo NE-0800-EMP de la empresa Elecnor o similar.

5.1.3.- Sistemas de encendido y apagado

El sistema de encendido y apagado se colocará en el Cuadro_01, correspondiente a la iluminación exterior. De dicho cuadro salen tres circuitos, uno para la fachada principal de la nave, otro para la fachada lateral y otro para la zona del aparcamiento y acerado próximo. Los tres circuitos son monofásicos.

Entonces, para automatizar la función de encendido y apagado, se instalará un interruptor horario digital, en serie con un interruptor magnetotérmico que tendrá la función de encender y apagar la iluminación de forma manual y proteger el circuito. Como los magnetotérmicos instalados son de 10 A, el interruptor horario tiene que tener, al menos, las siguientes características:

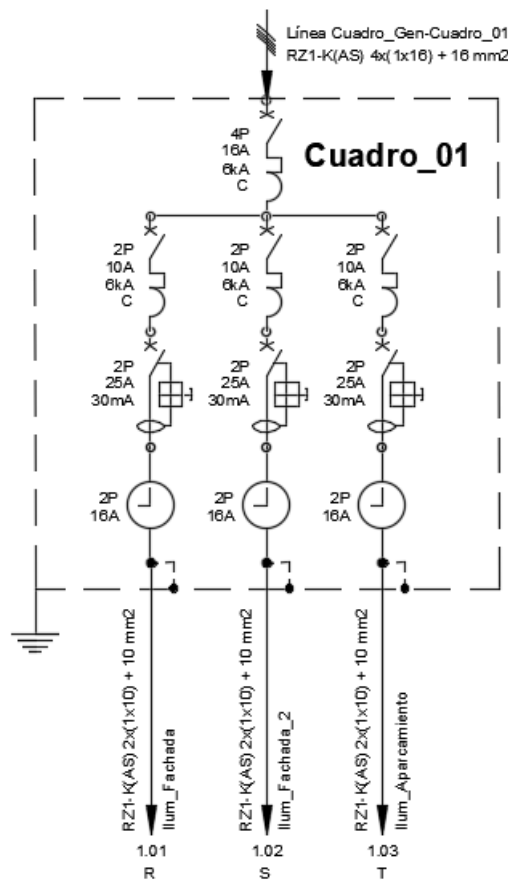
Tensión de alimentación 230 V

Frecuencia nominal..... 50 Hz

Intensidad nominal..... 16 A

Montaje del equipo..... en rail DIN

Con todo esto, el unifilar de este cuadro, que se puede consultar con detalle en el apartado de planos, se muestra a continuación:



5.1.4.- Regulación del nivel luminoso

En la instalación del presente proyecto no es necesario regular el nivel luminoso debido a que la instalación no va a estar encendida toda la noche. A partir de la hora de cierre o minutos después, se configura el interruptor horario para que se apague toda la iluminación, ya que no se realiza ninguna actividad en la nave y la misma está cerrada al público.

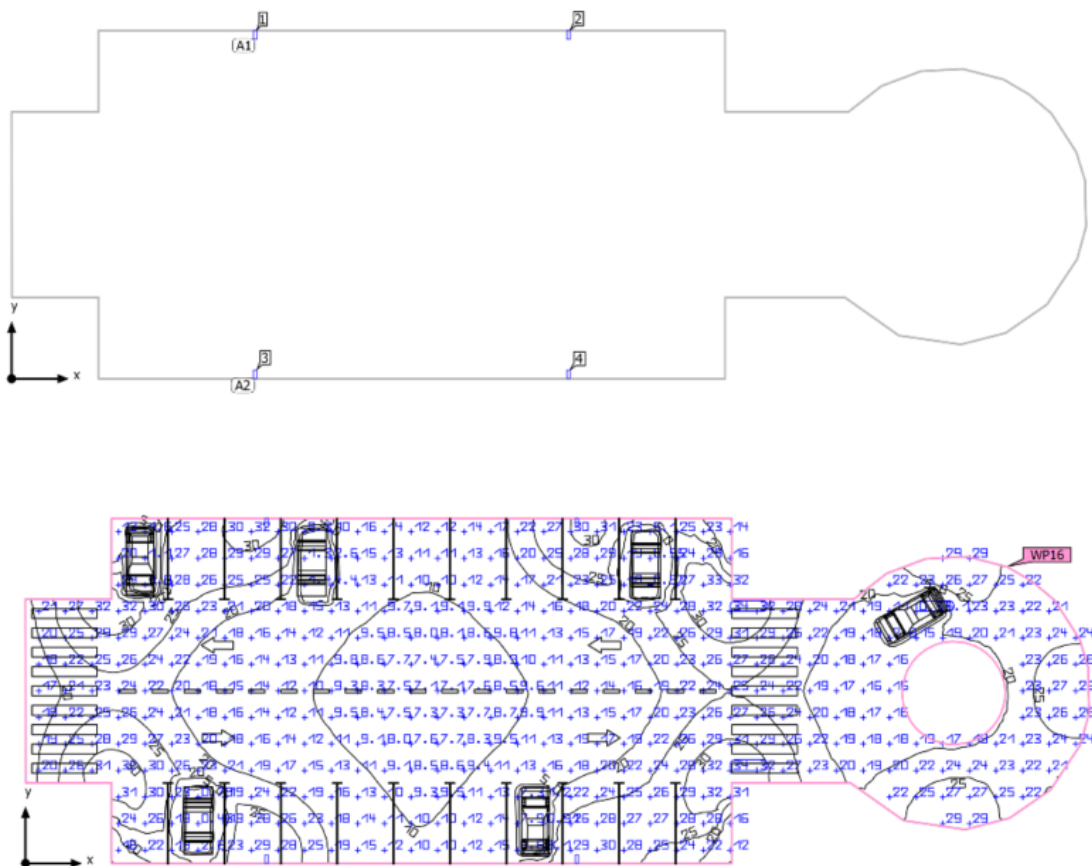
Además, como la nave está situada en un polígono exterior, existe iluminación en las inmediaciones de los accesos a la parcela.

Por todos estos motivos, no es necesario instalar un sistema de regulación del nivel luminoso que lo único que haría sería encarecer la instalación.

5.1.5.- Implantación de los puntos de luz

➤ ZONA APARCAMIENTO

1.- Plano de situación de luminarias:



2.- Situación de las luminarias:

X	Y	Altura de montaje	Luminaria
14.968 m	21.398 m	8.000 m	1
34.218 m	21.398 m	8.000 m	2
14.968 m	0.000 m	8.000 m	3
34.218 m	0.000 m	8.000 m	4

3.- Resultados cálculos luminotécnico:

	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación	Índice
Plano útil	$E_{perpendicular}$	18.9 lx	≥ 15.0 lx	✓	WP16
	g:	0.015	-	-	WP16
Valores de consumo	Consumo	1400 kWh/a	máx. 41200 kWh/a	✓	
Local	Potencia específica de conexión	0.13 W/m ²	-	-	
		0.71 W/m ² /100 lx	-	-	

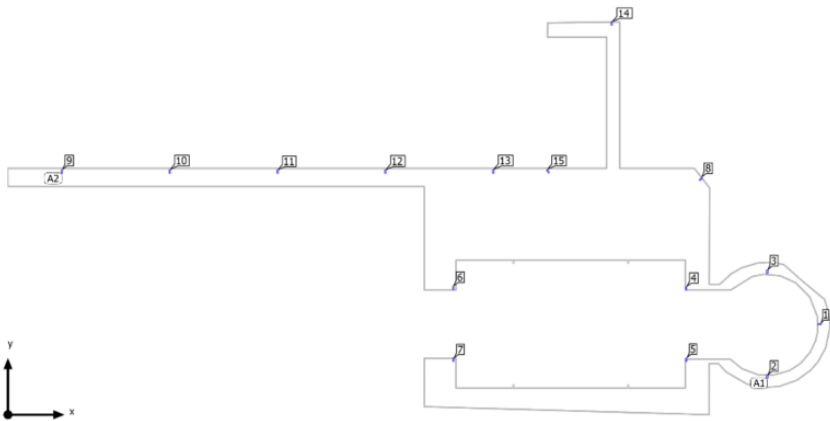
Perfil de uso: Aparcamientos, Volumen medio de tránsito, p. ej. aparcamientos delante de grandes almacenes, edificios de oficinas, fábricas, instalaciones deportivas y pabellones multifuncionales

Lista de luminarias

Uni.	Fabricante	Nº de artículo	Nombre del artículo	P	Φ	Rendimiento lumínico
4	ASTZ	-	DKU64-40-111 Premier RA 750	39.4 W	5584 lm	141.7 lm/W

➤ ZONA PEATONAL

1.- Plano de situación de luminarias:





2.- Situación de las luminarias:

X	Y	Altura de montaje	Luminaria
136.481 m	15.165 m	8.300 m	1
127.429 m	6.113 m	8.300 m	2
127.429 m	24.217 m	8.300 m	3
9.049 m	40.965 m	7.300 m	9
27.148 m	40.965 m	7.300 m	10
45.246 m	40.965 m	7.300 m	11
63.345 m	40.965 m	7.300 m	12
81.444 m	40.965 m	7.300 m	13
113.830 m	21.465 m	8.060 m	4
113.866 m	8.943 m	8.060 m	5
74.727 m	21.465 m	8.060 m	6
74.763 m	8.943 m	8.060 m	7
116.487 m	39.645 m	8.300 m	8
101.329 m	65.829 m	6.300 m	14
90.500 m	40.965 m	7.300 m	15

3.- Resultados cálculos luminotécnico:

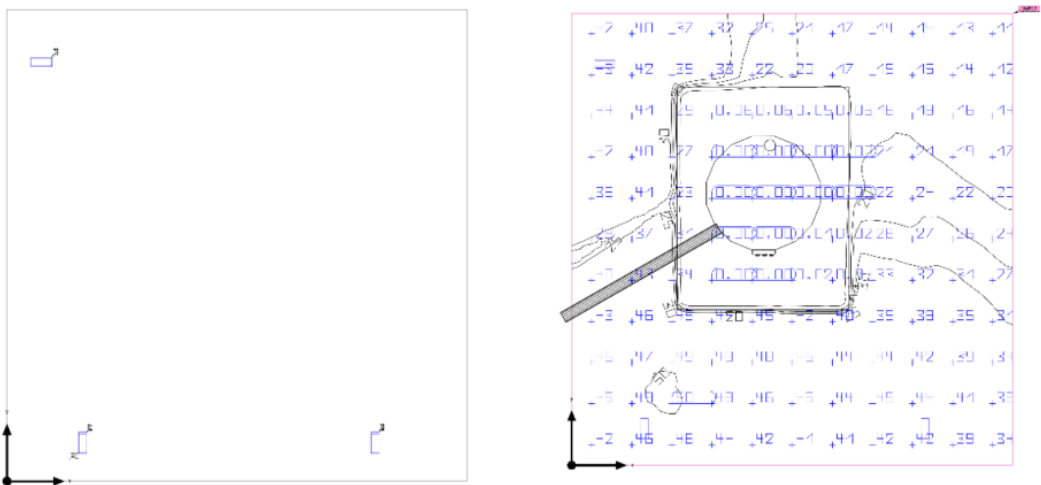
Resultados					
	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación	Índice
Plano útil	E _{perpendicular}	21.3 lx	≥ 5.00 lx	✓	WP20
	g ₁	0.23	-	-	WP20
Valores de consumo	Consumo	5200 kWh/a	máx. 89850 kWh/a	✓	
Local	Potencia específica de conexión	0.42 W/m²	-	-	
		2.00 W/m²/100 lx	-	-	

Perfil de uso: Áreas de tránsito generales en lugares de trabajo / puestos de trabajo al aire libre, Vías peatonales, exclusivamente para peatones

Lista de luminarias						
Unl.	Fabricante	Nº de artículo	Nombre del artículo	P	Φ	Rendimiento lumínico
15	ASTZ	-	DKU64-40-111 Premier RA 750	39.4 W	5584 lm	141.7 lm/W

➤ ZONA CALDERA

1.- Plano de situación de luminarias:



2.- Situación de las luminarias:

X	Y	Altura de montaje	Luminaria	X	Y	Altura de montaje	Luminaria
9.443 m	0.753 m	7.000 m	1	0.615 m	10.755 m	7.000 m	3
1.943 m	0.753 m	7.000 m	2				

2.- Situación de las luminarias:

X	Y	Altura de montaje	Luminaria
20.658 m	50.930 m	7.190 m	1
20.658 m	40.830 m	7.190 m	2
20.658 m	30.730 m	7.190 m	3
20.658 m	20.630 m	7.190 m	4
20.658 m	10.530 m	7.190 m	5

3.- Resultados cálculos luminotécnico:

Resultados

	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación	Índice
Plano útil	E _{perpendicular}	12.8 lx	≥ 10.0 lx	✓	WP18
	g ₁	0.088	-	-	WP18
	Potencia específica de conexión	0.17 W/m ²	-	-	
		1.37 W/m ² /100 lx	-	-	
Valores de consumo	Consumo	1750 kWh/a	máx. 39450 kWh/a	✓	
Local	Potencia específica de conexión	0.17 W/m ²	-	-	
		1.37 W/m ² /100 lx	-	-	

Perfil de uso: Aparcamientos, Volumen medio de tránsito, p. ej. aparcamientos delante de grandes almacenes, edificios de oficinas, fábricas, instalaciones deportivas y pabellones multifuncionales

Lista de luminarias

Unl.	Fabricante	Nº de artículo	Nombre del artículo	P	Φ	Rendimiento lumínico
5	ASTZ	-	DKU64-40-111 Premier RA 750	39,4 W	5584 lm	141,7 lm/W

5.2.- Criterios de eficiencia energética para el diseño, explotación y mantenimiento de las instalaciones de alumbrado

5.2.1.- Criterios de eficiencia en el diseño del alumbrado

El RD 1890/2008, por el que se aprueba el Reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior, establece en sus artículos 4 y 5 lo siguiente:

Artículo 4. Eficiencia energética.

Con el fin de lograr una eficiencia energética adecuada en las instalaciones de alumbrado exterior, estas deberán cumplir, al menos, con los requisitos siguientes:

1.º Los niveles de iluminación de la instalación no superen lo establecido en la instrucción técnica complementaria ITC-EA 02, salvo casos excepcionales, que requerirán autorización previa del órgano competente de la Administración Pública.

2.º Para el alumbrado vial, se cumplan los requisitos mínimos de eficiencia energética establecidos en la ITC-EA-01. Para el resto de instalaciones de alumbrado, se cumplan los requisitos de factor de utilización, pérdidas de los equipos, factor de mantenimiento y otros establecidos en las instrucciones técnicas complementarias correspondientes.

3.º En donde se requiera, dispongan de un sistema de accionamiento y de regulación del nivel luminoso, tal y como se define en la ITC-EA-04.

Artículo 5. Calificación energética de las instalaciones.

Las instalaciones de alumbrado exterior se calificarán energéticamente en función de su índice de eficiencia energética, mediante una etiqueta de calificación energética según se especifica en la ITC-EA-01. Dicha etiqueta se adjuntará en la documentación del proyecto y deberá figurar en las instrucciones que se entreguen a los titulares, según lo especificado en el artículo 10 del reglamento.

La instalación, por tanto, debe cumplir con lo establecido en estos artículos. El primer punto del artículo 4 ya se ha comprobado que lo cumple en el apartado 5.1.5 del presente anejo. El tercer punto también se ha justificado que no es necesario utilizarlo en el apartado 5.1.4 del presente anejo.

Por tanto, hay que hacer el cálculo de la eficiencia energética según lo establecido en la ITC-EA 01 y obtener la etiqueta de calificación energética.

En la citada ITC, se establece que la eficiencia energética de una instalación de alumbrado exterior viene dada por la siguiente expresión:

$$\varepsilon = \frac{S \cdot E_m}{P} \left[\frac{m^2 \cdot lux}{W} \right]$$

Donde:

ε es la eficiencia energética de la instalación de alumbrado exterior.

P es la potencia activa total instalada.

S es la superficie iluminada.

E_m es la iluminancia media en servicio de la instalación, considerando el mantenimiento previsto.

En la tabla 1 de la presente instrucción se establecen los requisitos mínimos de eficiencia energética, que se muestra a continuación:

Iluminancia media en servicio $E_m(\text{lux})$	EFICIENCIA ENERGÉTICA MÍNIMA
	$\left(\frac{\text{m}^2 \cdot \text{lux}}{\text{W}} \right)$
≥ 30	22
25	20
20	17,5
15	15
10	12
$\leq 7,5$	9,5

Nota: Para valores de iluminancia media proyectada comprendidos entre los valores indicados en la tabla, la eficiencia energética de referencia se obtendrán por interpolación lineal.

Seguidamente, se establece que para calificar las instalaciones de alumbrado exterior, se realiza en función de su índice de eficiencia energética, que viene dado por la siguiente expresión:

$$I_{\varepsilon} = \frac{\varepsilon}{\varepsilon_R}$$

Donde ε_R , que tiene las mismas unidades que ε , es la eficiencia energética de referencia en función del nivel de iluminancia media en servicio proyectada, que se indica en la siguiente tabla:

Iluminancia media en servicio proyectada $E_m (\text{lux})$	Eficiencia energética de referencia ε_R
	$\left(\frac{\text{m}^2 \cdot \text{lux}}{\text{W}} \right)$
≥ 30	32
25	29
20	26
15	23
10	18
$\leq 7,5$	14

En esta tabla, al igual que en la anterior, para valores de iluminancia media en servicio proyectada comprendidos entre los valores de la tabla, la eficiencia energética de referencia se obtiene por interpolación lineal.

Por último, para facilitar la interpretación de la calificación energética, se usa el ICE (Índice de Consumo Energético) que es el inverso del índice de eficiencia energética:

$$ICE = \frac{1}{I_{\varepsilon}}$$

Con este valor, se puede determinar los valores definidos por las respectivas letras de consumo energético.

Calificación Energética	Índice de consumo energético	Índice de Eficiencia Energética
A	$ICE < 0,91$	$I_e > 1,1$
B	$0,91 \leq ICE < 1,09$	$1,1 \geq I_e > 0,92$
C	$1,09 \leq ICE < 1,35$	$0,92 \geq I_e > 0,74$
D	$1,35 \leq ICE < 1,79$	$0,74 \geq I_e > 0,56$
E	$1,79 \leq ICE < 2,63$	$0,56 \geq I_e > 0,38$
F	$2,63 \leq ICE < 5,00$	$0,38 \geq I_e > 0,20$
G	$ICE \geq 5,00$	$I_e \leq 0,20$

5.2.2.- Calificación energética de la instalación

Para realizar este cálculo, hay que dividir la instalación en tres zonas diferenciadas: la zona peatonal y la caldera por un lado y el aparcamiento por otro.

Se utilizará un programa en el que están automatizados todos los cálculos mostrados en el apartado anterior. Dicho programa es distribuido por la empresa MAYJA ALUMBRADO S.L.

De los resultados obtenidos del cálculo luminotécnico con Dialux, se extraen los valores necesarios para calcular la eficiencia energética. Para ello, como se puede ver en los resultados del cálculo luminotécnico realizado en el apartado 5.1.5, el programa da el valor de la potencia unitaria de cada luminaria, el número de luminarias, el valor de la iluminancia media de servicio proyectada y un valor, que se denominará P_{ec} (potencia específica de conexión), en W/m^2 , a partir del cual, teniendo la potencia total se puede obtener la superficie a iluminar, que la calcula el programa internamente y cuyo dato no es accesible directamente.

➤ ZONA PEATONAL

$$P = n^{\circ}luminarias \cdot P_{lum} = 15 \cdot 39,4 = 591 \text{ W}$$

$$E_m = 21,3 \text{ lux}$$

$$P_{ec} = 0,42 \text{ W/m}^2$$

$$S = \frac{P}{P_{ec}} = \frac{591}{0,42} = 1407 \text{ m}^2$$

Con estos datos:


**CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DE INSTALACIÓN DE
ALUMBRADO EXTERIOR SEGÚN R.D. 1890/2008**

Tipo de Aluminado:
☒ Vial Funcional
☐ Vial Ambiental y Otros

ALUMBRADO VIAL FUNCIONAL

Superficie Iluminada (m²):
 Iluminancia Media - E_m (lux):
 Potencia activa instalada (W):

Calcular

Eficiencia energética de la instalación: ϵ 50,71
 Eficiencia energética mínima: $\epsilon_{\min}$ 18,15
 Eficiencia energética de referencia: ϵ_r 26,78
 Índice de Consumo Energético: (ICE) 0,53
 Índice de Eficiencia Energética: (I_{ϵ}) 1,89

$$\epsilon = \frac{S \cdot E_m}{P} \left(\frac{\text{m}^2 \cdot \text{lux}}{\text{W}} \right)$$

Calificación Energética: **A**


➤ ZONA CALDERA

$$P = 3 \cdot 39,4 = 118,2 \text{ W}$$

$$E_m = 27,6 \text{ lux}$$

$$P_{ec} = 0,83 \text{ W/m}^2$$

$$S = \frac{118,2}{0,83} = 142,4 \text{ m}^2$$

Con estos datos:


**CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DE INSTALACIÓN DE
ALUMBRADO EXTERIOR SEGÚN R.D. 1890/2008**

Tipo de Aluminado:
☒ Vial Funcional
☐ Vial Ambiental y Otros

ALUMBRADO VIAL FUNCIONAL

Superficie Iluminada (m²):
 Iluminancia Media - E_m (lux):
 Potencia activa instalada (W):

Calcular

Eficiencia energética de la instalación: ϵ 33,25
 Eficiencia energética mínima: $\epsilon_{\min}$ 21,04
 Eficiencia energética de referencia: ϵ_r 30,56
 Índice de Consumo Energético: (ICE) 0,92
 Índice de Eficiencia Energética: (I_{ϵ}) 1,09

$$\epsilon = \frac{S \cdot E_m}{P} \left(\frac{\text{m}^2 \cdot \text{lux}}{\text{W}} \right)$$

Calificación Energética: **B**


➤ ZONA APARCAMIENTO

En este apartado, los datos suministrados por Dialux no son correctos, ya que interviene luminarias que están incluidas en el apartado de la zona peatonal y no tiene en cuenta la potencia de estas. Para solucionar esto, se utilizarán los datos que proporciona Dialux para esta zona para así poder obtener la superficie a iluminar:

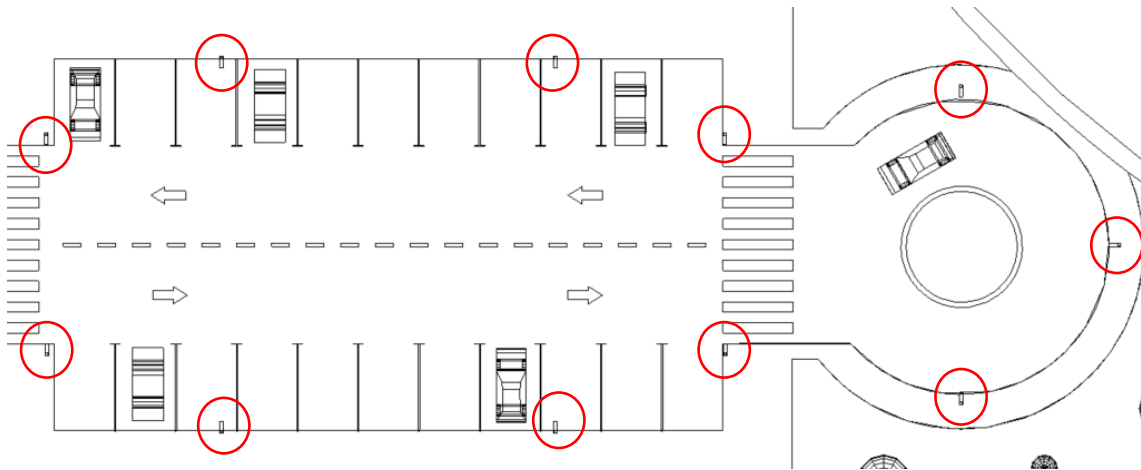
$$P = 4 \cdot 39,4 = 157,6 \text{ W}$$

$$E_m = 18,9 \text{ lux}$$

$$P_{ec} = 0,13$$

$$S = \frac{157,6}{0,13} = 1212 \text{ m}^2$$

La potencia real es:



$$P = 11 \cdot 39,4 = 433,4 \text{ W}$$

Con estos datos:


**CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DE INSTALACIÓN DE
ALUMBRADO EXTERIOR SEGÚN R.D. 1890/2008**

Tipo de Aluminado:
☒ Vial Funcional
☐ Vial Ambiental y Otros

ALUMBRADO VIAL FUNCIONAL

Superficie Iluminada (m²):
 Iluminancia Media - E_m (lux):
 Potencia activa instalada (W):

Calcular

Eficiencia energética de la instalación: ϵ 52,85
 Eficiencia energética mínima: $\epsilon_{\min}$ 16,95
 Eficiencia energética de referencia: ϵ_r 25,34
 Índice de Consumo Energético: (ICE) 0,48
 Índice de Eficiencia Energética: (I_{ϵ}) 2,09

$$\epsilon = \frac{S \cdot E_m}{P} \left(\frac{\text{m}^2 \cdot \text{lux}}{\text{W}} \right)$$

Calificación Energética: **A**


➤ ZONA FACHADA PRINCIPAL

$$P = 5 \cdot 39,4 = 197 \text{ W}$$

$$E_m = 12,8 \text{ lux}$$

$$P_{ec} = 0,17$$

$$S = \frac{197}{0,17} = 1159 \text{ m}^2$$

Con estos datos:

**CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DE INSTALACIÓN DE ALUMBRADO EXTERIOR SEGÚN R.D. 1890/2008**

Tipo de Alumbrado:
☒ Vial Funcional
☐ Vial Ambiental y Otros

ALUMBRADO VIAL FUNCIONAL

Superficie Iluminada (m²):

Iluminancia Media - E_m (lux):

Potencia activa instalada (W):

Calcular

Eficiencia energética de la instalación: ϵ 75,31

Eficiencia energética mínima: $\epsilon_{\min}$ 13,68

Eficiencia energética de referencia: ϵ_r 20,80

Índice de Consumo Energético: (ICE) 0,28

Índice de Eficiencia Energética: (I_{ϵ}) 3,62

$$\epsilon = \frac{S \cdot E_m}{P} \left(\frac{\text{m}^2 \cdot \text{lux}}{\text{W}} \right)$$

Calificación Energética: **A**



5.2.3.- Ficha de cumplimiento de la ITC-EA-05

En este apartado se verifican las prescripciones establecidas en la ITC-EA-05.

En la guía de la citada norma se establece que precisan de proyecto aquellas instalaciones de potencia superior a 5 kW, por lo que la presente instalación, de 1063,8 W no precisa proyecto y basta con una memoria técnica de diseño, que es lo que constituye el presente anejo.

Dicha memoria debe incluir los siguientes datos:

- *Referentes al titular de la instalación:* se encuentran en la memoria del presente proyecto.
- *Emplazamiento de la instalación:* fábrica de pellets sita en polígono industrial de Béjar, (Salamanca).

- *Uso al que se destina*: alumbrado de las zonas exteriores de la nave, especialmente la fachada, el aparcamiento y el acceso peatonal a las oficinas.
- *Relación de luminarias, lámparas y equipos auxiliares instalados y su potencia*: desarrollado en el presente anejo.
- *Parámetros característicos de la instalación y disposición espacial de las luminarias*: desarrollado en el presente anejo y en el apartado de Planos.
- *Régimen de funcionamiento y sistemas de accionamiento*: desarrollados en el presente anejo.
- *Medidas adoptadas para mejora de la eficiencia y ahorro energético*: desarrollado en el presente anejo.
- *Cálculo de la eficiencia energética y calificación energética de la instalación*: desarrollado en el presente anejo.

Por tanto, en el presente anejo se incorporan todos los aspectos exigidos en la ITC-EA-05.

5.2.4.- Criterios de eficiencia en la explotación y el mantenimiento

Los criterios de eficiencia en la explotación y el mantenimiento que debe cumplir la instalación objeto del presente anejo son los que se establecen en la ITC-EA-05:

- El valor de la eficiencia energética no deberá ser inferior en más de un 10% del valor proyectado.
- La calificación energética de la instalación deberá coincidir con la proyectada.

Para ello, se debe realizar una verificación de la instalación, tanto inicial como periódica, realizada por un instalador autorizado, que comprenda las siguientes mediciones:

- Potencia eléctrica consumida. Deberá ser medida por un medidor de potencia trifásico con un error menor del 5%. Durante la medida se registrará la tensión de alimentación y se tendrá en cuenta su desviación respecto a la nominal.
- Iluminancia media de la instalación medida mediante el método simplificado de los “nueve puntos”.
- Uniformidad de la instalación, teniendo en cuenta medidas individuales realizadas para el cálculo de la iluminancia media.

5.2.5.- Valoración del consumo eléctrico esperado

En este apartado se realizará una estimación del consumo eléctrico esperado durante un año, ya que el RD 1890/2008, establece en su artículo 12 que el titular de la instalación deberá llevar a cabo, como mínimo una vez al año, un análisis de los consumos anuales y su evolución, con el fin de observar posibles desviaciones sobre el cálculo mostrado a continuación, para así corregir las causas de dichos desvíos.

La potencia total instalada de alumbrado exterior es de 1063,8 W. Para calcular el consumo a lo largo de un año, hay que obtener las horas de funcionamiento en un año.

Como se ha comentado, durante la noche las luces permanecerán apagadas. Entonces, se supone que estarán apagadas siempre entre las 00:00 h y las 06:00 h. Tomando los datos mensuales de la hora del amanecer y del ocaso en la provincia de Salamanca, se puede obtener la media de horas que están encendidas al mes:

MES	AMANECER	ON	OFF	OCASO	ON	OFF	HORAS ENCENDIDAS/DÍA
Enero	8:40	6:00	9:00	18:20	18:00	0:00	9:00
Febrero	8:15	6:00	8:30	19:00	18:45	0:00	7:45
Marzo	7:30	6:00	8:00	19:30	19:15	0:00	6:45
Abril	7:45	6:00	8:00	21:00	20:45	0:00	5:15
Mayo	7:15	6:00	7:00	21:30	21:15	0:00	4:15
Junio	6:50	6:00	7:00	22:00	21:45	0:00	3:15
Julio	7:10	6:00	7:00	21:50	21:30	0:00	3:45
Agosto	7:45	6:00	8:00	21:15	21:00	0:00	5:00
Septiembre	8:15	6:00	8:00	20:30	20:15	0:00	6:15
Octubre	8:20	6:00	8:30	19:30	19:15	0:00	7:15
Noviembre	8:15	6:00	8:30	18:00	17:45	0:00	8:45
Diciembre	8:45	6:00	9:00	17:55	17:45	0:00	9:15

Si se toma que un mes tiene, en promedio, 21 días laborables:

HORAS ENCENDIDAS/DÍA	DÍAS LABORABLES	HORAS ENCENDIDAS/MES
9:00	21	189:00:00
7:45	21	162:45:00
6:45	21	141:45:00
5:15	21	110:15:00
4:15	21	89:15:00
3:15	21	68:15:00
3:45	21	78:45:00
5:00	21	105:00:00
6:15	21	131:15:00
7:15	21	152:15:00
8:45	21	183:45:00
9:15	21	194:15:00
TOTAL:		1606:30:00

Con este dato ya es trivial obtener el consumo en un año:

$$E = P \cdot t = 1,0638 \cdot 1606,5 = 1709 \text{ kWh}$$

5.2.6.- Apreciaciones sobre el mantenimiento

Para el correcto mantenimiento de la instalación de alumbrado exterior, el titular de la misma debe realizar las siguientes comprobaciones y actuaciones de forma periódica:

- Reposición en un tiempo no superior a 72 h de aquellas lámparas que no emitan un flujo normal de luz.
- Limpieza, con una periodicidad no superior a los 2 años, de todas las luminarias.
- Comprobar, al menos una vez al año, que las luminarias no presentan defectos tales como grietas, roturas, etc.
- Pintado, cuando sea necesario, de las farolas y soportes de las luminarias.
- Comprobar el buen funcionamiento de los diferenciales, al menos una vez al mes, pulsando el botón de test de los diferenciales.
- Registrar el consumo anual de la instalación y compararlo con el calculado anteriormente. En caso de encontrar desviaciones significativas, ponerse en contacto con personal de mantenimiento.
- Cualesquiera otras acciones que garanticen el buen funcionamiento de la instalación.

5.3.- Instalación eléctrica

5.3.1.- Características generales de la instalación

La presente instalación eléctrica tiene las siguientes características:

Tensión nominal fase-neutro 230 V

Potencia instalada..... 1063,8 kW

fdp..... 0,98

La alimentación de esta instalación proviene del Cuadro_01: Iluminación exterior. Para más información acerca de la instalación de baja tensión, consultar el correspondiente anejo.

Para este aparatado se seguirá lo establecido en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, en especial la ITC-BT-09, de alumbrado exterior; la ITC-BT-06,

de redes aéreas; la ITC-BT-07, de redes subterráneas, y la ITC-BT-21, de tubos y canales protectoras.

5.3.2.- Estabilizadores y reductores de flujo luminoso

Como se ha descrito en apartados anteriores, en este proyecto no es de aplicación la reducción de flujo luminoso.

5.3.3.- Líneas, canalizaciones y puestas a tierra

En esta instalación hay dos tipos de líneas: aéreas posadas sobre fachada, que se regulan según la ITC-BT-06; y enterradas, que se regulan según la ITC-BT-07.

Según establece la ITC-BT-09, la caída de tensión máxima debe ser del 3% y el factor de potencia debe ser mayor de 0,9. En este caso se cumplen ambos preceptos, como se puede comprobar en el apartado de cálculo de secciones del anejo de baja tensión.

Los cables deberán ser unipolares, conductor de cobre y aislamiento 0,6/1 kV. Las secciones mínimas serán de 6 mm² para líneas subterráneas y 4 mm² para líneas aéreas.

➤ LÍNEA SUBTERRÁNEA

La línea subterránea, que alimenta a todas las farolas, debe tener las siguientes características:

- Conductor aislado a 0.6/1 kV tipo RZ1-K (AS) dentro de tubo en canalización enterrada en suelo pesado, resistencia a la compresión de 750N, resistencia al impacto media, protegido contra la penetración de objetos con $D \geq 1\text{mm}$ y protegido contra la penetración de agua en forma de lluvia.
- Diámetro del tubo de 60 mm.
- Profundidad de enterramiento de 0,5 m desde cota inferior del tubo.
- Se colocará una cinta de señalización que advierta de la existencia de cables de alumbrado, situada a una distancia mínima de 0,1 m del nivel del suelo y al menos 0,25 m por encima del tubo.
- Cuando cruce la calzada del aparcamiento, el tubo irá hormigonado y con un tubo de reserva de las mismas características.
- Los empalmes y derivaciones se realizarán en cajas de bornes situadas dentro de las farolas, a una altura de al menos 0,3 m sobre el nivel del suelo, garantizando la continuidad, aislamiento y estanqueidad del conductor.

Todas estas condiciones son de obligado cumplimiento. Además, deberán cumplirse cuantas otras especificaciones aparezcan en el pliego de condiciones.

➤ LÍNEA AÉREA

En el presente proyecto hay dos líneas aéreas, para alimentar las diferentes partes de la fachada (circuito 1.01 fachada principal y circuito 1.02 resto fachada). Estas líneas tienen las siguientes características:

- Conductor aislado a 0.6/1 kV tipo RZ1-K (AS) directamente posado sobre fachada mediante abrazaderas fijadas a los mismos y resistentes a las acciones de la intemperie.
- Altura mínima al suelo de 2,5 m.
- Distancia mínima de 0,3 m al borde superior de ventanas y 0,5 m a los bordes laterales e inferior.
- Distancia mínima de 0,05 m a los elementos metálicos de la fachada.

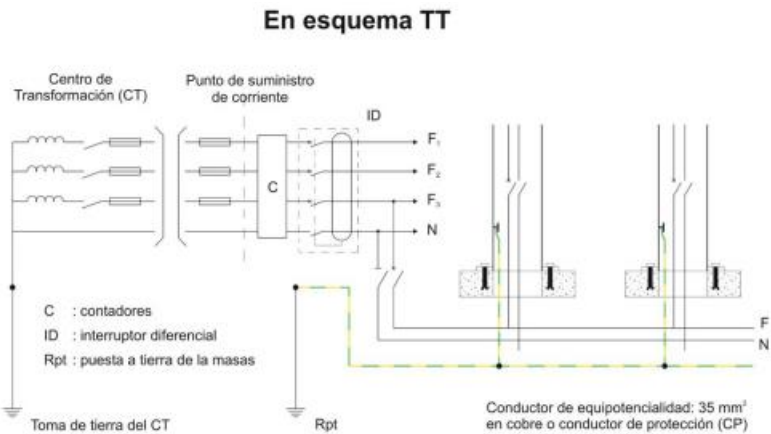
Todas estas condiciones son de obligado cumplimiento. Además, deberán cumplirse cuantas otras especificaciones aparezcan en el pliego de condiciones.

➤ PUESTA A TIERRA

Para la instalación de puesta a tierra, se seguirán las siguientes prescripciones:

- Puesta a tierra de los soportes conectada a la red de tierra común de la nave.
- Se colocará un electrodo cada 3 soportes de luminarias y siempre en el primero y el último de cada línea.
- Para la línea subterránea, conductor aislado a 450/750 V. tipo H07V-R de color verde-amarillo que transcurre por el interior de las canalizaciones subterráneas.
- Para la línea aérea, conductor aislado a 0.6/1 kV tipo RZ1-K (AS) directamente posado sobre fachada mediante abrazaderas fijadas a los mismos y resistentes a las acciones de la intemperie con una marcación mediante el símbolo de tierra o las siglas CP cada 0,5 m.
- Todas las conexiones de los circuitos de tierra se realizarán mediante terminales, grapas o elementos que garanticen un buen contacto permanente y protegido contra la corrosión.

A continuación, se muestra un esquema del sistema de puesta a tierra:



5.3.4.- Lámparas, luminarias, columnas y cajas de conexión

Las lámparas y luminarias están descritas en los apartados 3 y 5.1.2 del presente anejo.

Las columnas escogidas son el modelo NE-0800-EMP de la empresa Elecnor o similar, con una altura de 8 m.

Las conexiones en las farolas se realizarán según lo señalado en el artado anterior para las líneas subterráneas.

Para las líneas aéreas, los empalmes se realizarán en cajas de empalme para exterior estanca con 3 prensaestopas con protección IP68.

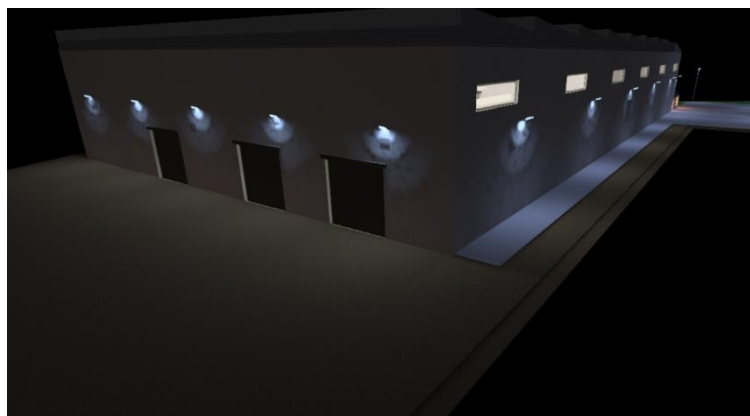
Además de esto, se deberá tener en cuenta lo establecido en el pliego de condiciones.

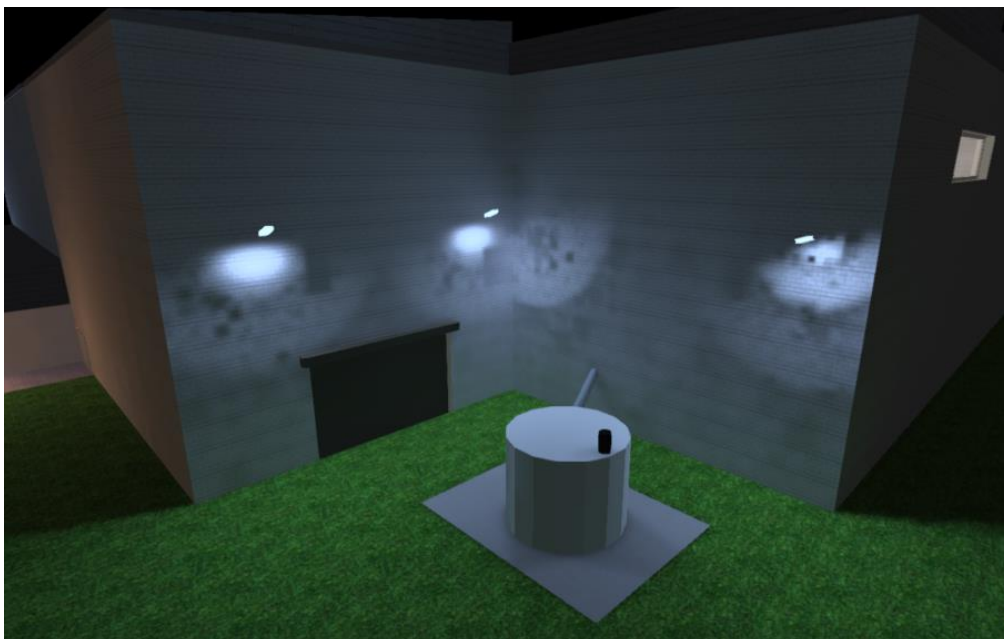
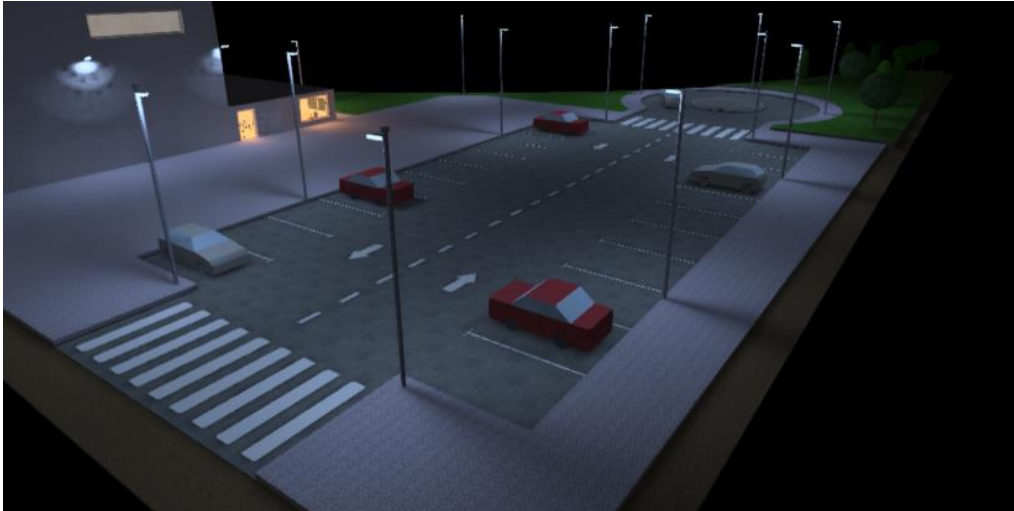
5.3.5.- Cálculos eléctricos

Todos los cálculos eléctricos están realizados en el anejo de baja tensión.

5.4.- Imágenes

A continuación, se muestran algunas imágenes obtenidas de la simulación de Dialux.





6.- CONCLUSIÓN Y FIRMA

Con todas las justificaciones y cálculos mostrados anteriormente, se da por concluido el presente anejo iluminación.

A handwritten signature in black ink, consisting of stylized, overlapping loops and a long horizontal stroke at the end, representing the name Sergio Martín Maestre.

Fdo: Sergio Martín Maestre

V.- Anejo de protección contra incendios

1.- INTRODUCCIÓN Y OBJETO

Las instalaciones industriales en España están obligadas a disponer de un sistema de protección contra incendios. En el presente anejo se realizará un diseño adecuado del mismo siguiendo la normativa específica para dichas instalaciones.

La finalidad del presente anejo es diseñar una instalación de protección contra incendios tal que sea capaz de detectar cualquier conato en el menor tiempo posible y actuar de forma que los daños ocasionados sean los menores posibles.

2.- NORMATIVA APLICADA

La normativa a utilizar en el presente anejo es:

- RD 513/2017, por el que se aprueba el reglamento de instalaciones de protección contra incendios.
- RD 2267/2004, por el que se aprueba el reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales.
- Código Técnico de la Edificación. Documento Básico de Seguridad en caso de incendio (DB-SI).
- Normativa UNE aplicable, en concreto:
 - UNE 23007-14. Sistemas de detección y alarma de incendios. Parte 14: Panificación, diseño, instalación, puesta en servicio, uso y mantenimiento.
 - UNE-EN 54-5. Sistemas de detección y alarma de incendios. Parte 5: Detectores de calor. Detectores puntuales.
 - UNE-EN 54-7. Sistemas de detección y alarma de incendios. Parte 7: Detectores puntuales que funcionan según el principio de luz difusa, luz transmitida o por ionización.
 - UNE-EN 12845. Sistemas rociadores automáticos. Diseño, instalación y mantenimiento.
 - UNE 23033-1. Seguridad contra incendios. Señalización de seguridad.

3.- CLASIFICACIÓN DE LOS LOCALES

En la instalación industrial objeto del presente proyecto hay dos zonas diferenciadas: la fábrica y las oficinas. Sin embargo, ambas forman parte del mismo edificio.

Para la nave, como se desarrolla una actividad industrial en ella, es de aplicación el RD 2267/2004, mientras que, para las oficinas, al ser un edificio de uso administrativo, le es de aplicación con carácter general el DB-SI del CTE.

Sin embargo, en el RD 2267/2004, artículo 3, que trata sobre la compatibilidad reglamentaria, se establece que, si la zona administrativa no tiene una superficie construida superior a los 250 m², se puede aplicar dicho RD. La zona administrativa del presente proyecto tiene una superficie de 210 m², por lo que se puede aplicar dicha norma.

Lo siguiente es clasificar el establecimiento industrial según el Anexo I del RD 2267/2004. En este caso el edificio es tipo C, que se define como el establecimiento industrial que ocupa totalmente un edificio, o varios, en su caso, que está a una distancia mayor de tres metros del edificio más próximo de otros establecimientos. El nivel de riesgo intrínseco es alto, debido a que se trabaja con materiales destinados a la combustión (pellets y madera)

4.- SISTEMA DE DETECCIÓN Y EXTINCIÓN

4.1.- Componentes del sistema de detección

La fábrica puede dividirse en tres zonas: los dos almacenes y la zona de producción. La superficie de estas zonas son 750 m², 936 m² y 1686 m², respectivamente. Teniendo esto en cuenta, el RD 2267/2004 establece la obligatoriedad de instalar sistemas automáticos de detección de incendios en edificios de tipo C y riesgo intrínseco alto en los siguientes casos:

- Sectores productivos con superficie total constructiva superior a 2000 m².
- Sectores dedicados al almacenamiento con superficie total construida superior a 800 m².

Por tanto, es obligatorio instalar dichos sistemas en los almacenes, mientras que en la zona productiva no es obligatorio. Sin embargo, para garantizar una mayor seguridad, se instalará en toda la fábrica.

Además, el citado RD establece la obligatoriedad de instalar sistemas manuales de alarma de incendios si los sectores productivos tienen una superficie construida mayor a 1000 m² y en los almacenes de 800 m², así como en aquellas zonas donde no sea necesario un sistema de detección automático. Por tanto, habrá que instalar estos sistemas manuales en toda la fábrica y en las oficinas.

No es necesario instalar un sistema de comunicación de alarma debido a que la suma de la superficie de todos los sectores dentro del establecimiento industrial no supera los 10000 m².

El sistema automático de detección de incendios estará formado por los siguientes elementos:

➤ CENTRAL DE SEÑALIZACIÓN Y CONTROL

Componente utilizado para la recepción de señales enviadas por los detectores o pulsadores de alarma.



El modelo elegido es el CSP-104, que tiene las siguientes características:

- 4 líneas de supervisión (una para las oficinas, sector productivo y los dos almacenes).
- Manejo de los dispositivos de incendio y daño.
- Alimentado búfer incorporado con un acumulador individual de 12 V y salidas de alimentación AUX 24 V y 18 V.

➤ DETECTOR DE HUMO Y CALOR PUNTUAL MULTISENSOR

Dispositivo que detecta el humo visible y el aumento rápido y exceso de la temperatura límite.



El modelo elegido es el DRP-100, que tiene las siguientes características:

- Cámara Swirl que acelera la detección de humo.
- Incendios de pruebas detectados: desde TF-2 hasta TF-5, según la EN 54-7.
- Filtro de acero inoxidable.
- Señalización de impurezas-averías de la cámara de medición.

➤ AVISADOR DE INCENDIOS CONVENCIONAL MANUAL

Dispositivo que permite notificar un incendio percibido a las personas que permanecen en sus proximidades y activar la señalización de alarma.



El modelo escogido es el ROP-100/EU, que tiene las siguientes características:

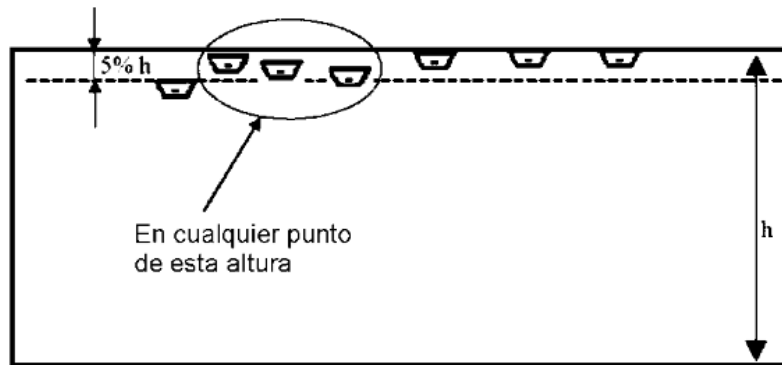
- LED que señala la activación.
- Plena conformidad con los requisitos de la norma EN54-5.
- Visor de uso múltiple.

4.2.- Distribución de pulsadores manuales y detectores

Para realizar la distribución de los pulsadores y detectores, se seguirá lo establecido en la norma UNE 23007-14. En dicha norma se establecen las siguientes obligaciones:

➤ EMPLAZAMIENTO Y SEPARACIÓN DE DETECTORES BAJO TECHOS PLANOS

Los detectores deben emplazarse de tal manera que sus elementos sensibles se encuentren a menos del 5% superior de la altura de la habitación.



➤ DISTANCIA ENTRE DETECTORES

Los detectores deben distribuirse de forma tal que ningún punto del techo o de la cubierta se encuentre a una distancia horizontal que exceda de los valores indicados en la tabla siguiente:

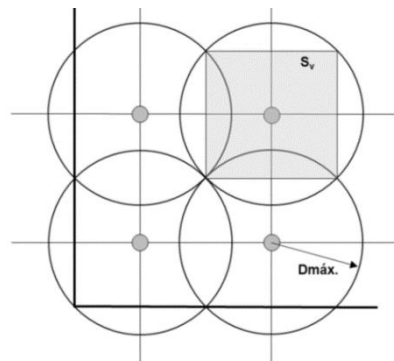
Superficie del local (m ²)	Tipo de detector	Altura del local (m)	Pendiente ≤ 20°		Pendiente > 20°	
			S _v (m ²)	D _{máx.} (m)	S _v (m ²)	D _{máx.} (m)
SL ≤ 80	UNE-EN 54-7	≤ 12	80	6,3	80	6,3
SL > 80	UNE-EN 54-7	≤ 6	60	5,5	90	6,7
		6 < h ≤ 12	80	6,3	110	7,4

En lo referente a la distancia horizontal entre el detector y cualquier punto de la pared, esta no debe ser mayor que la mitad de las distancias indicadas anteriormente.

En la imagen se puede observar una distribución normal que establece la norma citada anteriormente, donde:

S_v es la superficie vigilada.

$D_{máx}$ es la distancia máxima horizontal desde cualquier punto del techo hasta el detector.



➤ UBICACIÓN DE LOS PULSADORES DE ALARMA

Los pulsadores manuales de alarma deben situarse de manera que ninguna persona que se encuentre en los locales tenga que desplazarse más de 25 m para accionar un pulsador.

Deben estar situados a una distancia de entre 0,8 m y 1,6 m sobre el suelo.

4.3.- Características generales de la instalación. Canalizaciones y conductores.

Para este apartado se siguen las especificaciones establecidas en la norma UNE 23007-14.

Los conductores empleados en la presente instalación que deban funcionar durante un tiempo superior al minuto después de la detección del incendio, deben ser capaces de soportar los efectos del fuego durante 30 min como mínimo o recibir una protección adecuada para poder soportar los efectos durante ese período. Los cables que cumplen la Norma UNE 211025 son adecuados para estas instalaciones.

Las líneas que conecta la central de señalización y control con detectores y pulsadores deben cumplir una de las siguientes opciones:

- Tenderse a través de una zona que esté cubierta por dispositivos de detección de incendio, de forma que si se produce un incendio esto conduzca a un estado de alarma en el equipo de control e indicación.
- Cumplir las especificaciones de la norma UNE 211025.

Además, deben estar apantallados para evitar interferencias electromagnéticas.

Las canalizaciones permitidas son las siguientes, según la ITC-BT-21:

	Canalizaciones	Permitidas
T01	Tubo rígido 4321 aislante en montaje superficial no propagador de las llamas.	X
T02	Tubo rígido metálico 4321 en montaje superficial no propagador de las llamas.	
T03	Tubo curvable 4321 aislante en montaje superficial no propagador de las llamas.	X
T04	Tubo flexible 4321 aislante en montaje superficial no propagador de las llamas.	
T05	Tubo rígido 2221 no propagador de las llamas en canalizaciones empotradas, en huecos de la construcción o canales de obra.	
T06	Tubo curvable 2221 no propagador de las llamas en canalizaciones empotradas, en huecos de la construcción o canales de obra.	
T07	Tubo flexible 2221 no propagador de las llamas en canalizaciones empotradas, en huecos de la construcción o canales de obra.	X
T08	Tubo rígido 3322 no propagador de las llamas en canalizaciones empotradas embebidas en hormigón y precableadas.	
T09	Tubo curvable 3322 no propagador de las llamas en canalizaciones empotradas embebidas en hormigón y precableadas.	

T10	Tubo flexible 3322 no propagador de las llamas en canalizaciones empotradas embebidas en hormigón y precableadas.	
T11	Tubo flexible 4321 no propagador de la llama en canalizaciones aéreas o con tubos al aire.	
T12	Tubo en canalización enterrada embebida en hormigón, resistencia a la compresión de 250N, resistencia al impacto ligera, protegido contra la penetración de objetos con $D \geq 1\text{mm}$ y protegido contra la penetración de agua en forma de lluvia.	
T13	Tubo en canalización enterrada en suelo ligero, resistencia a la compresión de 450N, resistencia al impacto media, protegido contra la penetración de objetos con $D \geq 1\text{mm}$ y protegido contra la penetración de agua en forma de lluvia.	
T14	Tubo en canalización enterrada en suelo pesado, resistencia a la compresión de 750N, resistencia al impacto media, protegido contra la penetración de objetos con $D \geq 1\text{mm}$ y protegido contra la penetración de agua en forma de lluvia.	
FT	Conductor aislado directamente sobre el falso techo.	X
CP01	Canal protectora con lado mayor de la sección transversal $>16\text{mm}$, resistencia al impacto media, temperatura mínima y máxima de instalación y servicio de -5°C y 60°C , aislante con resistencia a la penetración de objetos sólidos de grado 4, no propagadora de llama y desmontable mediante herramienta específica.	X
C01	Canal protectora aislante en montaje superficial con dimensión del lado mayor de la sección transversal inferior a 16mm , resistencia al impacto muy ligera, temperatura máxima y mínima de la instalación y servicio de 15°C y 60°C respectivamente, con resistencia a la penetración de objetos sólidos de grado 4 y no propagador de la llama.	X
C02	Canal protectora aislante en montaje superficial con dimensión del lado mayor de la sección transversal superior a 16mm , resistencia al impacto media, temperatura máxima y mínima de la instalación y servicio de -5°C y 60°C respectivamente, con resistencia a la penetración de objetos sólidos de grado no inferior a 2 y no propagador de la llama.	
C03	Canal protectora metálica en montaje superficial con dimensión del lado mayor de la sección transversal superior a 16mm , resistencia al impacto media, temperatura máxima y mínima de la instalación y servicio de -5°C y 60°C respectivamente, continuidad eléctrica, con resistencia a la penetración de objetos sólidos de grado no inferior a 2 y no propagador de la llama.	
B01	Bandeja ciega aislante no propagadora de la llama según norma UNE-EN 61537 con la posibilidad de que soporten cajas de empalme y/o derivación.	X
B02	Bandeja perforada aislante no propagadora de la llama según norma UNE-EN 61537 con la posibilidad de que soporten cajas de empalme y/o derivación.	X
B03	Bandeja de escalera aislante no propagadora de la llama según norma UNE-EN 61537 con la posibilidad de que soporten cajas de empalme y/o derivación.	X
B04	Bandeja ciega metálica conectada a tierra no propagadora de la llama según norma UNE-EN 61537 con la posibilidad de que soporten cajas de empalme y/o derivación.	
B05	Bandeja perforada metálica conectada a tierra no propagadora de la llama según norma UNE-EN 61537 con la posibilidad de que soporten cajas de empalme y/o derivación.	
B06	Bandeja de escalera metálica conectada a tierra no propagadora de la llama según norma UNE-EN 61537 con la posibilidad de que soporten cajas de empalme y/o derivación.	
B07	Rejilla metálica conectada a tierra no propagadora de la llama según norma UNE-EN 61537 con la posibilidad de que soporten cajas de empalme y/o derivación.	
POS	Línea posada sobre fachada	

4.4.- Extinción de incendios y control de humos del incendio

Para realizar este apartado, hay que seguir las prescripciones establecidas en el RD 2267/2004, que en su Anexo III establece los requisitos de las instalaciones de protección contra incendios de los establecimientos industriales.

El edificio industrial objeto del presente proyecto, como ya se ha comentado, se clasifica como Tipo C con un riesgo intrínseco de incendios alto. Por tanto, tiene que disponer de los siguientes elementos:

- Hidrantes exteriores.
- Extintores de incendios.
- Sistemas de bocas de incendio equipadas.
- Sistemas de rociadores automáticos de agua.
- Señalización de las salidas y de los medios de protección contra incendios de utilización manual.

En lo referente al control de humos del incendio, se debe disponer de un sistema de extracción de humos, que consistirá en un sistema de ventilación natural formado por huecos uniformemente repartidos por la parte alta de la nave y deberán ser practicables de manera manual o automática.

Además, deberá disponerse de huecos para la entrada de aire en la parte baja de la nave, pudiéndose computar como tales las puertas de acceso a la misma.

➤ HIDRANTES EXTERIORES

El número de hidrantes se determina de forma que se cumplan las siguientes condiciones:

- La zona protegida por cada uno de ellos es la cubierta por un radio de 40 m.
- Al menos uno de los hidrantes (situado, a ser posible, en la entrada) deberá tener una salida de 100 mm.
- La distancia entre el emplazamiento de cada hidrante y el límite exterior del edificio o zona protegidos, medida perpendicularmente a la fachada, debe ser al menos de 5 m.

El caudal requerido es de 2000 l/min con una autonomía de 90 min.

➤ EXTINTORES DE INCENDIOS

Se deberán instalar extintores en todos los sectores, es decir, en los dos almacenes, la fábrica y las oficinas.

Los extintores a emplear serán de categoría ABC (extintores de polvo seco) de mínimo 6 kg. El número de extintores por cada sector es el siguiente:

Almacén producto acabado 4

Almacén materias primas 5

Fábrica	8
Oficinas	1

La ubicación de los extintores se hará de la forma más uniforme posible, debiendo haber al menos un extintor en las proximidades de cada cuadro.

Además, de los 8 extintores que debe haber en la fábrica, uno de ellos debe estar obligatoriamente dentro de la sala de control, donde se ubican un gran número de cuadros eléctricos.

➤ SISTEMA DE BOCAS DE INCENDIO EQUIPADAS (BIE)

Las BIEs deben ser del tipo DN 45 mm con una simultaneidad de 3 y un tiempo de autonomía de 90 minutos.

Las BIE deberán montarse sobre un soporte rígido, de forma que la boquilla y la válvula de apertura manual y el sistema de apertura del armario, si existen, estén situadas, como máximo, a 1,50 m. sobre el nivel del suelo.

Las BIE se situarán siempre a una distancia, máxima, de 5 m, de las salidas del sector de incendio, medida sobre un recorrido de evacuación, sin que constituyan obstáculo para su utilización. El número y distribución de las BIE tanto en un espacio diáfano como compartimentado, será tal que la totalidad de la superficie del sector de incendio en que estén instaladas quede cubierta por, al menos, una BIE, considerando como radio de acción de ésta la longitud de su manguera incrementada en 5 m.

Las mangueras empleadas serán semirrígidas con una longitud de 30 m.

➤ SISTEMAS ROCIADORES AUTOMÁTICOS DE AGUA

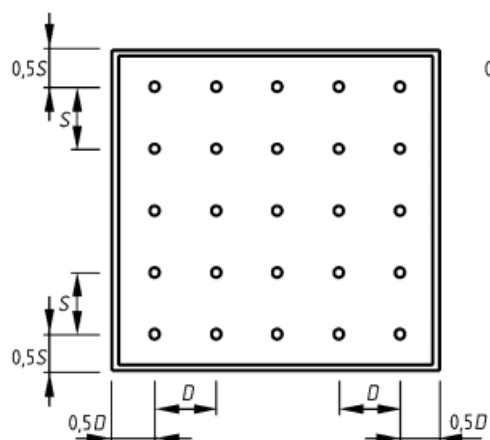
Los sistemas de extinción formados por rociadores automáticos de agua estarán compuestos por los siguientes componentes:

- Red de tuberías.
- Puesto de control.
- Boquillas de descarga.

La actividad que se desarrolla es una actividad donde los materiales implicados (pellets y madera) tienen una carga de fuego y combustibilidad altas. Por tanto la norma UNE-EN 12845 la clasifica como actividad de riesgo extra de proceso y de almacenamiento (REP y REA).

Clase de riesgo	Superficie máxima por rociador	Distancias máximas como se muestran en la figura 8		
		m		
		Distribución normal	Distribución al tresbolillo	
	m ²	S y D	S	D
RL	21,0	4,6	4,6	4,6
RO	12,0	4,0	4,6	4,0
REP y REA	9,0	3,7	3,7	3,7

Con esta clasificación, la norma establece que la superficie máxima por rociador es de 9 m^2 . La configuración a adoptar también viene marcada en la norma para una distribución normal:



De la tabla anterior se obtienen que los valores de S y D son 3,7 m.

➤ BOMBA DE IMPULSIÓN

Para impulsar el agua con una presión suficiente, se instalará un grupo diésel contra incendios, que se situará en un punto exterior a la nave, que servirá tanto para abastecer las BIE como los rociadores.



5.- SEÑALIZACIÓN

La señalización a instalar viene definida por la norma UNE-23033-1. Para el presente proyecto son de aplicación las siguientes:



Pulsador de alarma



Extintor



ÁREA PROTEGIDA
POR DETECTORES
DE HUMO



HIDRANTE



El tamaño de dichas señales, para que sean visibles a una distancia de entre 10 y 20 m, deben ser de 420 x 420 mm.

Dichas señales deben ser fotoluminiscentes.

Además, se deben instalar señales para indicar donde se encuentran las salidas de emergencia más cercanas, que deberán ser como la que se muestra a continuación:



Además, encima de cada salida de emergencia se debe instalar una señal como la siguiente:



6.- CONCLUSIÓN Y FIRMA

Con todas las justificaciones y cálculos mostrados anteriormente, se da por concluido el presente anejo de protección contra incendios.



Fdo: Sergio Martín Maestre

VI.- Anejo de gestión de residuos de la construcción

1.- INTRODUCCIÓN Y OBJETO

El presente anejo tiene por objetivo regular y definir como se han de tratar todos los residuos objeto de las obras necesarias para ejecutar los diferentes anejos del presente proyecto.

Esto se hace con la finalidad de prevenirlos, reutilizarlos, reciclarlos o llevar a cabo cualquier otra forma de revalorización de los mismos y asegurando que los destinados a operaciones de eliminación reciban un tratamiento adecuado y conforme a la legislación vigente.

2.- NORMATIVA APLICABLE

Para el presente anejo es aplicable, de forma fundamental, el RD 105/2008, de 1 de febrero, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición. Además, es de aplicación la Ley 7/2022, de 8 de abril, de residuos y suelos contaminados para una economía circular.

3.- IDENTIFICACIÓN DE RESIDUOS Y CANTIDADES

En el RD 105/2008, artículo 4, se establece que el estudio de gestión de residuos debe contener una estimación de la cantidad expresada en toneladas y en metros cúbicos, de los residuos de construcción y demolición que se generarán en la obra, codificados con arreglo a la lista europea de residuos publicada por Orden MAM/304/2002, de 8 de febrero, por la que se publican las operaciones de valorización y eliminación de residuos y la lista europea de residuos.

Sin embargo, dicha orden se encuentra derogada por la disposición derogatoria primera apartado 3 de la Ley 7/2022. En dicha ley se establece que la lista de residuos vigente en la actualidad viene definida por la Decisión 2014/955/UE, de 18 de diciembre de 2014.

Residuos codificados según Decisión 2014/955/UE	CANTIDAD ESTIMADA	
	Tm	m ³
17 RESIDUOS DE LA CONTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN		
17 01 02. Mezclas de hormigón, ladrillos, tejas y materiales cerámicos.	0,5	0,25
17 03 03. Alquitrán de hulla y productos alquitranados	0,2	0,13
17 05 04. Tierra y piedras que no contienen sustancias peligrosas	20	10
17 04 11. Cables que no contienen sustancias peligrosas	0,05	0,01
20 RESIDUOS MUNICIPALES		
20 01 01. Papel y cartón	0,1	1,8
20 01 39. Plásticos	0,005	5
TOTAL	20,81	17,19

4.- MEDIDAS PARA LA REDUCCIÓN DE RESIDUOS EN OBRA

Las medidas que se adoptarán para la reducción de residuos en la obra son las siguientes:

- Se realizará un estudio de racionalización y planificación de compra y almacenamiento de materiales.
- Se evitará la reducción de residuos procedentes de excedentes de suministro llegando a un pacto con los proveedores para devolver el material sobrante.
- Se intentará pactar con los proveedores los envíos en los paquetes más grande posible, reduciendo al máximo la cantidad de embalaje de los diferentes productos.
- Realizar un replanteo adecuado y asegurarse de las medidas antes de realizar cualquier actuación que pueda generar residuos innecesarios.
- Los materiales que endurecen con agua se protegerán de la humedad del suelo y se acopiarán en zonas techadas.

5.- REUTILIZACIÓN, VALORIZACIÓN O ELIMINACIÓN DE RESIDUOS DE OBRA

Los residuos de tipo 17 05 04 se intentarán esparcir en las proximidades de las excavaciones que se realicen (zanjas, apoyos, edificio CT). La forma de esparcirla será lo más uniforme posible para evitar montones que puedan resultar molestos o antiestéticos.

Los demás residuos serán trasladados a vertederos autorizados para el tratamiento de dichos residuos.

6.- MEDIDAS PARA LA SEPARACIÓN DE RESIDUOS EN OBRA

Residuos codificados según Decisión 2014/955/UE	MEDIDA ADOPTADA
17 01 02	Almacenaje en zona separada de la obra accesible a maquinaria pesada y camión rígido.
17 03 03	Almacenaje en zona separada de la obra accesible a maquinaria pesada y camión rígido.
17 05 04	Almacenaje en zona contigua a lugar de extracción accesible a maquinaria pesada.
17 04 11	Almacenaje en contenedor abierto sin necesidad de protección contra el viento

20 01 39	Almacenaje en contenedor cerrado protegido contra el viento.
20 01 01	Almacenaje en contenedor cerrado protegido contra el viento.

7.- CONCLUSIÓN Y FIRMA

Con todas las justificaciones anteriores, se da por concluido el presente anejo de gestión de residuos de la construcción.



Fdo: Sergio Martín Maestre

VII.- Pliego de condiciones

1.- INTRODUCCIÓN

El presente pliego de condiciones tiene como objetivo fijar las obligaciones legales que asume el promotor por una parte, que es la persona física o jurídica que contrata las obras, realiza el pago y adquiere la propiedad de la obra del proyecto, y el contratista, que es la persona física o jurídica que realiza las obras.

Todos los documentos del presente proyecto son vinculantes por sí mismos. Para dirimir cualquier posible duda o contradicción que pudiera darse en los mismos, se acudirá al presente pliego de condiciones.

2.- PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES

2.1.- Normativa a aplicar

La normativa a aplicar al presente proyecto es:

- Normativa referente a la seguridad y buen funcionamiento de las instalaciones (reglamentos, ordenes, y guías respectivas). Para concretar las mismas, acudir a cada apartado del presente proyecto.
- Normativa aplicable a la prevención de riesgos laborales (consultar apartado de seguridad y salud para concretar).
- Ley 9/2017, de Contratos del Sector Público.
- Normas UNE e ISO de aplicación.

Será de aplicación cualquier otra norma que se refiera expresamente en cualquiera de los restantes documentos del presente proyecto.

2.2.- Replanteo de la obra

Con carácter previo al inicio de las obras, el contratista realizará el replanteo general sobre el terreno, ajustándose en todo momento a los planos del presente proyecto.

Una vez ejecutado, el director de obra deberá otorgar su aprobación al mismo mediante la realización de un acta de replanteo, que firmará conjuntamente con el contratista.

Si durante el transcurso de la obra es necesario realizar cualquier replanteo de detalle, este debe ser aprobado por el director de obra.

Si al realizar el replanteo por parte del contratista se encontraran situaciones de difícil o imposible realización, el contratista, previa aprobación del director de obra, puede realizar un replanteo alternativo y más adecuado.

Se admiten replanteos parciales en el caso de que la obra se realice por fases. En estos casos, será de aplicación todo lo anterior para estos replanteos parciales.

2.3.- Características y obligaciones del contratista

Contratista es la persona física o jurídica que contrata con el promotor la realización de una obra, o parte de ella. El contratista tiene que cumplir con las siguientes obligaciones:

- Verificación de los documentos del proyecto con anterioridad al comienzo de las obras. En caso de que considere que faltan documentos, solicitará las aclaraciones pertinentes.
- Presentación al ingeniero responsable de la dirección facultativa de la obra para su aprobación del plan de seguridad e higiene.
- Habilitación de la oficina de obra, que deberá contener el proyecto completo, incluidas las modificaciones introducidas por el director de obra; licencia de obras, libro de órdenes y asistencias, plan de seguridad y salud y libro de incidencias.
- El jefe de obra, o persona en quien delegue, deberá estar presente durante la jornada de trabajo y acompañará al ingeniero en las visitas que realice este a la obra.
- Ejecutar las obras necesarias que no se encuentren reflejadas en el proyecto cuando se acredite su necesidad por el ingeniero responsable. Esta obligación se exceptúa en aquellos supuestos en los que se prevea un incremento de la obra en más del 20% del presupuesto o del tiempo estipulado para la realización de la misma, en cuyo caso se entenderá que se requiere reformado de proyecto.
- Notificar la recepción de todas las interpretaciones, aclaraciones y modificaciones de los documentos del proyecto, pudiendo expresar por escrito su disconformidad con las mismas.
- Prohibición de subcontratar la obra, o parte de ella, sin autorización expresa de la dirección de obra, así como ceder o traspasar sus derechos y obligaciones.
- Cumplir con los plazos establecidos, quedando sujeto a responsabilidad.
- Asegurar la obra hasta la recepción definitiva de la misma.
- Asegurar la conservación de la obra.
- Hacerse cargo de todos los daños realizados a bienes muebles o inmuebles ajenos a las obras, durante el desarrollo de las mismas y como consecuencia de estas.

- A pagar aquellos impuestos y tasas necesarios. Tendrá derecho al reintegro de todos aquellos que el director facultativo considere justos.
- Prohibición de colocar carteles o inscripciones que no estén previamente autorizados por la dirección facultativa.

Además, el contratista tiene derecho a:

- Presentar reclamaciones contra las órdenes de la dirección facultativa de la obra. Estas deberán presentarlas, a través del ingeniero, ante la propiedad si son de orden económico.
- Exonerarse de responsabilidad, mediante escrito motivado, de las actuaciones realizadas con motivo de una disposición de orden técnico, contra la que no se admitirá reclamación alguna. Podrá disponer de la misma manera en el caso de nombramiento de personal por parte del ingeniero, que no podrá ser recusado por el contratista bajo ningún concepto.
- Sacar copias, a su costa, de los documentos del proyecto. Estas copias podrán ser autorizadas por el director de obra una vez confrontadas con las originales.

2.4.- Control de la obra y libro de órdenes

El control de la obra se llevará a cabo por el director de obra (director facultativo o ingeniero director). Este pertenece a la ingeniería de control y entre sus funciones están las siguientes:

- Comprobar el replanteo de la obra.
- Redactar en el libro de órdenes las modificaciones del proyecto que sean necesarias.
- Asistir a las obras cuantas veces sea necesario, en presencia del jefe de obra o persona en quién delegue.
- Coordinar la intervención de otros técnicos, si los hubiera.
- Aprobar, mediante firma, las certificaciones parciales de obra, el certificado final de obra (CFO) y asesorar al promotor en la recepción de la obra.

El libro de ordenes es un documento, propiedad del director facultativo, tiene las siguientes características:

- Debe estar presente en todo momento en la oficina de obra, cuya custodia y conservación corresponde al contratista.

- Sirve para adaptar y corregir el proyecto ejecutable por la dirección de obra. Cada orden debe estar fechada y firmada por el director facultativo, además de consignarse el recibí por parte del jefe de obra o persona en quien delegue.
- Las órdenes consignadas en el libro de órdenes por la dirección facultativa prevalecerán sobre los documentos del proyecto siempre que se adapten a la legislación vigente.
- Una vez transcrita la orden, la hoja correspondiente quedará formando parte del libro. La primera copia quedará en poder de la Dirección Facultativa. La segunda copia será enviada por el contratista, a la mayor brevedad posible, al titular de la obra o a su representante legal.
- Las órdenes consignadas en el Libro de Órdenes y Asistencias por la Dirección Facultativa prevalecerán sobre los documentos del Proyecto siempre que se adapten a la legislación vigente.

2.5.- Aceptaciones parciales y certificaciones periódicas

Con la periodicidad establecida en el correspondiente contrato firmado entre promotor y contratista, el contratista realizará una relación de las obras durante los plazos previstos, según la medición de las obras realizadas.

Tomando como base estas mediciones, el ingeniero director expedirá la certificación de las obras ejecutadas en el plazo establecido.

En base a estas certificaciones, que indicarán el importe de los trabajos realizados en el período especificado, la promotora realizará los pagos correspondientes al contratista.

2.6.- Recepción de la instalación

Para la recepción final de la instalación, se deberá actuar como se indica a continuación:

- Treinta días antes de finalizar las obras, el ingeniero comunicará a la promotora la proximidad de la finalización de las obras a fin de convenir una fecha para llevar a cabo el acto de recepción provisional.
- En el acto de recepción provisional intervendrá la promotora, el contratista y el ingeniero director. Las partes podrán solicitar la presencia de aquellos técnicos que consideren necesarios.
- Si las partes están conforme con los resultados, se admitirán las obras por parte de la promotora.
- Una vez admitida la obra, la dirección facultativa expedirá el CFO.

- El director facultativo entregará a la propiedad toda la documentación final de las obras para que estén en poder de esta.

Antes de la recepción final de las obras, se llevará a cabo una recepción provisional, durante la cuales realizarán, por parte del contratista, las mediciones definitivas de la obra, en base a las cuales la dirección facultativa elaborará el CFO, con el que una vez recibida la obra definitivamente, la promotora realizará el pago restante.

Durante el período entre la recepción provisional y definitiva de las obras, el contratista se hará cargo de los gastos de conservación de la obra.

2.7.- Plazo de garantía

El plazo de garantía comenzará a correr una vez recibidas las obras de manera provisional.

El plazo de garantía, si en le contrato no se establece otro diferente, será de un año. En ningún caso este puede ser inferior de nueve meses.

Durante el plazo de garantía el contratista no se hará cargo de aquellos defectos provocados por un mal uso de la instalación.

Una vez transcurrido el plazo de garantía, se tiene al contratista relevado de toda responsabilidad de conservación, reparación y otras determinadas legalmente, sin perjuicio de la responsabilidad civil y demás garantías exigibles, que continuarán vigentes por el plazo marcado legalmente.

3.- PLIEGO DE CONDICIONES PARTICULARES

3.1.- Condiciones aplicables a la ejecución y certificación de la obra civil y de construcción

No aplica al presente proyecto.	
Replanteo previo al comienzo de la obra	X
Realizado por el contratista y aprobación posterior del director facultativo.	X
La inamovilidad de las estacas, señales y referencias que se dejen en la obra será responsabilidad del contratista.	X
Los vaciados se realizarán conforme la NTE-ADV	X
Las zanjas se realizarán según la NTE-ADZ	X
Las cimentaciones de los apoyos se realizarán con hormigón con una dosificación de al menos 200 kg/cm ² .	X
Arenas	X
Estará exenta de materiales arcillosos o terrosos	X
No habrá de tamaño mayor de 1 mm y el porcentaje en peso de granos de tamaño entre 0,5 mm y 1 mm será inferior al 25%, para evitar peligro de lesión por abrasión	X
El volumen de huecos será inferior al 35%	X
El contenido de materias perjudiciales como mica, yeso, etc. Será inferior al 2%.	X

Áridos	X
Se entiende por árido fino, o arena, el árido o fracción del mismo que pasa por un tamiz de cinco milímetros (5mm.) de luz de malla (tamiz 5 UNE).	X
Como árido fino para la fabricación de morteros y hormigones pueden emplearse arenas existentes en yacimientos naturales, rocas machacadas o escorias siderúrgicas apropiadas, así como otros productos cuyo empleo se encuentre sancionado por la práctica o resulte aconsejable como consecuencia de estudios realizados en laboratorio	X
Se prohíbe el empleo de áridos que contengan sulfuros oxidables.	X
La cantidad de finos que pasan por el tamiz 0.080 UNE 7050, no excederá del seis por ciento (6%) del peso total de la muestra.	X
Prohibición de utilizar agua proveniente de ciénagas, con elevada turbidez o aguas de alta mineralización	X
Equipo necesario para la fabricación del hormigón	X
Hormigonera	X
En la hormigonera deberá colocarse una placa en la que hagan constar la capacidad y la velocidad, en revoluciones por minuto (r.p.m.), recomendadas por el fabricante, las cuales nunca deberán sobrepasarse.	X
La hormigonera estará equipada siempre con un dispositivo que permita medir el agua de amasadura con una exactitud superior al uno por ciento (1%)	X
Las paletas de la hormigonera deberán estar en contacto con las paredes de la cuba, sin dejar hueco apreciable	X
Camiones mezcladores	X
Podrán ser de tipo cerrado (con tambor giratorio) o de tipo abierto (provisto de paletas). Ambos podrán emplearse como mezcladores o agitadores.	X
Capaces de proporcionar mezclas uniformes y de descargar su contenido sin que produzcan segregaciones, y estarán equipados con un cuentarrevoluciones.	X
Transporte	X
Los camiones de transporte deben ser adecuados para los terrenos a acceder y capaces de transportar los materiales con condiciones suficientes de seguridad.	X
Deberán disponer de grúa pluma para cargas y descargas.	X
El acceso a los terrenos deberá realizarse con autorización previa del propietario del mismo o autoridad competente.	X
Certificaciones	X
Las certificaciones serán expedidas por la dirección facultativa de la obra.	X
Todos los materiales podrán ser sometidos a los análisis o pruebas, por cuenta de la contrata, que se crean necesarios para acreditar su calidad.	X
Aquellos materiales que se consideren defectuosos serán rechazados, bajo responsabilidad de quién los recepcione.	X

Se adjuntarán, para la tramitación de este proyecto ante los organismos público competentes, las documentaciones indicadas a continuación:	X
Autorización administrativa de la obra.	X
Proyecto firmado por técnico competente.	X
Certificado de tensión de paso y contacto, emitido por una empresa homologada.	
CFO	X
Contrato de mantenimiento	
Conformidad por parte de la compañía suministradora.	
En todo lo que no se contemple en cualquiera de los documentos previos, será de aplicación la legislación vigente en el momento de ejecución de la obra. En particular, el CTE.	X

3.2.- Condiciones aplicables a la ejecución y certificación de las instalaciones de media tensión

No aplica al presente proyecto.	
Apoyos	X
Se procederá a realizar el replanteo de los apoyos según lo establecido en el apartado anterior.	X
Los apoyos deberán llegar acompañados de los ensayos y certificados de calidad de los mismos, que deberán ser comprobados por el contratista. Cualquier defecto encontrado se comunicará a la dirección facultativa.	X
Los apoyos serán de celosía.	X
Los apoyos serán de hormigón vibrado	X
Serán aplicables todas las disposiciones y normas facilitadas por el fabricante.	X
Conductores	X
Se utilizarán, para la línea aérea, conductores desnudos de aluminio-acero, formado por alambres de aluminio homogéneos y de acero galvanizado con recubrimiento de zinc tipo A, que deberá cumplir las prescripciones establecidas en la norma NI 54.63.01.	X
Se utilizarán, para la línea subterránea, cables unipolares con aislamiento XLPE y cubierta de compuesto de poliolefina (Z1), que deberán cumplir las prescripciones establecidas en la norma NI 56.43.02	X
Los cables se suministrarán en bobinas de madera destinadas específicamente para cables desnudos para conductores de líneas eléctricas aéreas, según norma UNE 21045	X
Los cables se suministrarán en bobinas de madera destinadas específicamente para cables aislados, según norma UNE 21167	X
El tendido de los conductores aéreos se realizará atendiendo a las condiciones atmosféricas del día del tendido. A tal efecto, la dirección facultativa suministrará una tabla con los datos necesarios para realizar el tendido.	X

El tendido de los conductores subterráneos se realizará bajo tubo, con resistencia a la compresión y a la penetración de objetos adecuada.	X
Se colocarán dos tubos, uno de ellos vacío para posibles ampliaciones.	X
Por encima de los cables se colocará una cinta de señalización que advierta la existencia de cables eléctricos, fabricada según la norma UNE-EN 50520, a una distancia mínima al suelo de 0,10 m y a 0,30 m de la parte superior del cable	X
Protecciones eléctricas	X
Se emplearán cortacircuitos fusibles de expulsión seccionador (CFES), que deberá cumplir con las especificaciones establecidas en la norma NI 75.06.11	X
Se emplearán pararrayos de óxidos metálicos sin explosores con envoltente polimérica para alta tensión, que deberá cumplir con las especificaciones establecidas en la norma NI 75.30.02.	X
Puesta a tierra de los apoyos	X
La conexión de los apoyos al conductor horizontal de puesta a tierra se realizará con conductor de cobre desnudo de 50 mm ² de sección.	X
Los pararrayos se unirán directamente a la puesta a tierra por medio de un conductor de cobre desnudo de sección 50 mm ²	X
Centro de Transformación	X
Las envolventes empleadas cumplirán las condiciones generales prescritas en el MIE-RAT 14, en lo referente a su inaccesibilidad, pasos y accesos, conducciones y almacenamiento de fluidos combustibles y de agua, alcantarillado, canalizaciones, cuadros y pupitres de control, celdas, ventilación, paso de líneas y canalizaciones eléctricas a través de paredes, muros y tabiques. Señalización, sistemas contra incendios, alumbrados, primeros auxilios, pasillos de servicio y zonas de protección y documentación.	X
Las celdas empleadas serán prefabricadas, modulares con envoltente metálica, y que utilicen gas.	X
Las celdas empleadas habrán de permitir la extensibilidad "in situ" del centro, de forma que sea posible añadir más líneas o cualquier otro tipo de función, sin necesidad de cambiar la aparamenta previamente existente en el centro.	X
Los transformadores, para mejor ventilación, estarán situados en la zona de flujo natural de aire, de forma que la entrada de aire esté situada en la parte inferior de las paredes adyacentes al mismo y las salidas de aire en la zona superior de esas paredes.	X
La puesta en servicio se realizará de la siguiente manera: primero se conectará el interruptor/seccionador de entrada, si lo hubiere. A continuación, se conectará la aparamenta de conexión siguiente hasta llegar al transformador, con lo cual tendremos a éste trabajando para hacer las comprobaciones oportunas. Una vez realizadas las maniobras de MT, se procederá a conectar la red de BT.	X
La instalación se ajustará a los planos, materiales, y calidades de dicho proyecto, salvo orden facultativa en contra.	X
Certificaciones	X

Las certificaciones serán expedidas por la dirección facultativa de la obra.	X
Todos los materiales podrán ser sometidos a los análisis o pruebas, por cuenta de la contrata, que se crean necesarios para acreditar su calidad.	X
Aquellos materiales que se consideren defectuosos serán rechazados, bajo responsabilidad de quién los recepcione.	X
Se adjuntarán, para la tramitación de este proyecto ante los organismos público competentes, las documentaciones indicadas a continuación:	X
Autorización administrativa de la obra.	X
Proyecto firmado por técnico competente.	X
Certificado de tensión de paso y contacto, emitido por una empresa homologada.	X
CFO	X
Contrato de mantenimiento	X
Conformidad por parte de la compañía suministradora.	X
En todo lo que no se contemple en cualquiera de los documentos previos, será de aplicación la legislación vigente en el momento de ejecución de la obra. En particular, el RLAT y RAT.	X

3.3.- Condiciones aplicables a la ejecución y certificación de las instalaciones de baja tensión

No aplica al presente proyecto.	
Conductores	X
Conductor aislado a 0.6/1 kV tipo RZ1-K (AS).	X
Conductor aislado a 0.6/1 kV tipo DZ1-K (AS).	X
Conductor aislado a 450/750 V. tipo H07V-R	X
Canalizaciones y modos de instalación	X
Tubo rígido 4321 aislante en montaje superficial no propagador de las llamas.	X
Tubo rígido metálico 4321 aislante en montaje superficial no propagador de las llamas.	
Tubo curvable 4321 aislante en montaje superficial no propagador de las llamas.	X
Tubo flexible 4321 aislante en montaje superficial no propagador de las llamas.	X
Tubo rígido 2221 no propagador de las llamas en canalizaciones empotradas, en huecos de la construcción o canales de obra.	X
Tubo curvable 2221 no propagador de las llamas en canalizaciones empotradas, en huecos de la construcción o canales de obra.	X
Tubo flexible 2221 no propagador de las llamas en canalizaciones empotradas, en huecos de la construcción o canales de obra.	X
Tubo rígido 3322 no propagador de las llamas en canalizaciones empotradas embebidas en hormigón y precableadas.	
Tubo curvable 3322 no propagador de las llamas en canalizaciones empotradas embebidas en hormigón y precableadas.	

Tubo flexible 3322 no propagador de las llamas en canalizaciones empotradas embebidas en hormigón y precableadas.	X
Tubo flexible 4321 no propagador de la llama en canalizaciones aéreas o con tubos al aire.	X
Tubo en canalización enterrada embebida en hormigón, resistencia a la compresión de 250N, resistencia al impacto ligera, protegido contra la penetración de objetos con $D \geq 1\text{mm}$ y protegido contra la penetración de agua en forma de lluvia.	X
Tubo en canalización enterrada en suelo ligero, resistencia a la compresión de 450N, resistencia al impacto media, protegido contra la penetración de objetos con $D \geq 1\text{mm}$ y protegido contra la penetración de agua en forma de lluvia.	X
Tubo en canalización enterrada en suelo pesado, resistencia a la compresión de 750N, resistencia al impacto media, protegido contra la penetración de objetos con $D \geq 1\text{mm}$ y protegido contra la penetración de agua en forma de lluvia.	X
Conductor aislado directamente sobre el falso techo.	X
Canal protectora con lado mayor de la sección transversal $>16\text{mm}$, resistencia al impacto media, temperatura mínima y máxima de instalación y servicio de -5°C y 60°C , aislante con resistencia a la penetración de objetos sólidos de grado 4, no propagadora de llama y desmontable mediante herramienta específica.	X
Canal protectora aislante en montaje superficial con dimensión del lado mayor de la sección transversal inferior a 16mm , resistencia al impacto muy ligera, temperatura máxima y mínima de la instalación y servicio de 15°C y 60°C respectivamente, con resistencia a la penetración de objetos sólidos de grado 4 y no propagador de la llama.	
Canal protectora aislante en montaje superficial con dimensión del lado mayor de la sección transversal superior a 16mm , resistencia al impacto media, temperatura máxima y mínima de la instalación y servicio de -5°C y 60°C respectivamente, con resistencia a la penetración de objetos sólidos de grado no inferior a 2 y no propagador de la llama.	X
Canal protectora metálica en montaje superficial con dimensión del lado mayor de la sección transversal superior a 16mm , resistencia al impacto media, temperatura máxima y mínima de la instalación y servicio de -5°C y 60°C respectivamente, continuidad eléctrica, con resistencia a la penetración de objetos sólidos de grado no inferior a 2 y no propagador de la llama.	
Bandeja ciega aislante no propagadora de la llama según norma UNE-EN 61537 con la posibilidad de que soporten cajas de empalme y/o derivación.	
Bandeja perforada aislante no propagadora de la llama según norma UNE-EN 61537 con la posibilidad de que soporten cajas de empalme y/o derivación.	X
Bandeja de escalera aislante no propagadora de la llama según norma UNE-EN 61537 con la posibilidad de que soporten cajas de empalme y/o derivación.	X

Bandeja ciega metálica conectada a tierra no propagadora de la llama según norma UNE-EN 61537 con la posibilidad de que soporten cajas de empalme y/o derivación.	
Bandeja perforada metálica conectada a tierra no propagadora de la llama según norma UNE-EN 61537 con la posibilidad de que soporten cajas de empalme y/o derivación.	
Bandeja de escalera metálica conectada a tierra no propagadora de la llama según norma UNE-EN 61537 con la posibilidad de que soporten cajas de empalme y/o derivación.	
Rejilla metálica conectada a tierra no propagadora de la llama según norma UNE-EN 61537 con la posibilidad de que soporten cajas de empalme y/o derivación.	X
Línea posada sobre fachada	X
Puesta a tierra	
Se implementará un régimen de puesta a tierra del neutro TT	X
Se implementará un régimen de puesta a tierra del neutro IT	
Se implementará un régimen de puesta a tierra del neutro TN	
Instalación de pararrayos	
Se establecerá una red de toma de tierra para estructura de hormigón de la nave, que estará compuesta por un anillo formado por cable conductor de cobre desnudo recocido de 35 mm ² de sección enterrado a una profundidad mínima de 80 cm.	X
Todos los conductores de protección irán conectados a la red de tierra.	X
Se instalará un número de picas establecido en el presente proyecto.	
La distancia mínima de separación entre las tierras del CT y de la instalación de baja tensión será de al menos 15 m	X
Se deberá comprobar mediante mediciones sobre el terreno que la resistencia de puesta a tierra sea la establecida en el documento y nunca superior a 37 Ω	X
Certificaciones	X
Las certificaciones serán expedidas por la dirección facultativa de la obra.	X
Todos los materiales podrán ser sometidos a los análisis o pruebas, por cuenta de la contrata, que se crean necesarios para acreditar su calidad.	X
Aquellos materiales que se consideren defectuosos serán rechazados, bajo responsabilidad de quién los recepcione.	X
Se adjuntarán, para la tramitación de este proyecto ante los organismos público competentes, las documentaciones indicadas a continuación:	X
Autorización administrativa de la obra.	X
Proyecto firmado por técnico competente.	X
Certificado de tensión de paso y contacto, emitido por una empresa homologada.	X
CFO	X
Contrato de mantenimiento	X
Conformidad por parte de la compañía suministradora.	X

En todo lo que no se contemple en cualquiera de los documentos previos, será de aplicación la legislación vigente en el momento de ejecución de la obra. En particular, el REBT.	X
--	---

3.4.- Condiciones aplicables a la ejecución y certificación de las instalaciones de ventilación y extracción

No aplica al presente proyecto.	X
---------------------------------	---

3.5.- Condiciones aplicables a la ejecución y certificación de las instalaciones de alumbrado interior

No aplica al presente proyecto.	
Conductores	X
Se aplicará lo establecido en el apartado de condiciones aplicables a la ejecución y certificación de las instalaciones de baja tensión	X
Canalizaciones y modo de instalación	X
Se aplicará lo establecido en el apartado de condiciones aplicables a la ejecución y certificación de las instalaciones de baja tensión	X
Luminarias	X
Conforme a los requisitos establecidos en la norma UNE-EN 60598.	X
Las conexiones se realizarán en cajas de conexión, mediante bornas de conexión adecuadas.	X
Las luminarias se instalarán suspendidas de cables flexibles, capaces de soportar el esfuerzo. El peso de las luminarias suspendidas no podrá superar en ningún caso los 5 kg.	X
Las luminarias se instalarán empotradas en obra.	X
Las luminarias se instalarán en montaje superficial.	X
Deberá comprobarse la limpieza de las mismas antes de su instalación. Si esta fuera deficiente, se limpiarán antes de montarlas.	X
Paralelamente a cada circuito de iluminación interior, se colocaran los circuitos de iluminación de emergencia.	
Certificaciones	X
Las certificaciones serán expedidas por la dirección facultativa de la obra.	X
Todos los materiales podrán ser sometidos a los análisis o pruebas, por cuenta de la contrata, que se crean necesarios para acreditar su calidad.	X
Aquellos materiales que se consideren defectuosos serán rechazados, bajo responsabilidad de quién los recepcione.	X
Se adjuntarán, para la tramitación de este proyecto ante los organismos público competentes, las documentaciones indicadas a continuación:	X
Autorización administrativa de la obra.	X
Proyecto firmado por técnico competente.	X
Certificado de tensión de paso y contacto, emitido por una empresa homologada.	
CFO	X

Contrato de mantenimiento	
Conformidad por parte de la compañía suministradora.	
En todo lo que no se contemple en cualquiera de los documentos previos, será de aplicación la legislación vigente en el momento de ejecución de la obra. En particular, el REBT.	X

4.- CONCLUSIÓN Y FIRMA

Todo lo anterior es de obligado cumplimiento, tanto por parte de la contrata como por parte de la promotora. Cualquier incumplimiento del presente documento puede acarrear la responsabilidad que corresponda.



Fdo: Sergio Martín Maestre

VIII- Estudio básico de seguridad y salud

1.- INTRODUCCIÓN Y NORMATIVA APLICADA

El objeto del presente estudio es detectar los riesgos que existen en la obra a realizar e intentar hacer que desaparezcan, y en el caso de no ser posible, disminuir la posibilidad de que ocurran, así como mitigar los posibles daños de los mismos.

La normativa básica a emplear para realizar este estudio es:

- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de prevención de Riesgos Laborales.
- Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción.

Además de su normativa de desarrollo.

La justificación de realizar un estudio básico de seguridad y salud en las obras, viene definido en el artículo 4 del RD 1627/1997:

1. El promotor estará obligado a que en la fase de redacción del proyecto se elabore un estudio de seguridad y salud en los proyectos de obras en que se den alguno de los supuestos siguientes:
 - a) Que el presupuesto de ejecución por contrata incluido en el proyecto sea igual o superior a 75 millones de pesetas.
 - b) Que la duración estimada sea superior a 30 días laborables, empleándose en algún momento a más de 20 trabajadores simultáneamente.
 - c) Que el volumen de mano de obra estimada, entendiéndose por tal la suma de los días de trabajo del total de los trabajadores en la obra, sea superior a 500.
 - d) Las obras de túneles, galerías, conducciones subterráneas y presas.
2. En los proyectos de obras no incluidos en ninguno de los supuestos previstos en el apartado anterior, el promotor estará obligado a que en la fase de redacción del proyecto se elabore un estudio básico de seguridad y salud.

En la obra objeto del presente proyecto:

- a) El presupuesto de ejecución por contrata es de 321.456,72 € inferior a 450.759,1 € que establece decreto (75 millones de pesetas).
- b) Durante la ejecución de la obra no se encontrarán trabajando más de 20 trabajadores de forma simultánea.
- c) El volumen de mano de obra estimada es inferior a 500 días de trabajo. El volumen de mano de obra aproximado es de 212,5 días de trabajo, que repartiéndolo entre unos 5 trabajadores que habrá trabajando de forma simultánea sale que la obra durará aproximadamente 42,5 días.
- d) La presente obra no es ni un túnel, ni una galería, ni una conducción subterránea ni una presa.

Por tanto, es correcto realizar el estudio básico.

2.- CARACTERÍSTICAS DE LA OBRA

Como se ha comentado, la obra consiste en la realización de la instalación eléctrica de una fábrica de pellets ubicada en el polígono industrial de Béjar, en concreto la construcción de una línea aérea y una subterránea que conecte la línea de distribución de Iberdrola presente en la zona con un centro de transformación propiedad del cliente, del que partirá la instalación de baja tensión que alimenta

la fábrica y todos sus elementos productivos, unas oficinas y unos almacenes, así como la iluminación exterior de la nave.

Como se ha comentado, el tiempo estimado de ejecución de la obra contando con una cuadrilla de 5 trabajadores es de 42,5 días. Para la obtención de este dato se ha recurrido al presupuesto, que establece un coste de la mano de obra de unos 34.000 €, que si se divide a una media de 20 €/h y 8 h de trabajo al día, salen 212,5 días de trabajo. Al dividir esto entre los 5 trabajadores, se obtienen los 42,5 días.

Por último, remarcar que cualquier aspecto adicional que se quiera saber acerca de las características de la obra puede consultarse en la memoria del presente proyecto y en cualquiera de sus anejos.

3.- PELIGROS DETECTADOS, RIESGOS ASUMIDOS Y MEDIDAS DE PREVENCIÓN

3.1.- Peligros generales y medidas de prevención

Los riesgos que pueden aparecer durante la ejecución de las obras se enumerarán a continuación, así como los riesgos específicos de cada situación.

➤ FALTA DE ORDEN Y LIMPIEZA

Riesgos:

- Golpe con objetos inmóviles (invasión de zonas de paso o espacios de trabajo).
- Caída al mismo nivel.
- Caída de objetos por desplome o durante la manipulación de los mismos.
- Incendios.

Medidas de prevención:

- Las salidas, zonas de paso y espacios de trabajo deberán mantenerse libre de objetos o líquidos o sustancias resbaladizas.
- Los equipos de alarma y protección contra incendios permanecerán visibles y accesibles sin obstáculos delante.
- Evitar que los objetos sobresalgan de las baldas de las estanterías.
- Clocar los objetos más pesados en la parte inferior de los apilamientos y solo si se garantiza la estabilidad.

- Evitar que el cableado pase por las zonas de paso y si no es posible, se debe proteger mediante canalizaciones adecuadas.

➤ CAÍDAS AL MISMO Y DISTINTO NIVEL

Riesgos:

- Caídas de personas al mismo nivel.
- Caídas de personas a distinto nivel.

Medidas preventivas:

- Evitar circular por suelos mojados o resbaladizos. Dichos suelos deberán disponer de la señalización de advertencia apropiada.
- Para alcanzar objetos o acceder a lugares elevados utilizar equipos apropiados, tales como escaleras de mano.
- El calzado debe ser adecuado, de forma que proporcione un correcto agarre. Es recomendable que sea cerrado y con suela de tacos y/o ranuras. Además, se recomienda que las punteras sean de acero. El tacón debe ser ancho y no excesivamente alto.
- Para trabajos en alturas superiores a 2 m, se utilizará arnés de seguridad o sistema anticaídas apropiado.

➤ ELECTRICIDAD

Riesgos:

- Contactos eléctricos directos (con partes de la instalación habitualmente en tensión).
- Contactos eléctricos indirectos (con partes de la instalación conductoras que no deben estar en tensión y accidentalmente lo están).
- Quemaduras por arco eléctrico.
- Proyecciones.
- Caídas a distinto nivel
- Incendios.

Medidas preventivas:

- No eliminar en ningún momento los equipos de protección y dispositivos de seguridad.
- Desconectar los aparatos tirando de la clavija, no del cable.
- No colocar recipientes con líquidos sobre equipos eléctricos.
- No manejar equipos eléctricos con las manos húmedas.
- No pulverizar líquidos sobre los equipos eléctricos.
- Usar alargadores y regletas que dispongan de toma de tierra.
- No sobrecargar las bases de los enchufes conectando varios receptores en un mismo enchufe.
- Si se va a actuar sobre la instalación eléctrica, comprobar las cinco reglas de oro:

QUÉ HACER	SOBRE QUÉ ACTUAR
1. Desconectar todas las fuentes de tensión	• Interruptores • Seccionadores • Fusibles • Puentes • Carretones • Posibles fuentes de alimentación (retornos)
2. Enclavamiento o bloqueo, si es posible, de los aparatos de corte y señalización siempre en el mando de estos	• Interruptores • Seccionadores • Fusibles • Sistemas de telemando • Fuentes de energía auxiliares
3. Verificación de la ausencia de tensión	• En, o lo más cerca posible, de la zona de trabajo • Todos los conductores de la zona de trabajo
4. Puesta a tierra y en cortocircuito de todas las posibles fuentes de tensión	• Todos los puntos de la instalación desde los que pueda llegar tensión al lugar de trabajo, creando las zonas protegidas y de trabajo • Todas las fases de todos los conductores existentes, en caso de líneas duplex o triplex • Instalaciones de B.T.
5. Proteger frente a elementos próximos en tensión y establecer la señalización de seguridad adecuada, delimitando la zona de trabajo	Espacios a delimitar: • Zona de peligro • Zona de trabajo • Zona protegida

- Utilizar el equipo obligatorio de seguridad (guantes aislantes, cascos, pértigas, etc.).
- Desconectar todas las posibles fuentes de tensión.
- Bloquear los aparatos de corte y señalizarlos advirtiendo que se están realizando trabajos.
- Verificar la ausencia de tensión.
- Cortocircuitar y poner a tierra todas las posibles fuentes de tensión.
- Proteger frente a elementos próximos en tensión, si es necesario, y señalizar la zona de trabajo.

- En caso de tormenta con aparato eléctrico, se suspenderán los trabajos.
- Siempre deberá haber dos personas trabajando juntas y ambas deben poseer conocimientos de primeros auxilios.

- Para trabajos en alturas superiores a 2 m, se utilizará arnés de seguridad o sistema anticaídas apropiado.
- Utilizar en todo momento el EPI adecuado.

➤ UTILIZACIÓN DE MÁQUINAS Y HERRAMIENTAS MANUALES

Riesgos:

- Golpes o cortes.
- Atrapamientos (por o entre órganos móviles).
- Proyección de partículas, fragmentos u objetos.
- Contacto térmico.
- Contacto eléctrico, directo o indirecto.
- Inhalación o ingestión de sustancias tóxicas nocivas o tóxicas.
- Contacto con sustancias químicas.
- Caída de objetos por desplome o en manipulación.
- Atropellos.

Medidas preventivas:

- Utilizar la maquinaria o herramientas sólo tras haber leído el manual de instrucciones, siguiendo las recomendaciones del fabricante acerca de transporte, montaje, instalación, mantenimiento, operaciones peligrosas, etc.
- No retirar las protecciones ni anular los dispositivos de seguridad.
- Realizar una inspección visual antes de poner cualquier maquinaria en funcionamiento.
- Si se detecta alguna anomalía durante su funcionamiento, manejo o inspección visual, informar al responsable en materia de Seguridad y Salud.
- Prestar atención al entorno donde se utilizan los equipos de trabajo, ya que pueden ocasionar riesgos.

- Manejar las máquinas y herramientas con el EPI establecido en el manual de instrucciones de las mismas.
- Para las operaciones de mantenimiento, los equipos de trabajo deben estar parados y desconectados de manera que pueda garantizarse que no se pongan en funcionamiento durante dichos trabajos.
- Cuando el trabajador se halle cerca de órganos móviles, no llevar objetos susceptibles de quedar atrapados tales como anillos, pulseras, bufandas, etc.
- Respetar la señalización y distancia de seguridad frente a máquinas en movimientos, para evitar atropellos.
- Si el operario de alguna máquina no dispone de visión suficiente de su entorno, contará con comunicación con una persona situada en el exterior que le auxiliará en el manejo de la misma.
- Utilizar las herramientas solo para los fines que han sido específicamente diseñadas.
- Realizar el transporte y mantenimiento de los equipos de trabajo cumpliendo las medidas preventivas que indique el fabricante o el responsable en materia de Seguridad y Salud.

➤ TRABAJOS EN ALTURA

Riesgos:

- Caídas a distinto nivel.
- Caída de objetos desprendidos o en manipulación.
- Golpes con objetos inmóviles.
- Contactos eléctricos.

Medidas preventivas:

- Para realizar trabajos en altura a más de 2 m, es imprescindible disponer de formación en materia preventiva.
- Al realizar trabajos a más de 2 m de altura con riesgo de caída, utilizar equipos que proporcionen protección frente a dicho riesgo, tales como plataformas elevadoras, andamios normalizados, etc.).

- Utilizar arnés anticaídas conectado a puntos de anclaje adecuados.
- Observar los riesgos eléctricos al trabajar en cercanías a líneas eléctricas.
- Señalizar y balizar la zona de trabajo para evitar riesgos a terceros.
- Utilizar portaherramientas para evitar la caída de objetos.
- Al usar escaleras de mano:
 - Realizar una inspección visual antes de su uso y comunicar cualquier desperfecto.
 - Utilizarlas conforme a las instrucciones del fabricante.
 - Para fines de acceso, deberá sobresalir mínimo un metro sobre el plano de trabajo al que se accede.
 - Asegurar su estabilidad situándolas sobre planos horizontales, estables y despejados de objetos.
 - Colocar las escaleras formando un ángulo aproximado de 75 grados con la horizontal. Si es de tijera, debe estar completamente abierta y con los dispositivos de bloqueo asegurados.
 - No emplear escaleras en zonas que puedan ser golpeadas, como detrás de una puerta.
 - No se debe subir nunca por encima del tercer último peldaño.

➤ MANIPULACIÓN DE CARGAS

Riesgos:

- Trastornos musculoesqueléticos.
- Sobreesfuerzos.

Medidas preventivas:

- Utilizar siempre que sea posible medios mecánicos auxiliares.
- En posición de sentado, no levantar más de 5 kg.
- Colocar en las estanterías los objetos que se usan con más frecuencia en las baldas más accesibles.

- Evitar levantar cargas por encima de la altura de los hombros.
- Al transportar objetos voluminosos, comprobar previamente que la zona de paso está libre de obstáculos.
- Hacer ejercicios que fortalezcan la espalda.
- Para levantar cargas con seguridad:
 - Observar la carga: peso, forma, zonas de agarre...
 - Solicitar ayuda si el peso es excesivo o es necesario adoptar posturas incómodas y no es posible emplear medios mecánicos auxiliares.
 - Para levantar cargas, colocar los pies separados, espalda recta, mentón metido y rodillas flexionadas.
 - Transportar la carga lo más pegada al cuerpo posible.
 - Evitar giros de tronco, mover los pies en lugar de la cintura.

3.2.- Peligro de daños a terceros y medidas preventivas

Dada la ubicación de la obra, es poco probable que se provoquen daños a personas ajenas a la obra. Aún así, se adoptarán las siguientes medidas:

- Cerramiento de la obra.
- Colocación de carteles señalando e informando de la realización de obras y de los peligros que conlleva.
- Establecimiento de policía de obra, si se estima conveniente.

3.3.- Carácter de los peligros y riesgos asumidos

Todos los peligros comentados anteriormente son asumidos y se intentarán evitar accidentes producidos por ellos en todo lo posible. Sin embargo, no todos los riesgos son eliminables y deberán ser asumidos.

El mayor riesgo asumido en la presente obra es el riesgo de trabajo en tensión, por lo que cuando se trabaje bajo dicho riesgo habrá que extremar las precauciones y seguir los protocolos establecidos. Ante cualquier duda, se acudirá al responsable en materia de Seguridad y Salud.

4.- EQUIPOS DE PROTECCIÓN

4.1.- Protección personal

Según la Ley 39/1995, de prevención de riesgos laborales, se define equipo de protección individual como cualquier equipo destinado a ser llevado o sujetado por el trabajador para que le proteja de uno o varios riesgos que puedan amenazar su seguridad o su salud en el trabajo, así como cualquier complemento o accesorio destinado a tal fin.

En dicha ley se establece también que el coste de dichos equipos de protección individual (EPIs), no podrá recaer de forma alguna sobre el trabajador.

Es obligación del empresario poner a disposición de los trabajadores que resulten necesarios para realizar de una forma segura y eliminando o disminuyendo los riesgos presentes en los trabajos.

Los EPIs necesarios para la presente obra son:

- Para la cabeza:
 - Casco contra golpes, EPI de categoría II, según EN 812, cumpliendo todos los requisitos de seguridad según el Reglamento (UE) 2016/425.
- Contra caídas de altura:
 - Conector básico (clase B), EPI de categoría III, según UNE-EN 362, cumpliendo todos los requisitos de seguridad según el Reglamento (UE) 2016/425.
 - Dispositivo anticaídas deslizante sobre línea de anclaje flexible, EPI de categoría III, según UNE-EN 353-2, UNE-EN 363, UNE-EN 364 y UNE-EN 365, cumpliendo todos los requisitos de seguridad según el Reglamento (UE) 2016/425.
 - Cuerda de fibra como elemento de amarre, de longitud fija, EPI de categoría III, según UNE-EN 354, cumpliendo todos los requisitos de seguridad según el Reglamento (UE) 2016/425.
 - Absorbedor de energía, EPI de categoría III, según UNE-EN 355, cumpliendo todos los requisitos de seguridad según el Reglamento (UE) 2016/425.
 - Arnés anticaídas, con un punto de amarre, EPI de categoría III, según UNE-EN 361, UNE-EN 363, UNE-EN 364 y UNE-EN 365,

cumpliendo todos los requisitos de seguridad según el Reglamento (UE) 2016/425.

- Arnés de asiento, EPI de categoría III, según UNE-EN 813, cumpliendo todos los requisitos de seguridad según el Reglamento (UE) 2016/425.
- Para los ojos y la cara:
 - Gafas de protección con montura universal, EPI de categoría II, según UNE-EN 166, cumpliendo todos los requisitos de seguridad según el Reglamento (UE) 2016/425.
 - Pantalla de protección facial, EPI de categoría II, según UNE-EN 166, cumpliendo todos los requisitos de seguridad según el Reglamento (UE) 2016/425.
- Para las manos y los brazos:
 - Par de guantes contra riesgos mecánicos, EPI de categoría II, según UNE-EN 420 y UNE-EN 388, cumpliendo todos los requisitos de seguridad según el Reglamento (UE) 2016/425.
 - Par de guantes para trabajos eléctricos de baja tensión, EPI de categoría III, según UNE-EN 420 y UNE-EN 60903, cumpliendo todos los requisitos de seguridad según el Reglamento (UE) 2016/425.
 - Par de guantes para trabajos eléctricos de alta tensión, EPI de categoría III, según UNE-EN 420 y UNE-EN 60903, cumpliendo todos los requisitos de seguridad según el Reglamento (UE) 2016/425.
- Para los oídos:
 - Juego de orejeras, estándar, con atenuación acústica de 15 dB, EPI de categoría II, según UNE-EN 352-1 y UNE-EN 458, cumpliendo todos los requisitos de seguridad según el Reglamento (UE) 2016/425.
 - Juego de tapones reutilizables, con cordón, con atenuación acústica de 31 dB, EPI de categoría II, según UNE-EN 352-2 y UNE-EN 458, cumpliendo todos los requisitos de seguridad según el Reglamento (UE) 2016/425.
- Calzado:

- Par de botas bajas de seguridad, con puntera resistente a un impacto de hasta 200 J y a una compresión de hasta 15 kN, la zona del tacón cerrada, de tipo aislante, con resistencia al deslizamiento y a la perforación, EPI de categoría III, según UNE-EN ISO 20344, UNE-EN 50321 y UNE-EN ISO 20345, cumpliendo todos los requisitos de seguridad según el Reglamento (UE) 2016/425.
- Par de plantillas resistentes a la perforación, EPI de categoría II, según UNE-EN 12568, cumpliendo todos los requisitos de seguridad según el Reglamento (UE) 2016/425.
- Para el cuerpo:
 - Mono con capucha de protección para trabajos en instalaciones de baja tensión, EPI de categoría III, según UNE-EN 50286 y UNE-EN 340, cumpliendo todos los requisitos de seguridad según el Reglamento (UE) 2016/425.
- Otros:
 - Bolsa portaherramientas, EPI de categoría II, según UNE-EN 340, cumpliendo todos los requisitos de seguridad según el Reglamento (UE) 2016/425.
 - Faja de protección lumbar con amplio soporte abdominal y sujeción regulable mediante velcro, EPI de categoría II, según UNE-EN 340, cumpliendo todos los requisitos de seguridad según el Reglamento (UE) 2016/425.
 - Mascarilla autofiltrante contra partículas, FFP2, con válvula de exhalación, EPI de categoría III, según UNE-EN 149, cumpliendo todos los requisitos de seguridad según el Reglamento (UE) 2016/425.
 - Pértigas aislantes multifunción para maniobras eléctricas en instalaciones de alta tensión, según UNE-EN 50508:2011.

4.2.- Protección colectiva

En la ley 39/1995 se establece que dentro de las medidas a realizar dentro de la prevención de riesgos, es necesario adoptar medidas que antepongan la protección colectiva a la individual. Algunas medidas de protección colectiva son:

- Botiquín de urgencia provisto de desinfectantes y antisépticos autorizados, gasas estériles, algodón hidrófilo, venda, esparadrapo, apósitos adhesivos, un par de tijeras, pinzas, guantes desechables, bolsa de goma

para agua y hielo, antiespasmódicos, analgésicos, tónicos cardíacos de urgencia, un torniquete, un termómetro clínico y jeringuillas desechables, con tornillos y tacos para fijar al paramento.

- Camilla portátil para evacuaciones.
- Señales para advertir de los diferentes riesgos.
- Equipos de extinción de incendios, tales como extintores, BIEs, hidrantes...
- Vallado perimetral de zonas de trabajo.
- Carcasa de protección de motores o piezas en continuo movimiento.
- Barandillas, pasarelas y escaleras.

5.- FORMACIÓN

Todo el personal que acceda a la obra deberá haber llevado algún curso sobre seguridad y salud en el trabajo, además de contar con la titulación exigida para realizar cada trabajo en particular.

Además, antes de comenzar el trabajo se llevará a cabo una sesión donde se establezcan los métodos de trabajo a desarrollar y las medidas preventivas a llevar a cabo, así como los protocolos de actuación frente a cualquier tipo de accidentes.

Se procurará que en la obra haya en todo momento al menos una persona con formación específica en primeros auxilios, debiendo tener los restantes trabajadores una formación básica de los mismos.

6.- MEDIDAS PERVENTIVAS Y PRIMEROS AUXILIOS

El artículo 20 de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales indica la obligación de analizar las posibles situaciones de emergencia y de tomar las medidas necesarias en materia de primeros auxilios. En concreto obliga a:

- Designar personal encargado de los primeros auxilios.
- Formación del personal designado.
- Organizar las relaciones necesarias con servicios externos.

Se definen los primeros auxilios como el conjunto de actuaciones y técnicas que permiten la atención inmediata de una persona accidentada, hasta que llega la

asistencia médica profesional, a fin de que las lesiones que ha sufrido no empeoren.

Siempre que se presten primeros auxilios hay que seguir unos consejos generales:

- Actuar con rapidez, pero conservando la calma.
- Evitar aglomeraciones.
- Saber imponerse.
- No mover a la persona herida salvo que sea imprescindible.
- Traslado adecuado.
- No dar al herido de beber, comer o medicar.
- Tranquilizar al herido.
- Mantener al herido caliente.
- Si no se sabe, abstenerse.

Ante cualquier tipo de accidente, es obligatorio seguir la regla PAS, que consiste en:

- Proteger el lugar del accidente, al accidentado y al socorrista. En caso de accidente eléctrico, lo primero es desconectar la corriente o, si no es posible, separar al accidentado de la misma empleando un elemento aislante.
- Avisar al 112.
- Socorrer al accidentado siguiendo las indicaciones que se den desde el 112.

A continuación, se muestra un esquema con los pasos a seguir en caso de accidente:



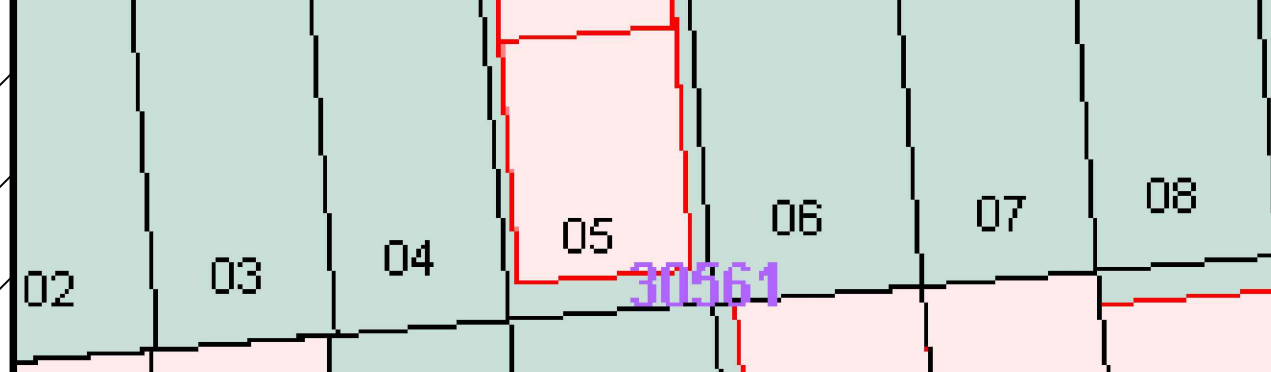
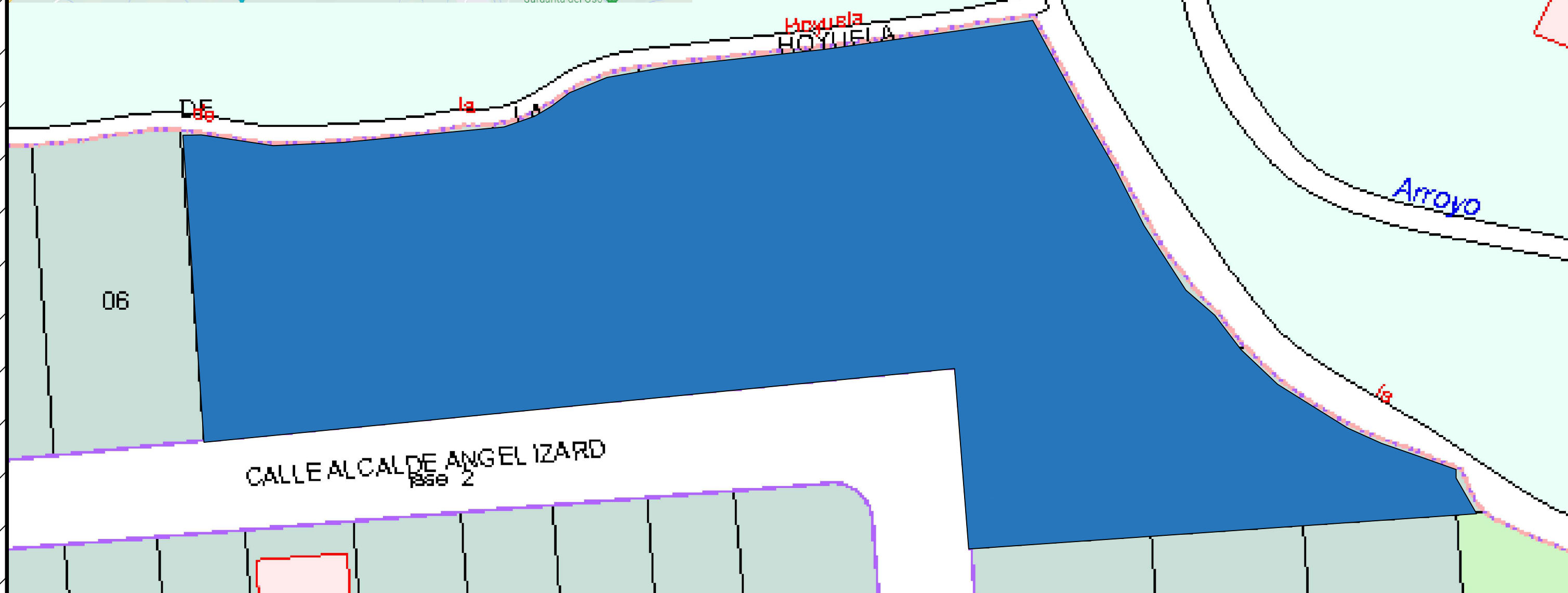
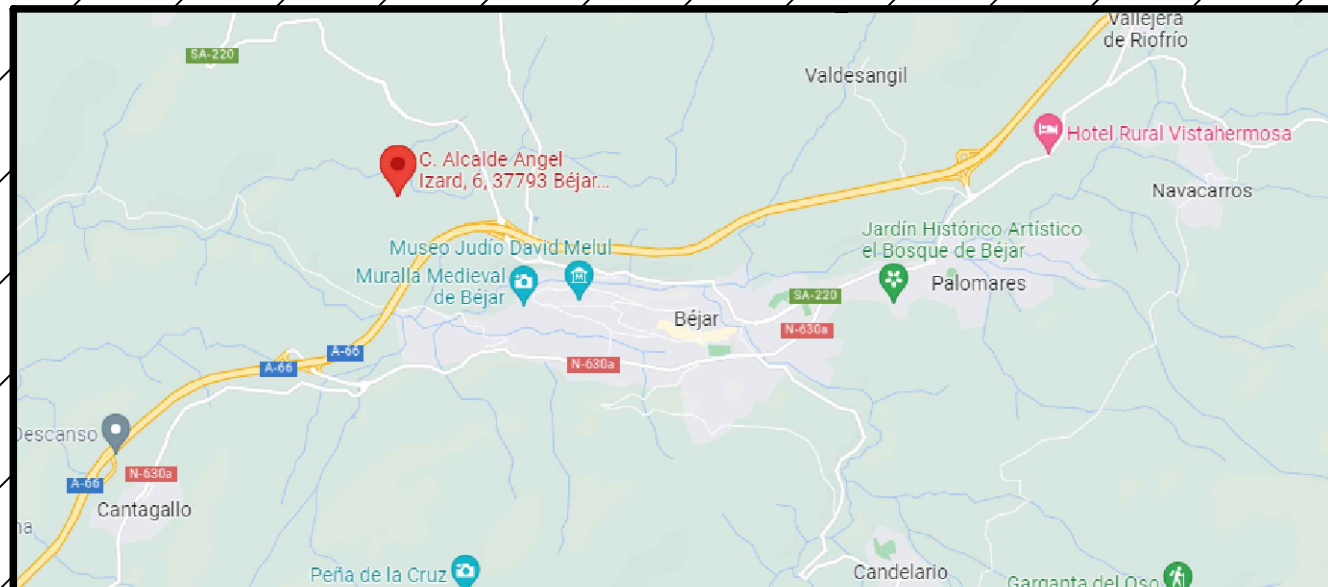
7.- CONCLUSIÓN Y FIRMA

Con todo lo expuesto anteriormente, queda aprobado el estudio básico de seguridad y salud.

A handwritten signature in dark ink, appearing to be 'SMM', written diagonally across the page.

Fdo: Sergio Martín Maestre

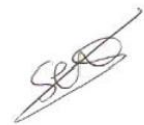
IX.- Planos

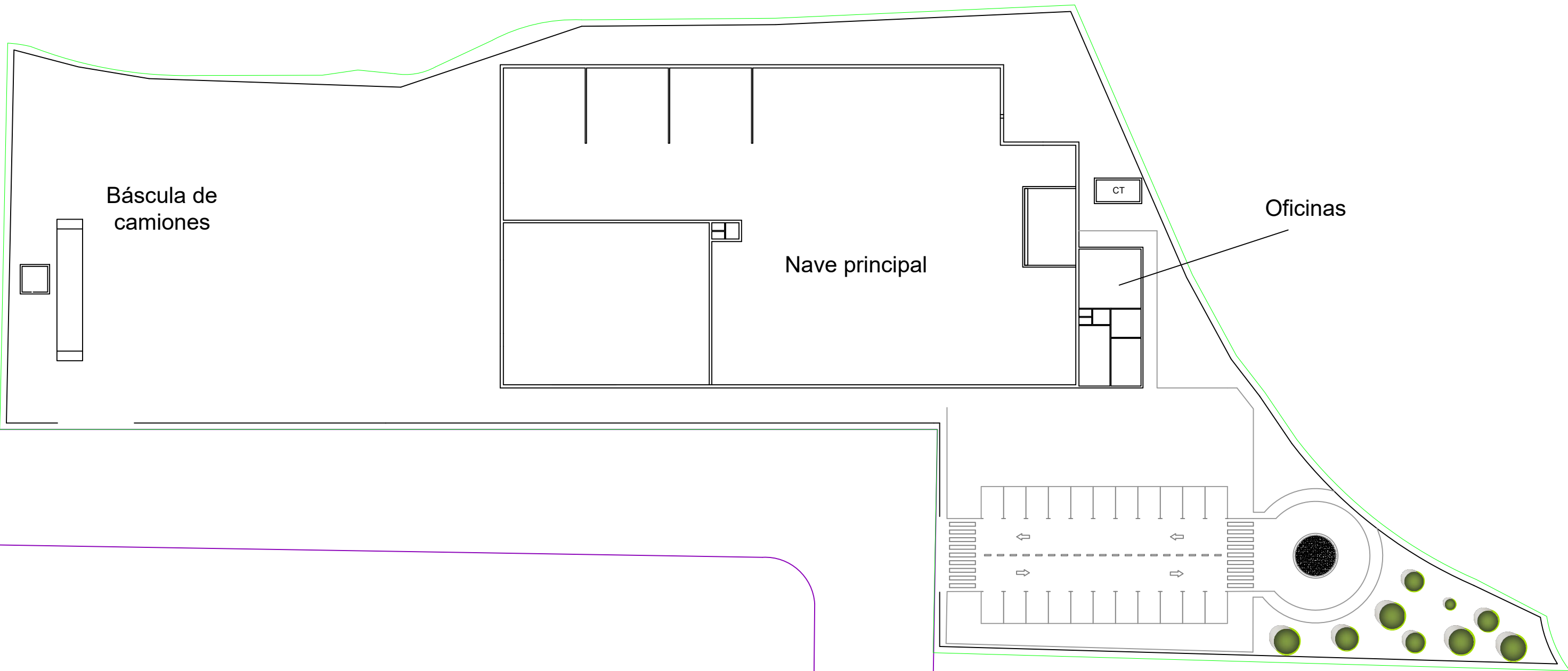




**VNIVERSIDAD
D SALAMANCA**

CAMPUS DE EXCELENCIA INTERNACIONAL

INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA FÁBRICA DE PELLETS EN EL POLÍGONO INDUSTRIAL DE BÉJAR (SALAMANCA)		
Fecha: Febrero 2023	SERGIO MARTÍN MAESTRE 	PLANO 01
Ubicación: c/ Alcalde Ángel Izard 6, Béjar (Salamanca)		
Plano: Situación y emplazamiento		
Escala: 1/766.52		



**VNIVERSIDAD
D SALAMANCA**

CAMPUS DE EXCELENCIA INTERNACIONAL

**INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA FÁBRICA DE PELLETS EN EL POLÍGONO
INDUSTRIAL DE BÉJAR (SALAMANCA)**

Fecha: Febrero 2023

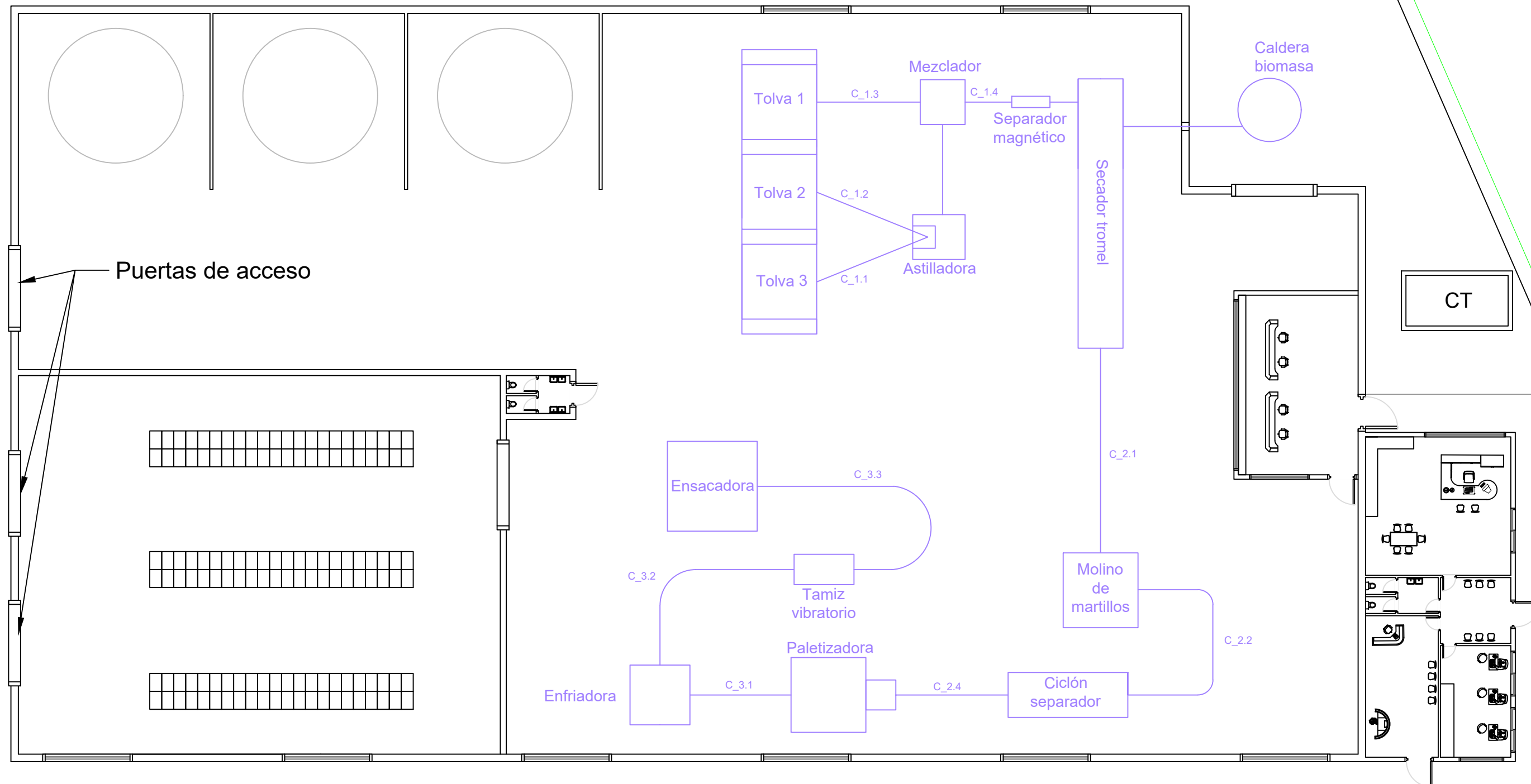
Ubicación: c/ Alcalde Ángel Izard 6, Béjar (Salamanca)

Plano: Plano General

Escala: 1/628.77

**SERGIO MARTÍN
MAESTRE**

PLANO
02



**VNIVERSIDAD
D SALAMANCA**

CAMPUS DE EXCELENCIA INTERNACIONAL

INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA FÁBRICA DE PELLETS EN EL POLÍGONO INDUSTRIAL DE BÉJAR (SALAMANCA)

Fecha: Febrero 2023

Ubicación: c/ Alcalde Ángel Izard 6, Béjar (Salamanca)

Plano: Nave principal

Escala: 1/282.17

**SERGIO MARTÍN
MAESTRE**

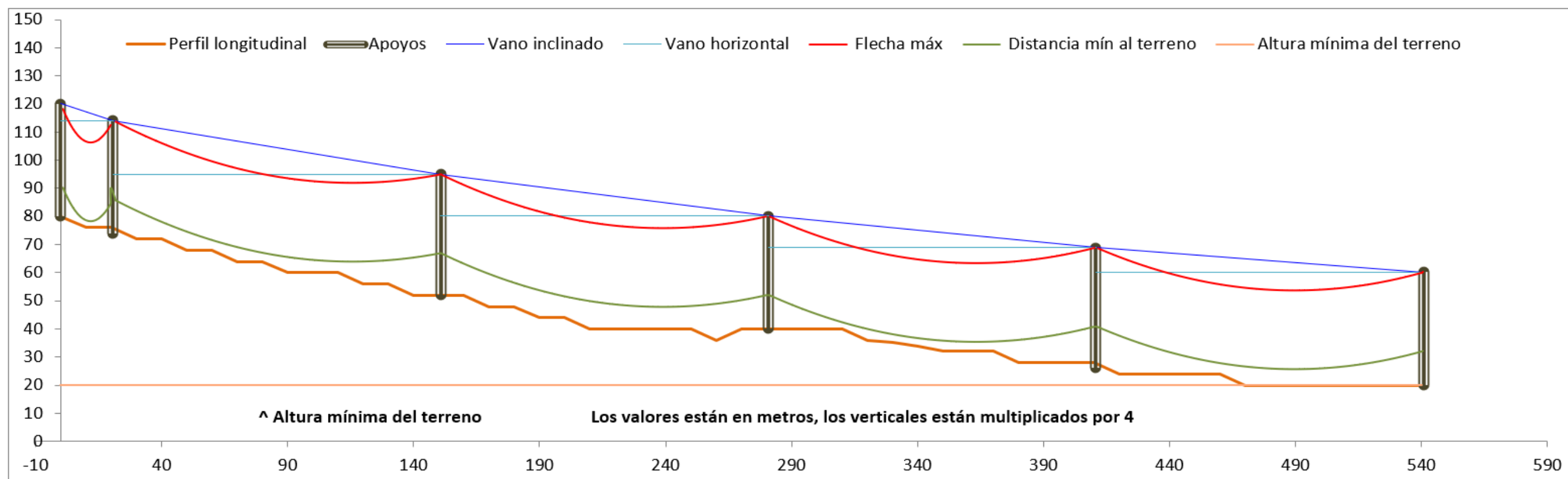
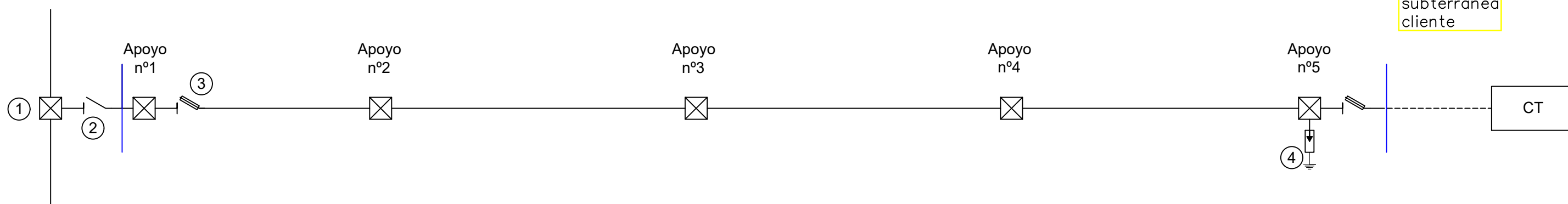
PLANO
03



Línea Iberdrola

Línea aérea cliente

Línea subterránea cliente



Leyenda:

1. Apoyo de entronque en la línea principal.
2. Seccionador.
3. Elemento de protección CFES
4. Pararrayos



**VNIVERSIDAD
SALAMANCA**

CAMPUS DE EXCELENCIA INTERNACIONAL

INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA FÁBRICA DE PELLETS EN EL POLÍGONO INDUSTRIAL DE BÉJAR (SALAMANCA)

Fecha: Febrero 2023

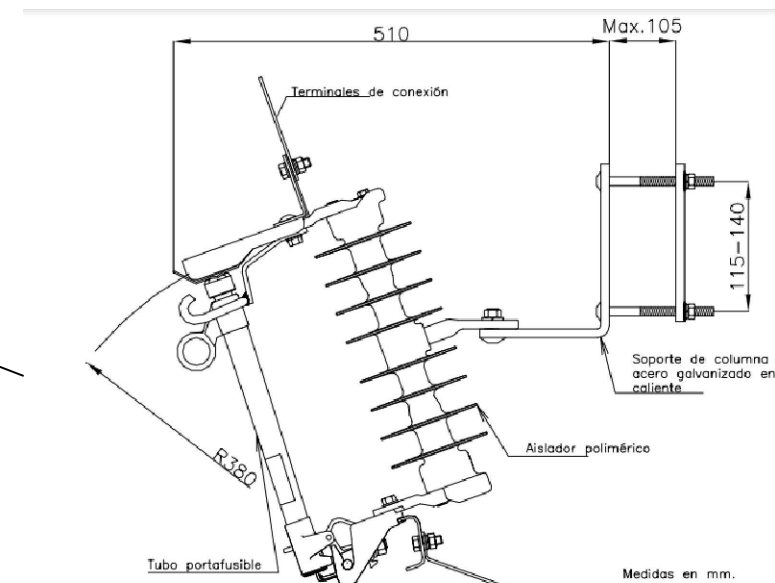
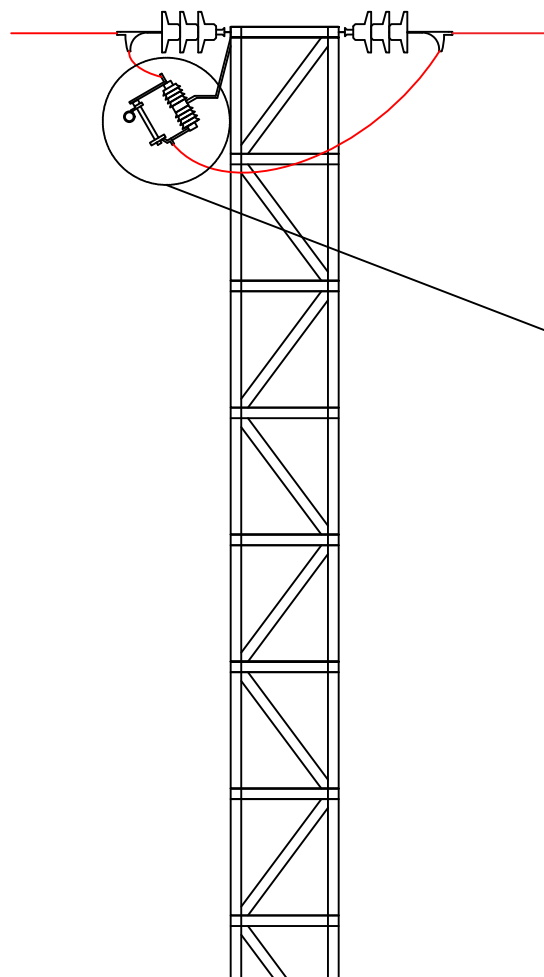
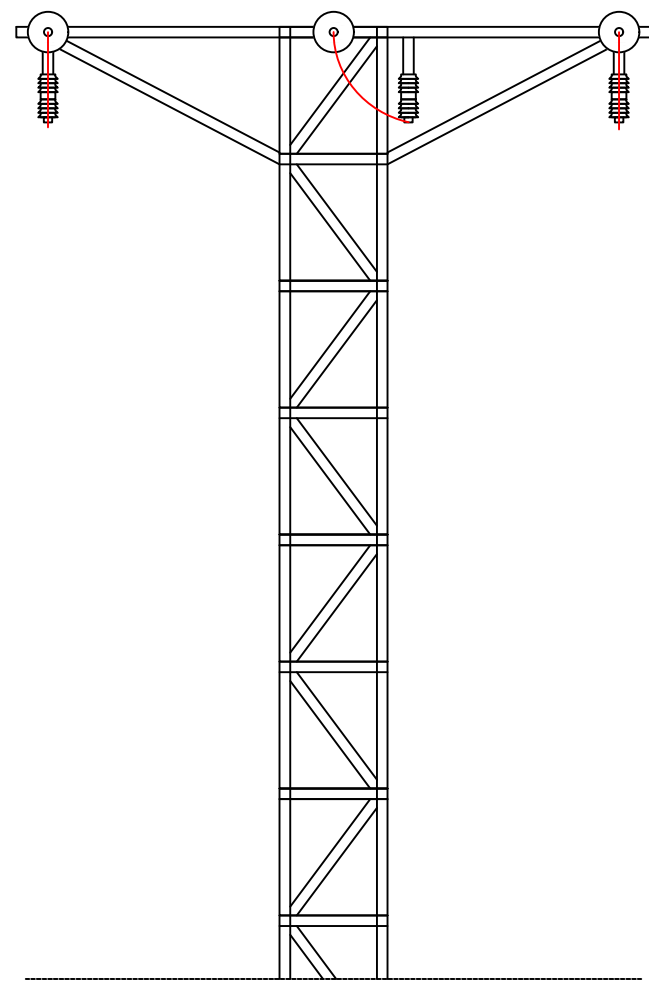
Ubicación: c/ Alcalde Ángel Izard 6, Béjar (Salamanca)

Plano: Unifiliar línea MT y perfil

Escala:

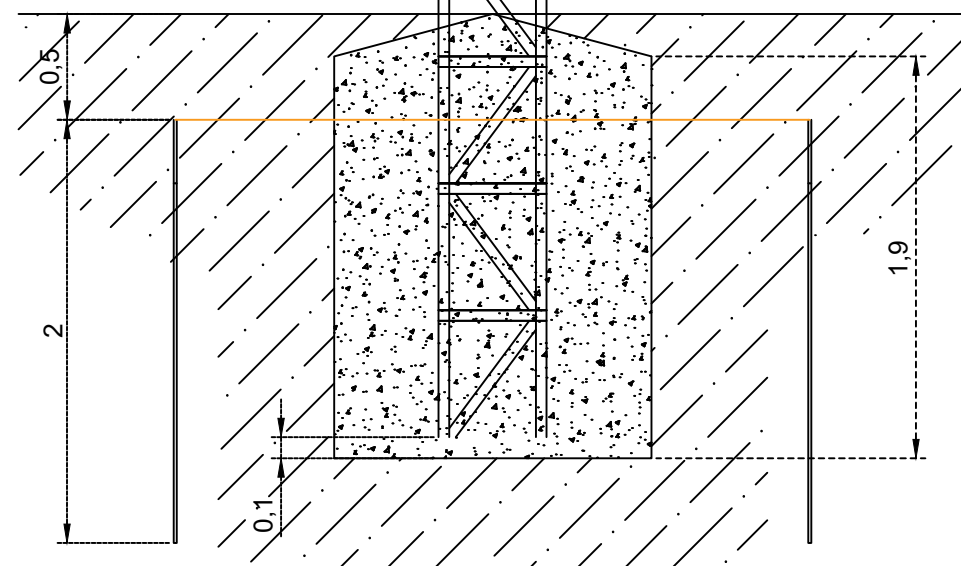
**SERGIO MARTÍN
MAESTRE**

PLANO
05



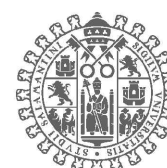
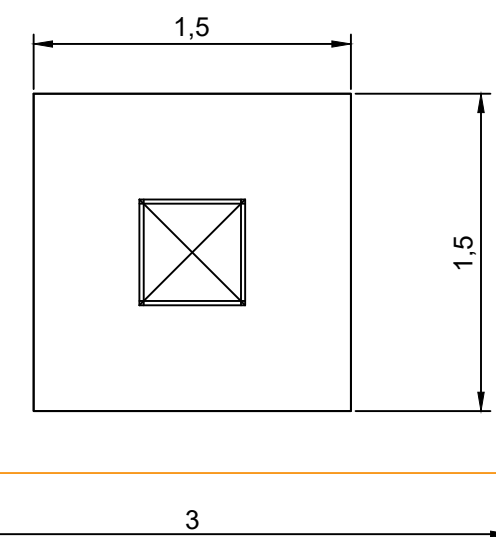
x3 uds P-CFE 24 100 A

VISTA PLANTA CIMENTACIÓN



Conductor cobre desnudo
 $S = 50 \text{ mm}^2$

Pica D = 14 mm



**VNIVERSIDAD
D SALAMANCA**

CAMPUS DE EXCELENCIA INTERNACIONAL

INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA FÁBRICA DE PELLETS EN EL POLÍGONO INDUSTRIAL DE BÉJAR (SALAMANCA)

Fecha: Febrero 2023

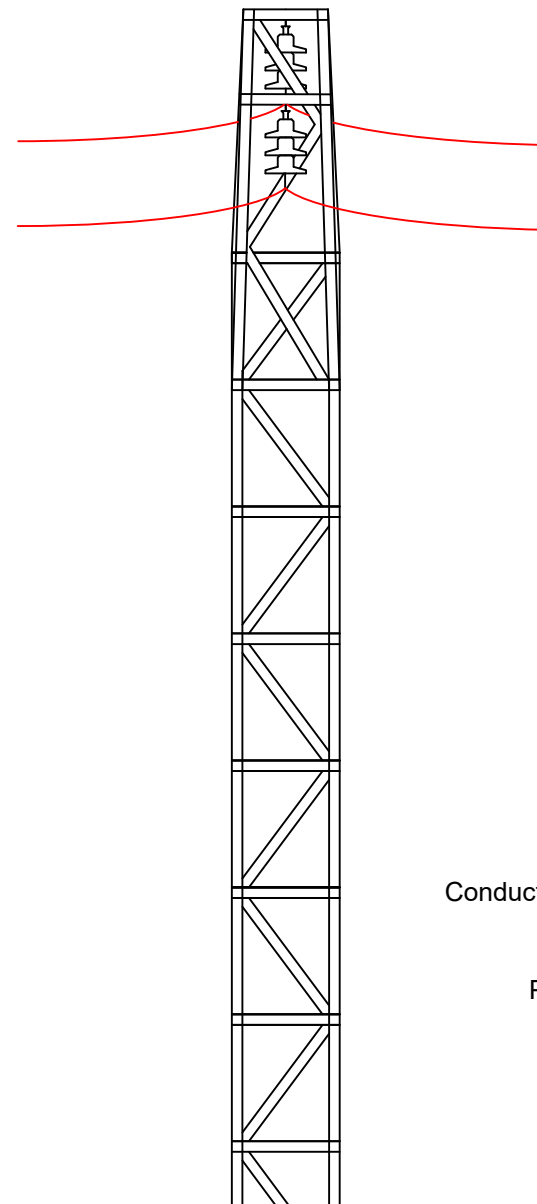
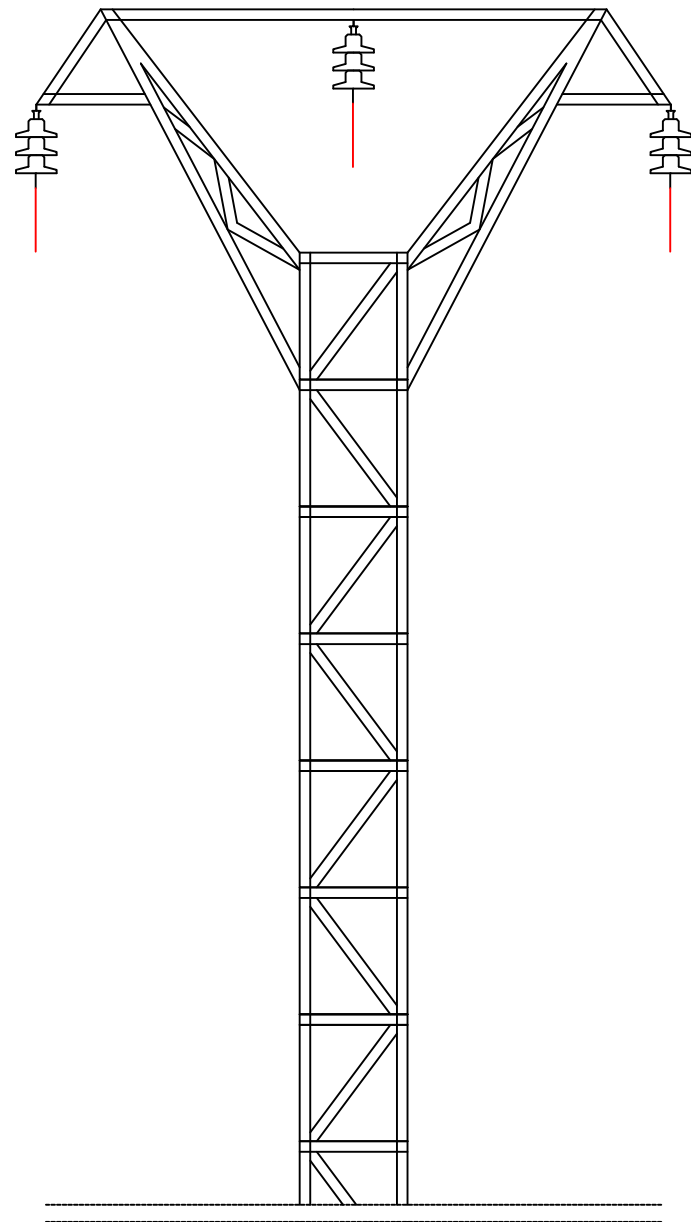
Ubicación: c/ Alcalde Ángel Izard 6, Béjar (Salamanca)

Plano: Apoyo nº1: Fin de línea C-3000-12-L2

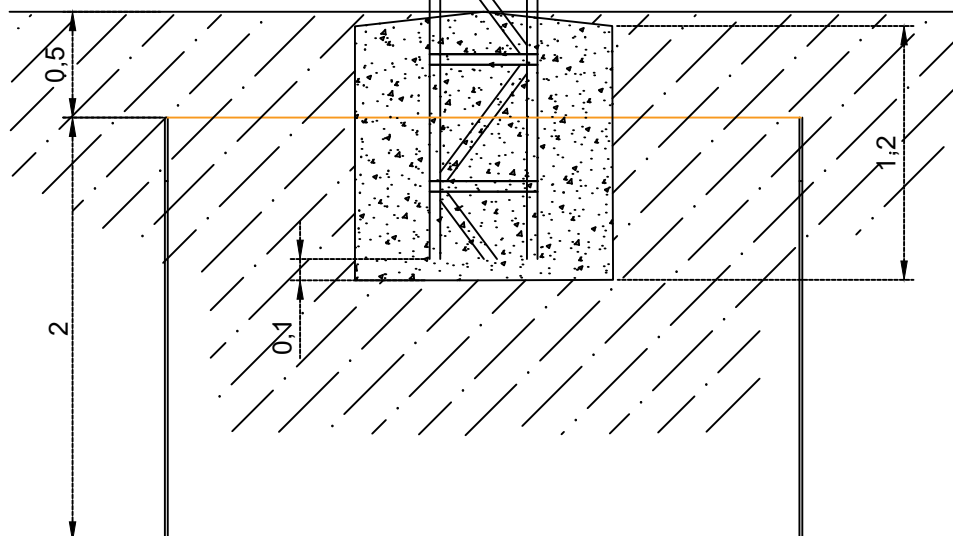
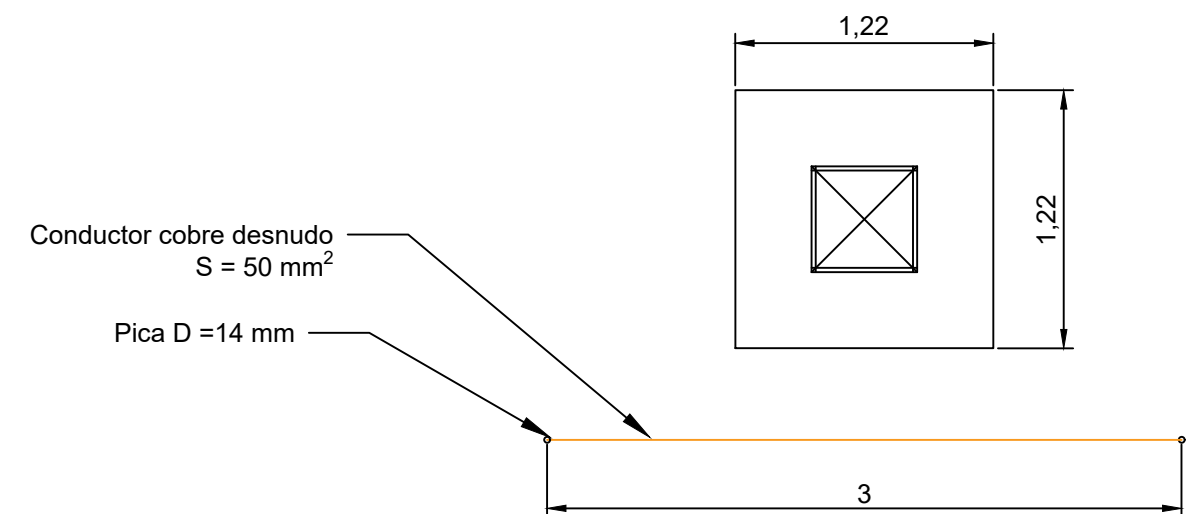
Escala: 1/35,74

**SERGIO MARTÍN
MAESTRE**

PLANO
06



VISTA PLANTA CIMENTACIÓN



**VNIVERSIDAD
D SALAMANCA**

CAMPUS DE EXCELENCIA INTERNACIONAL

INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA FÁBRICA DE PELLETS EN EL POLÍGONO INDUSTRIAL DE BÉJAR (SALAMANCA)

Fecha: Febrero 2023

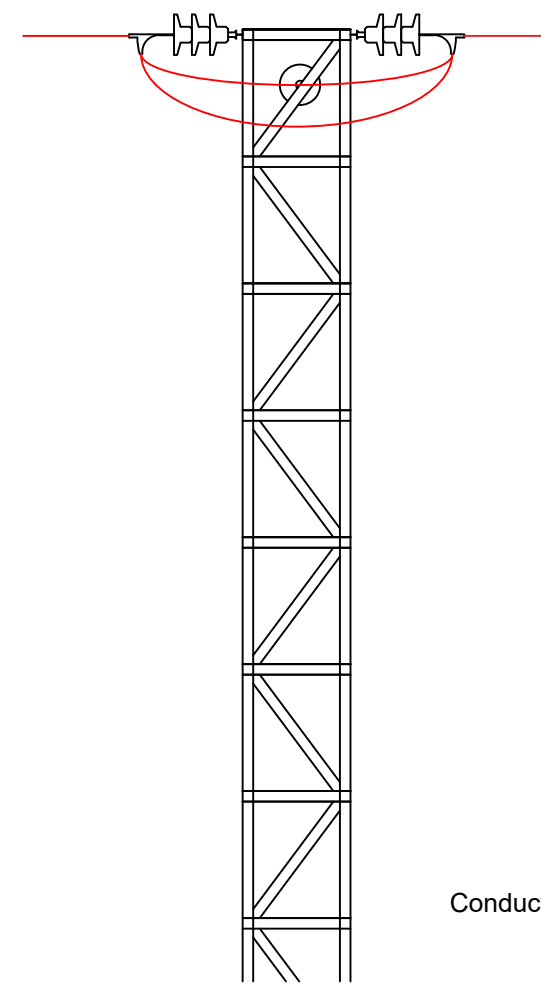
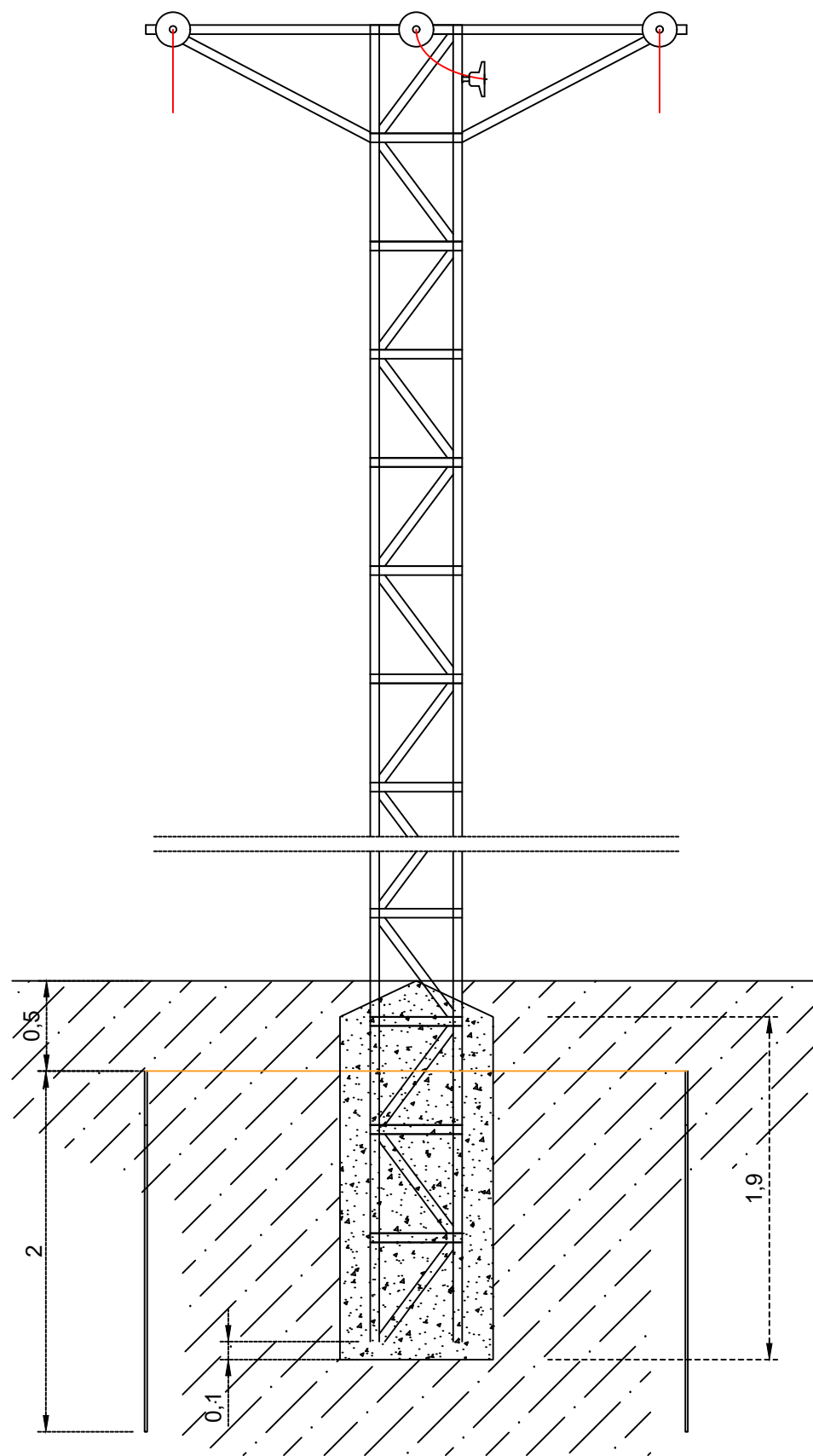
Ubicación: c/ Alcalde Ángel Izard 6, Béjar (Salamanca)

Plano: Apoyo nº2: Suspensión de alineación C-3000-12-B1

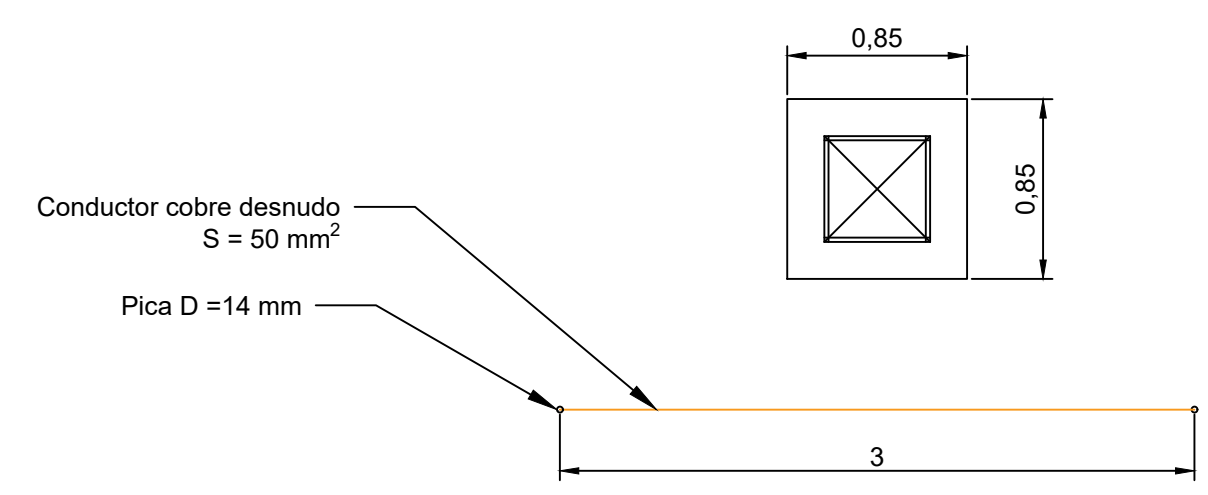
Escala: 1/35,74

**SERGIO MARTÍN
MAESTRE**

PLANO
07



VISTA PLANTA CIMENTACIÓN



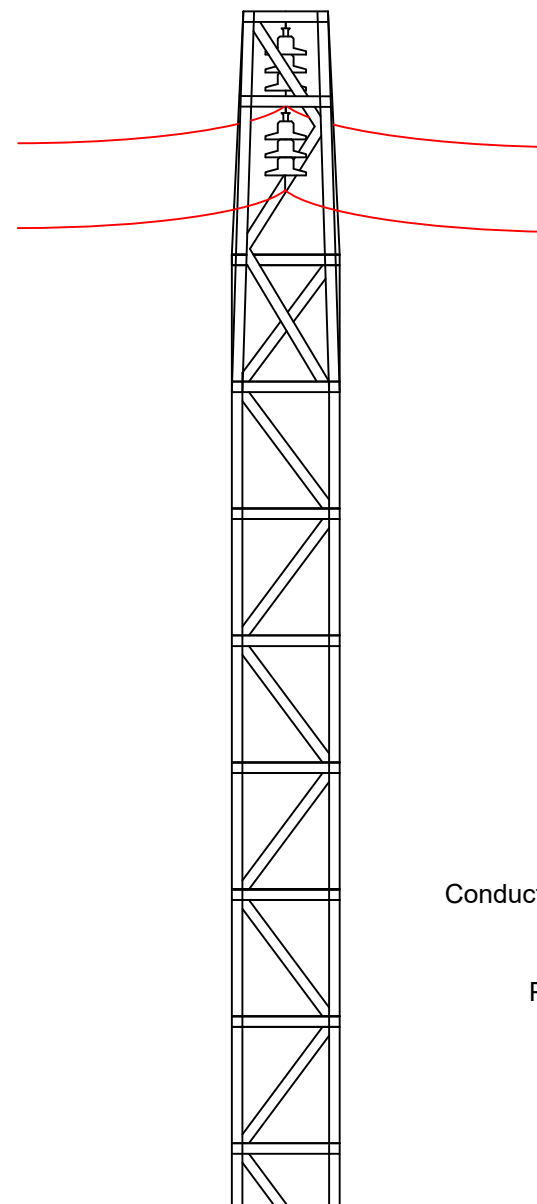
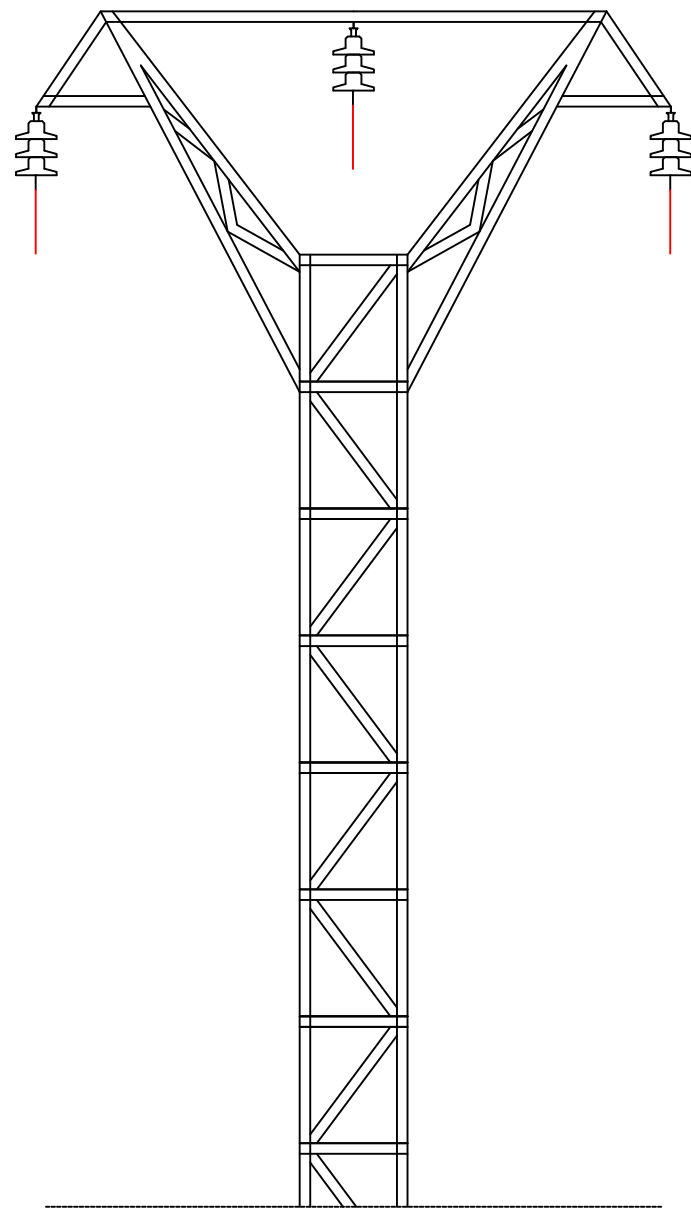
**VNIVERSIDAD
D SALAMANCA**
CAMPUS DE EXCELENCIA INTERNACIONAL

INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA FÁBRICA DE PELLETS EN EL POLÍGONO INDUSTRIAL DE BÉJAR (SALAMANCA)

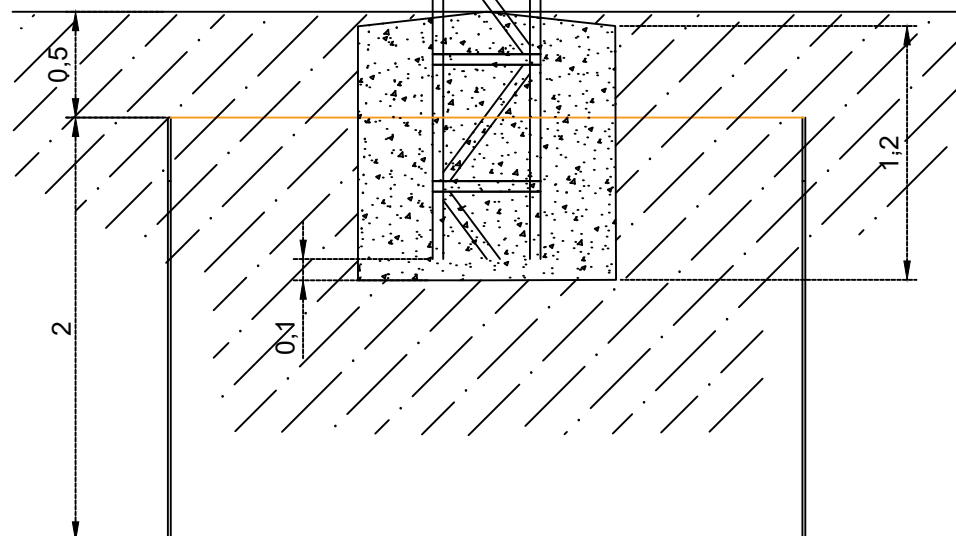
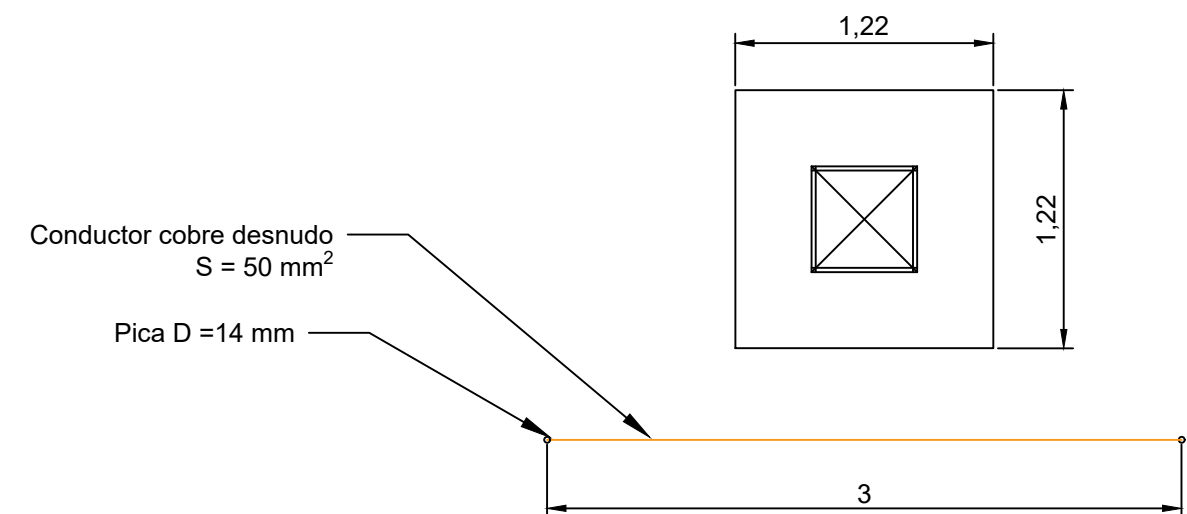
Fecha: Febrero 2023
Ubicación: c/ Alcalde Ángel Izard 6, Béjar (Salamanca)
Plano: Apoyo nº3: Anclaje de alineación C-3000-12-L2
Escala: 1/35,74

**SERGIO MARTÍN
MAESTRE**

PLANO
08



VISTA PLANTA CIMENTACIÓN



**VNIVERSIDAD
D SALAMANCA**

CAMPUS DE EXCELENCIA INTERNACIONAL

INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA FÁBRICA DE PELLETS EN EL POLÍGONO INDUSTRIAL DE BÉJAR (SALAMANCA)

Fecha: Febrero 2023

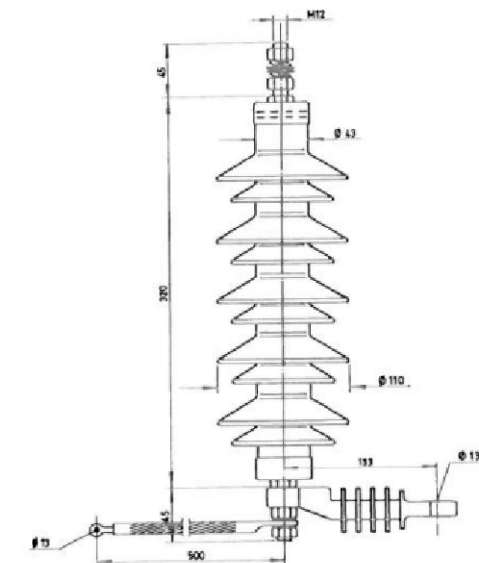
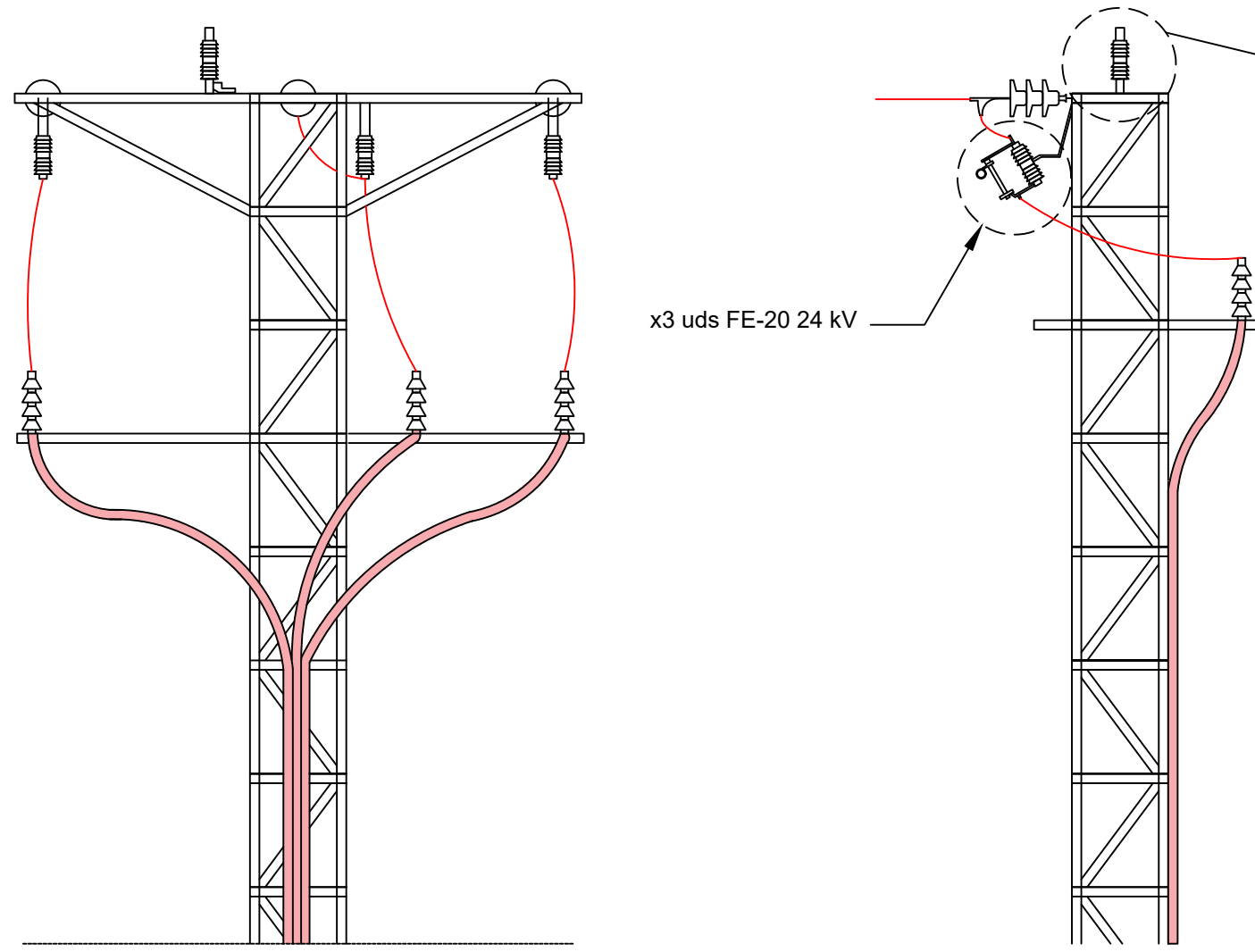
Ubicación: c/ Alcalde Ángel Izard 6, Béjar (Salamanca)

Plano: Apoyo nº4: Suspensión de alineación C-3000-12-B1

Escala: 1/35,74

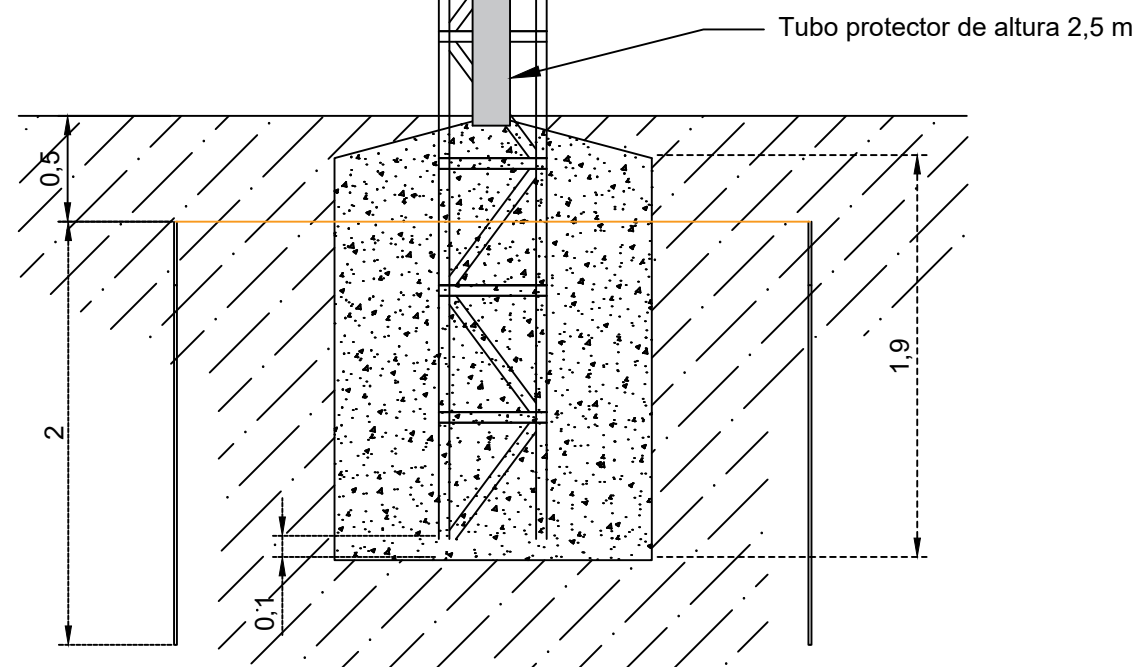
**SERGIO MARTÍN
MAESTRE**

PLANO
09



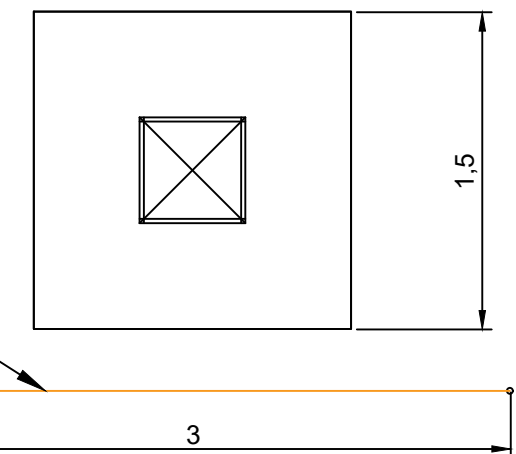
Pararrayos de óxido metálico sin explosor con envolvente polimérica modelo POM-P 21/10

VISTA PLANTA CIMENTACIÓN



Conductor cobre desnudo
 $S = 50 \text{ mm}^2$

Pica D = 14 mm



**VNIVERSIDAD
D SALAMANCA**

CAMPUS DE EXCELENCIA INTERNACIONAL

INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA FÁBRICA DE PELLETS EN EL POLÍGONO INDUSTRIAL DE BÉJAR (SALAMANCA)

Fecha: Febrero 2023

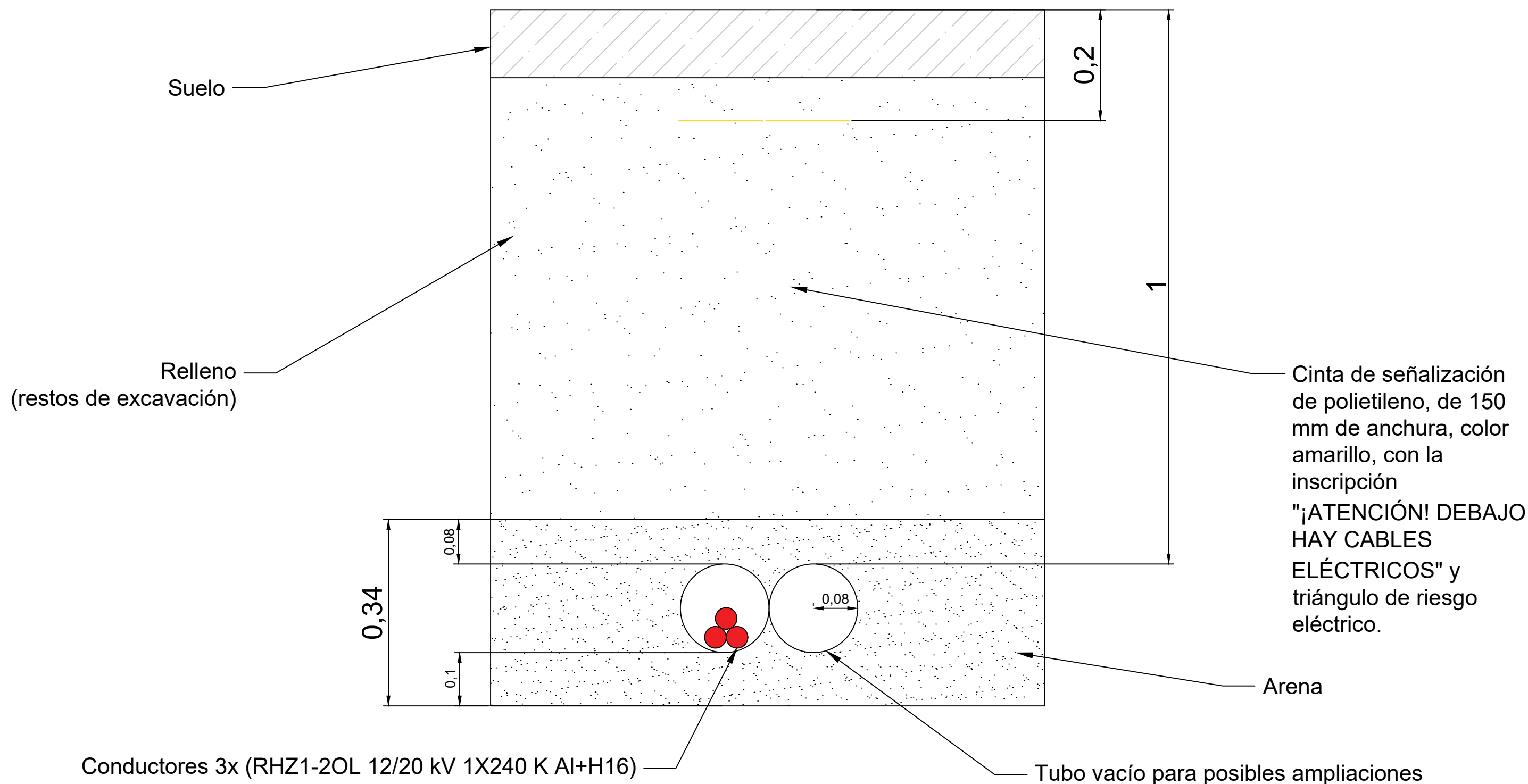
Ubicación: c/ Alcalde Ángel Izard 6, Béjar (Salamanca)

Plano: Apoyo nº5: Fin de línea C-3000-12-L2

Escala: 1/35,74

**SERGIO MARTÍN
MAESTRE**

PLANO
10



**VNIVERSIDAD
D SALAMANCA**

CAMPUS DE EXCELENCIA INTERNACIONAL

INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA FÁBRICA DE PELLETS EN EL POLÍGONO INDUSTRIAL DE BÉJAR (SALAMANCA)

Fecha: Febrero 2023

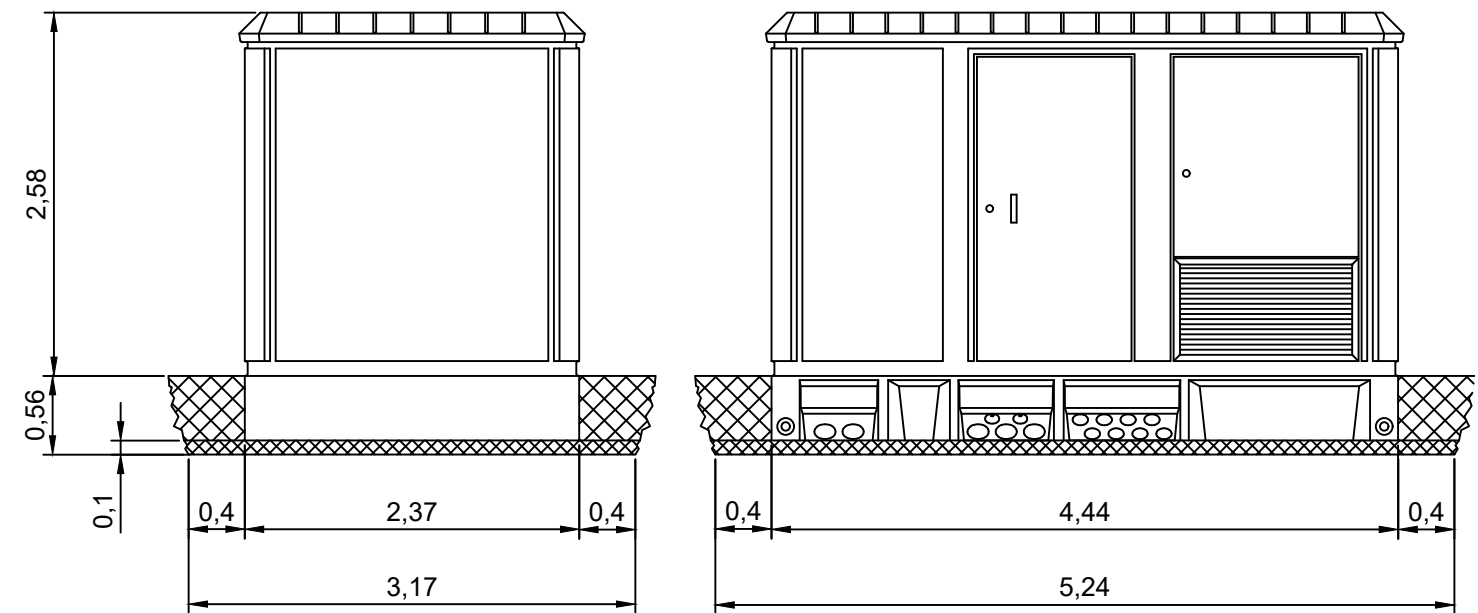
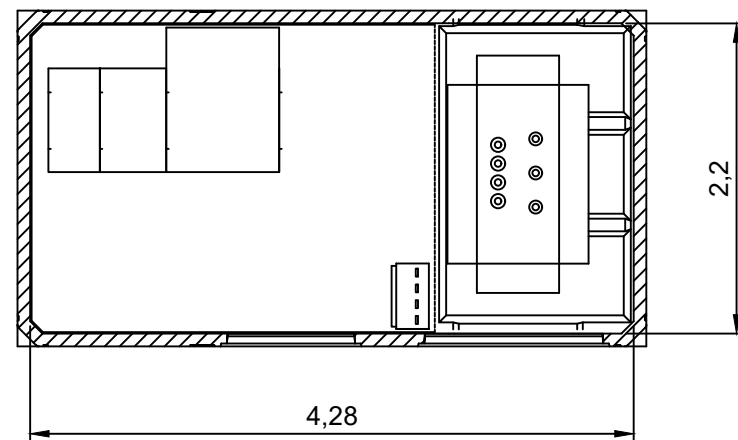
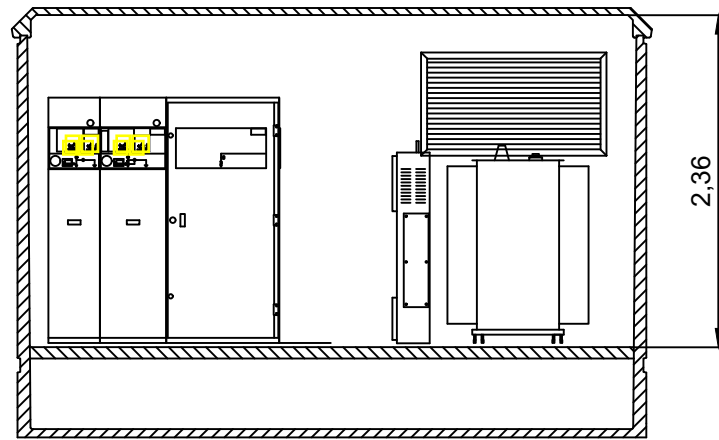
Ubicación: c/ Alcalde Ángel Izard 6, Béjar (Salamanca)

Plano: Línea subterránea

Escala: 1/7.2

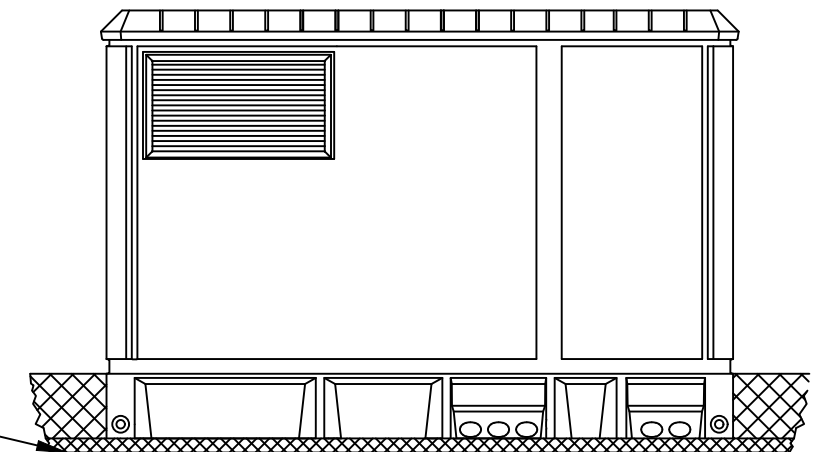
**SERGIO MARTÍN
MAESTRE**

PLANO
11



PROFUNDIDAD DE LA EXCAVACIÓN
5,26 m ancho x 3,18 m largo x 0,56 m profundidad

Arena de
nivelación



**VNIVERSIDAD
D SALAMANCA**

CAMPUS DE EXCELENCIA INTERNACIONAL

INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA FÁBRICA DE PELLETS EN EL POLÍGONO INDUSTRIAL DE BÉJAR (SALAMANCA)

Fecha: Febrero 2023

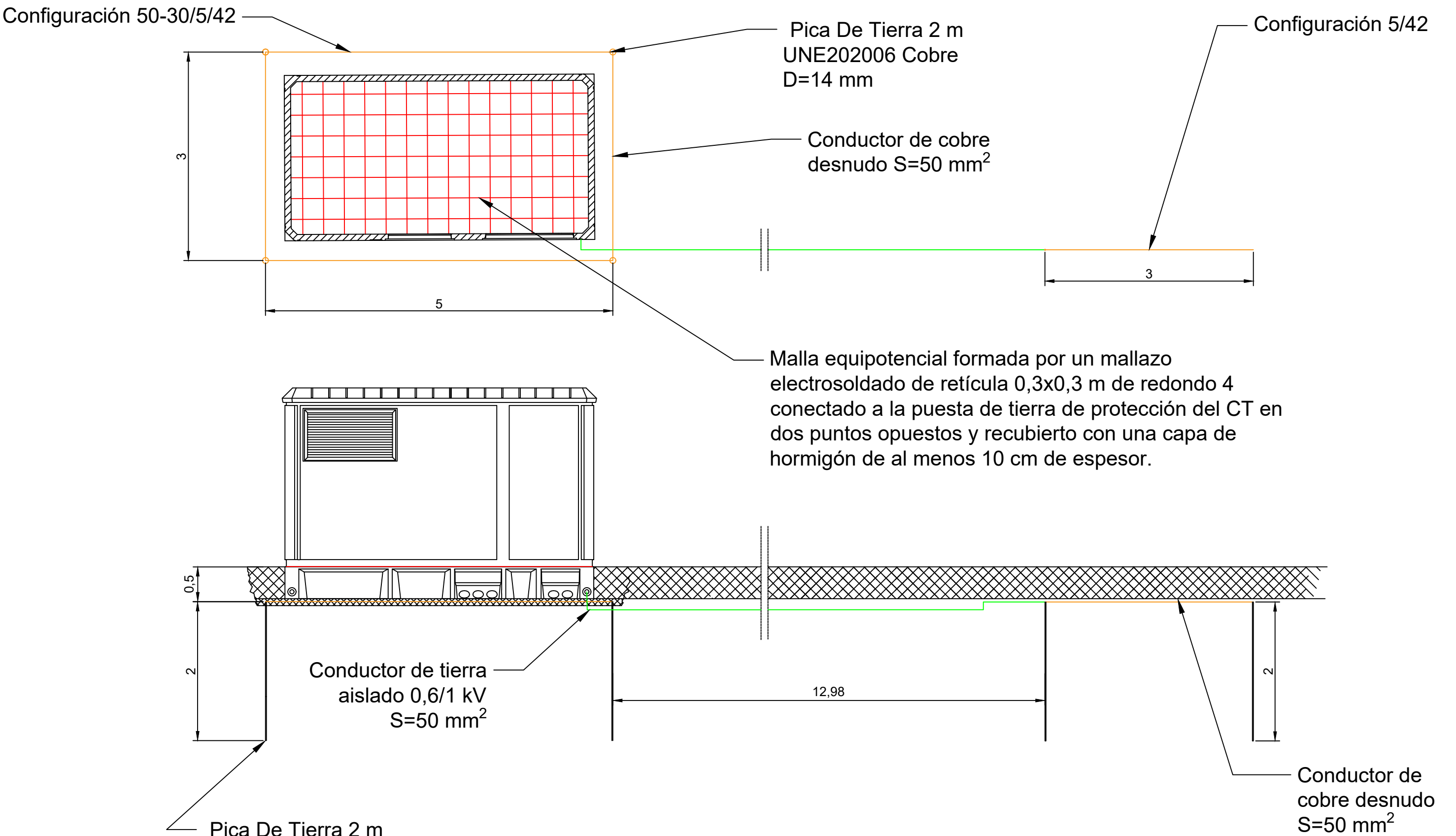
Ubicación: c/ Alcalde Ángel Izard 6, Béjar (Salamanca)

Plano: Centro de Transformación. Edificio

Escala: 1/53.705

**SERGIO MARTÍN
MAESTRE**

PLANO
12



Las configuraciones que se nombran corresponden a las recogidas en las recomendaciones UNESA de puesta a tierra de centros de transformación.



**VNIVERSIDAD
D SALAMANCA**

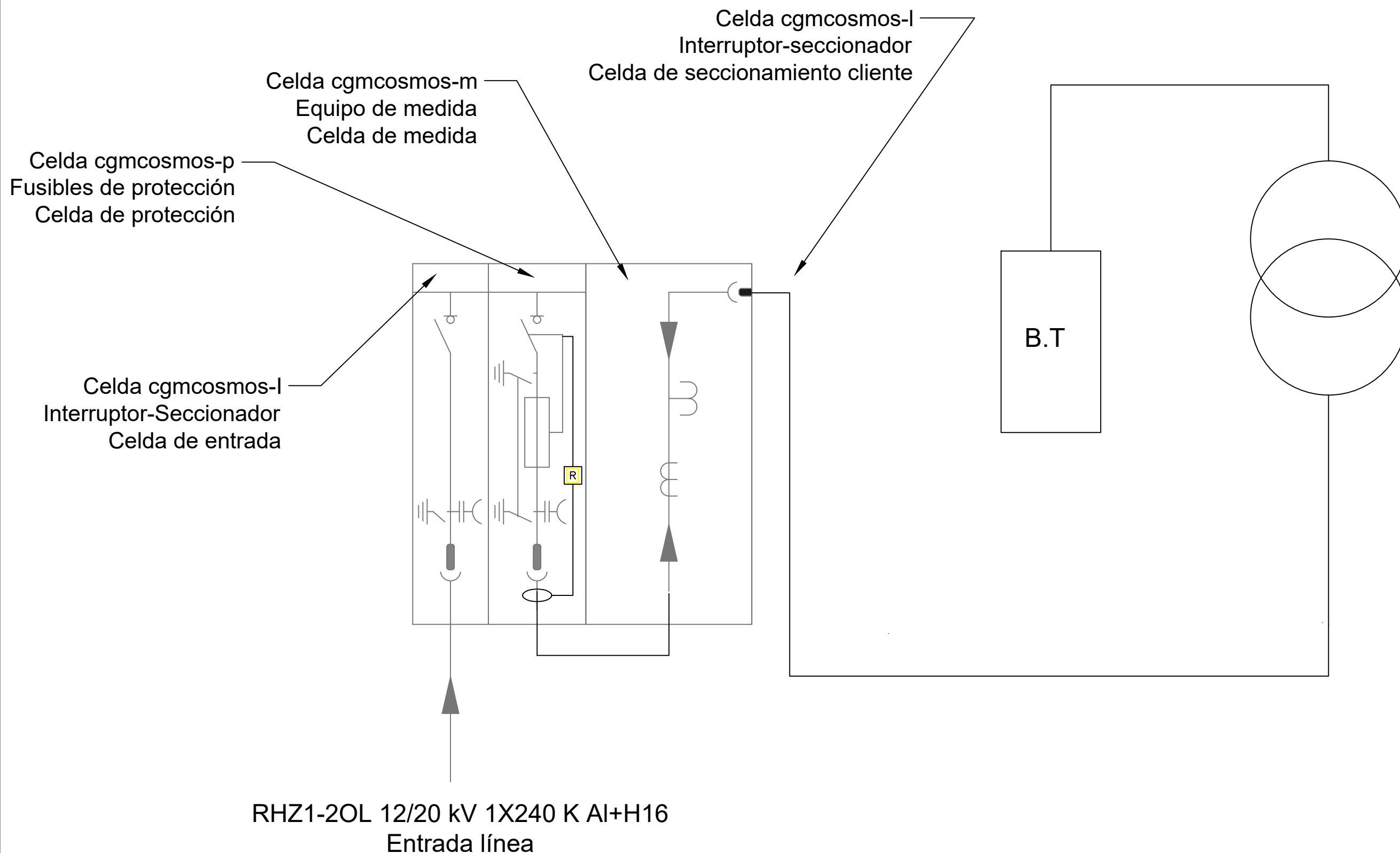
CAMPUS DE EXCELENCIA INTERNACIONAL

INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA FÁBRICA DE PELLETS EN EL POLÍGONO INDUSTRIAL DE BÉJAR (SALAMANCA)

Fecha: Febrero 2023
Ubicación: c/ Alcalde Ángel Izard 6, Béjar (Salamanca)
Plano: Centro de Transformación. Puesta a tierra
Escala: 1/53.705

**SERGIO MARTÍN
MAESTRE**

PLANO
13



**VNIVERSIDAD
D SALAMANCA**

CAMPUS DE EXCELENCIA INTERNACIONAL

**INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA FÁBRICA DE PELLETS EN EL POLÍGONO
INDUSTRIAL DE BÉJAR (SALAMANCA)**

Fecha: Febrero 2023

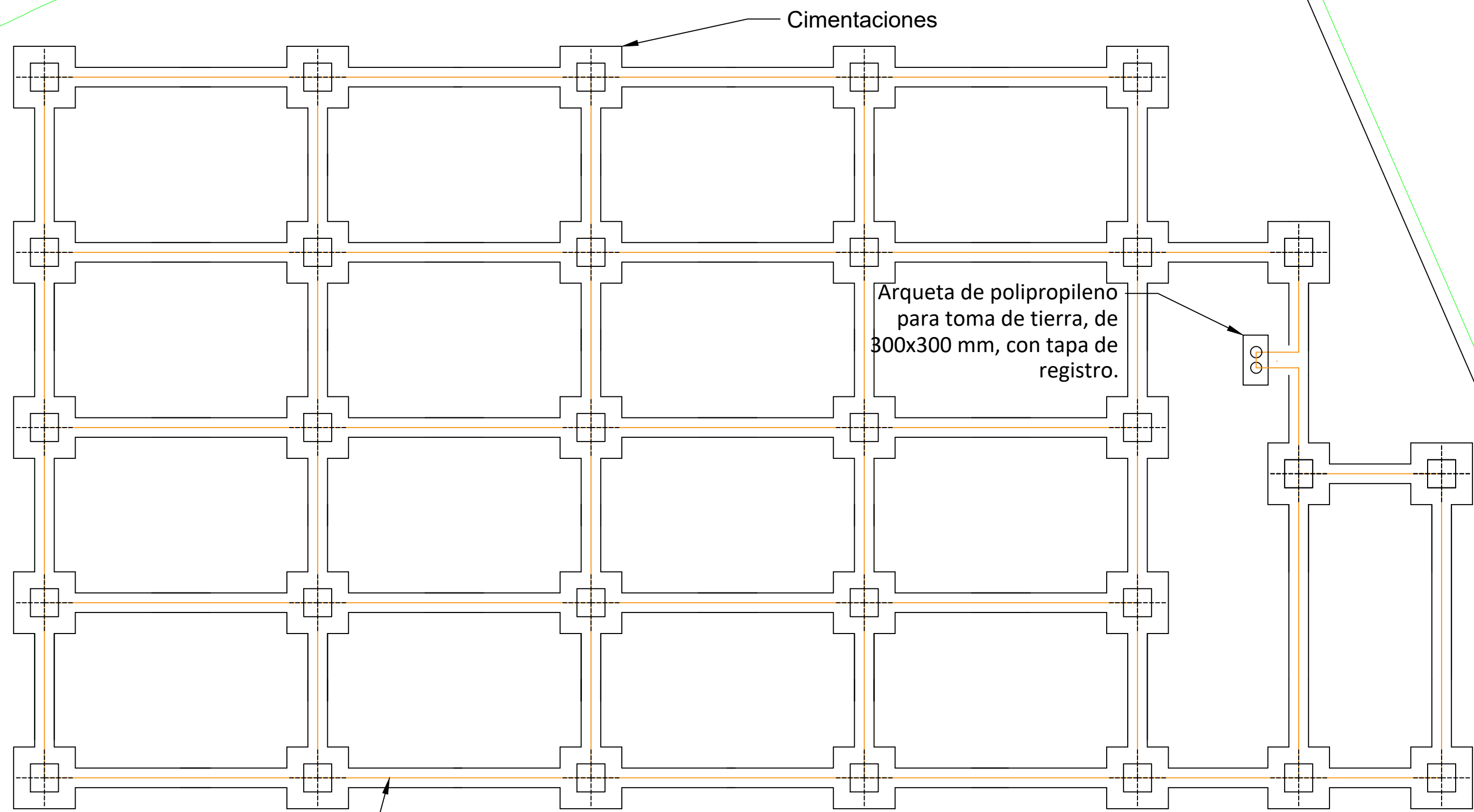
Ubicación: c/ Alcalde Ángel Izard 6, Béjar (Salamanca)

Plano: Centro de Transformación. Esquema Unifilar

Escala:

**SERGIO MARTÍN
MAESTRE**

PLANO
14



Cimentaciones

Arqueta de polipropileno para toma de tierra, de 300x300 mm, con tapa de registro.

Conductor de cobre desnudo, de 35 mm². Construcción y resistencia eléctrica según clase 2 de la norma UNE 21022
Profundidad de enterramiento 0,8 m

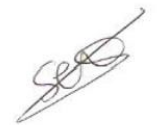


**VNIVERSIDAD
D SALAMANCA**

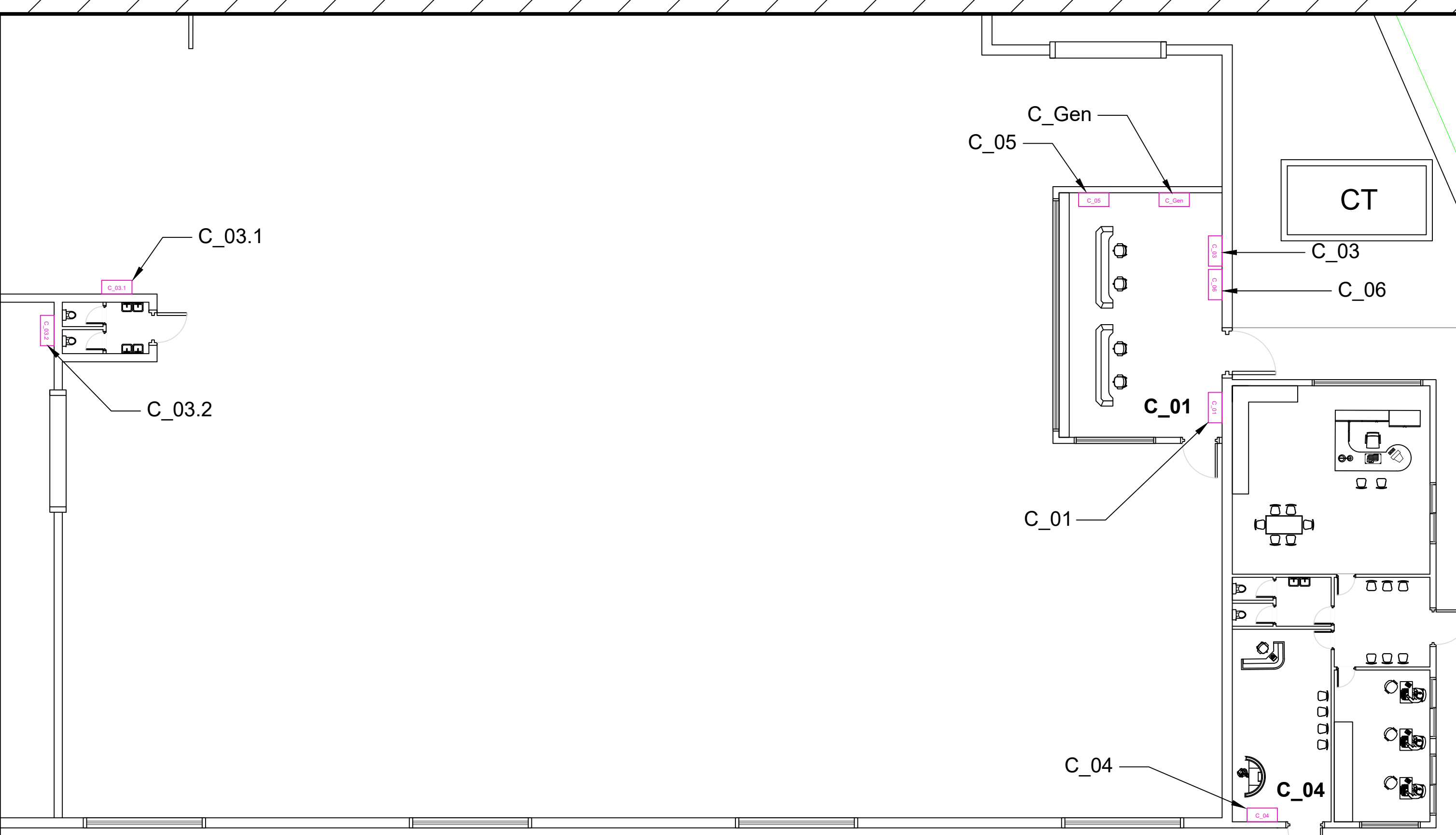
CAMPUS DE EXCELENCIA INTERNACIONAL

INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA FÁBRICA DE PELLETS EN EL POLÍGONO INDUSTRIAL DE BÉJAR (SALAMANCA)

Fecha: Febrero 2023
Ubicación: c/ Alcalde Ángel Izard 6, Béjar (Salamanca)
Plano: Puesta a tierra
Escala: 1/282.17

**SERGIO MARTÍN
MAESTRE**


PLANO
15



**VNIVERSIDAD
D SALAMANCA**

CAMPUS DE EXCELENCIA INTERNACIONAL

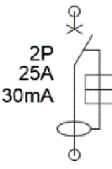
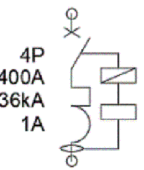
INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA FÁBRICA DE PELLETS EN EL POLÍGONO INDUSTRIAL DE BÉJAR (SALAMANCA)

Fecha: Febrero 2023
Ubicación: c/ Alcalde Ángel Izard 6, Béjar (Salamanca)
Plano: Distribución de cuadros
Escala:

**SERGIO MARTÍN
MAESTRE**

PLANO
17

LEYENDA DE ESQUEMAS UNIFILARES

 Nombre línea RZ1-K(AS) 0.6/1kV 4x(1x70) mm2		Línea alimentación cuadro
Nº de polos Intensidad nominal Poder de corte Cuva de disparo	 4P 630A 36kA C	Interruptor automático magnetotérmico con poder de corte/cierre en cortocircuito
Nº de polos Intensidad nominal Sensibilidad	 2P 25A 30mA	Interruptor automático diferencial con poder de apertura/cierre en carga.
Nºde polos Intensidad nominal Poder de corte Sensibilidad	 4P 400A 36kA 1A	Interruptor automático magnetotérmico con bloque diferencial asociado
 RZ1-K(AS) 4x(1x10) + 10 mm2 Nombre circuito Nº circuito Fases		Circuito
		Puesta a tierra



VNIVERSIDAD
D SALAMANCA

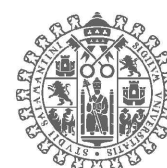
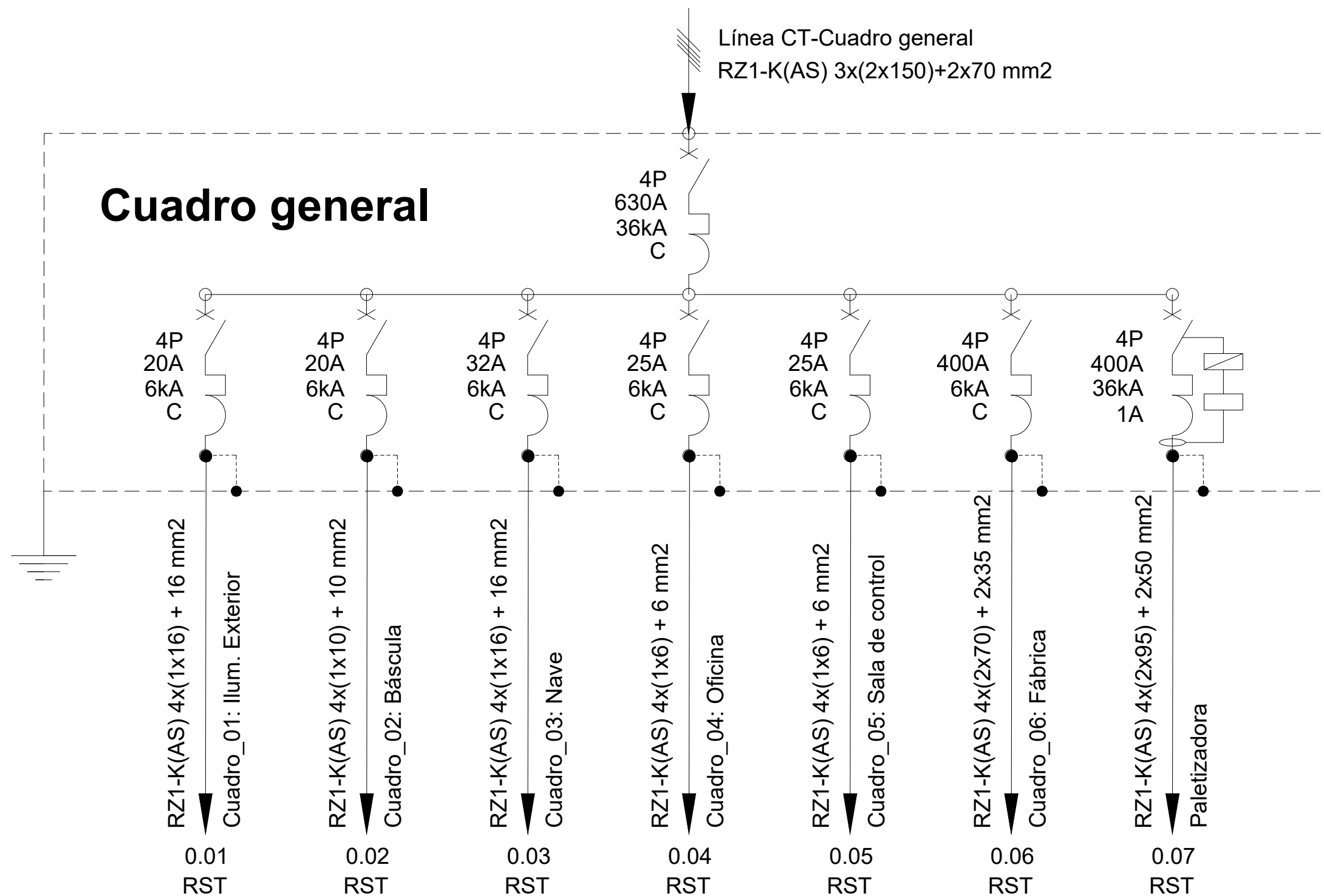
CAMPUS DE EXCELENCIA INTERNACIONAL

INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA FÁBRICA DE PELLETS EN EL POLÍGONO INDUSTRIAL DE BÉJAR (SALAMANCA)

Fecha: Febrero 2023
Ubicación: c/ Alcalde Ángel Izard 6, Béjar (Salamanca)
Plano: Leyenda esquemas unifilares
Escala:

SERGIO MARTÍN
MAESTRE

PLANO
18



**VNIVERSIDAD
D SALAMANCA**

CAMPUS DE EXCELENCIA INTERNACIONAL

INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA FÁBRICA DE PELLETS EN EL POLÍGONO INDUSTRIAL DE BÉJAR (SALAMANCA)

Fecha: Febrero 2023

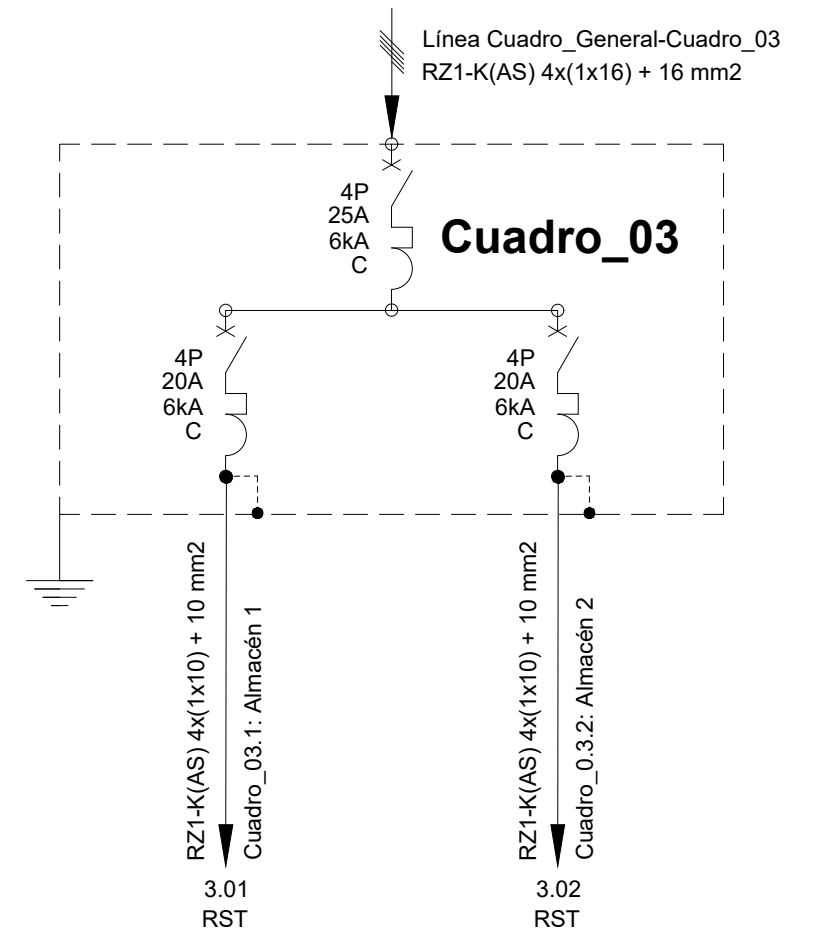
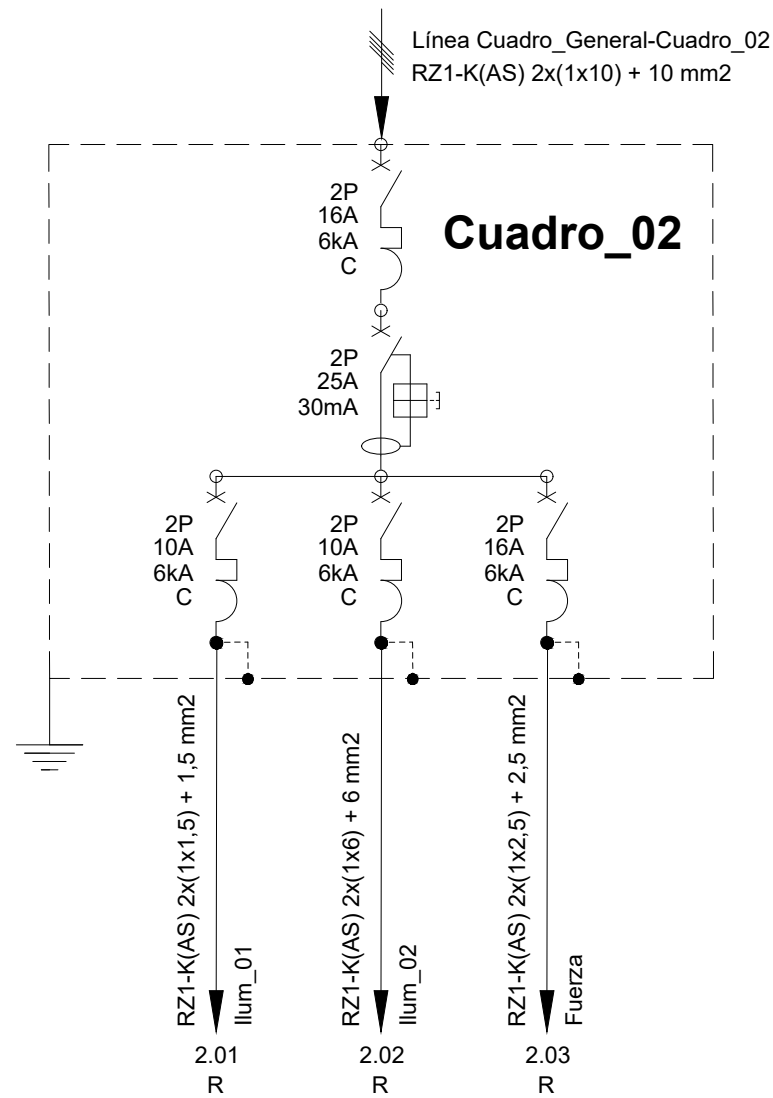
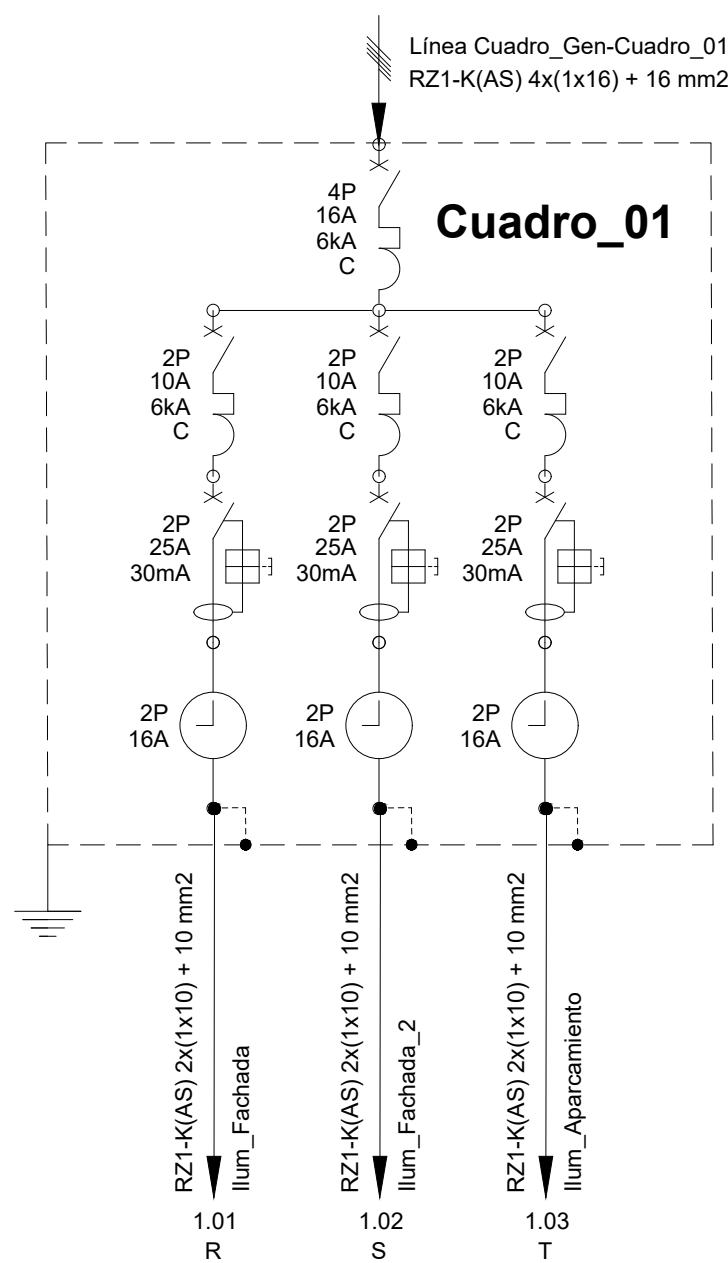
Ubicación: c/ Alcalde Ángel Izard 6, Béjar (Salamanca)

Plano: Unifilares I

Escala:

**SERGIO MARTÍN
MAESTRE**

PLANO
19



**VNIVERSIDAD
D SALAMANCA**

CAMPUS DE EXCELENCIA INTERNACIONAL

INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA FÁBRICA DE PELLETS EN EL POLÍGONO INDUSTRIAL DE BÉJAR (SALAMANCA)

Fecha: Febrero 2023

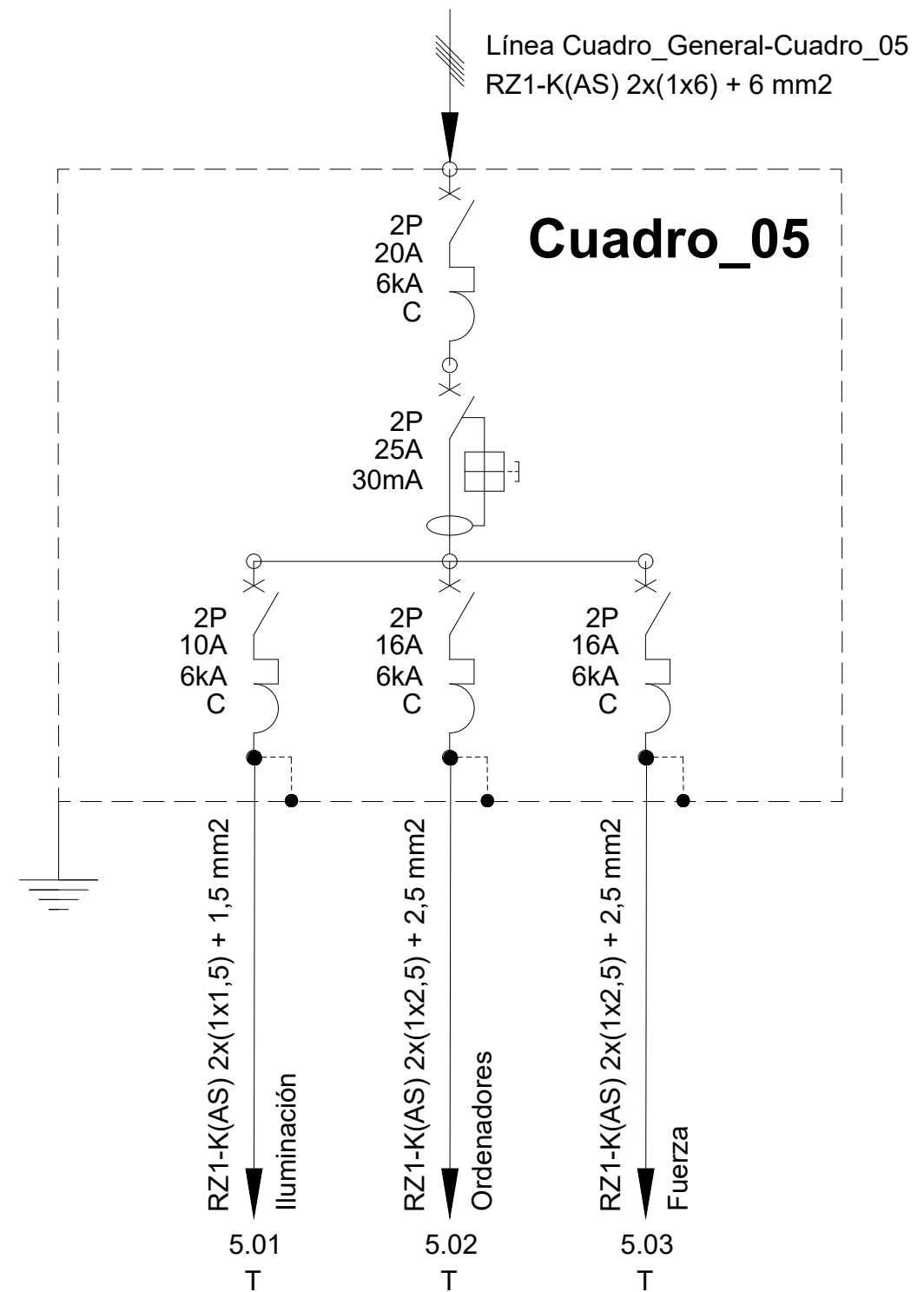
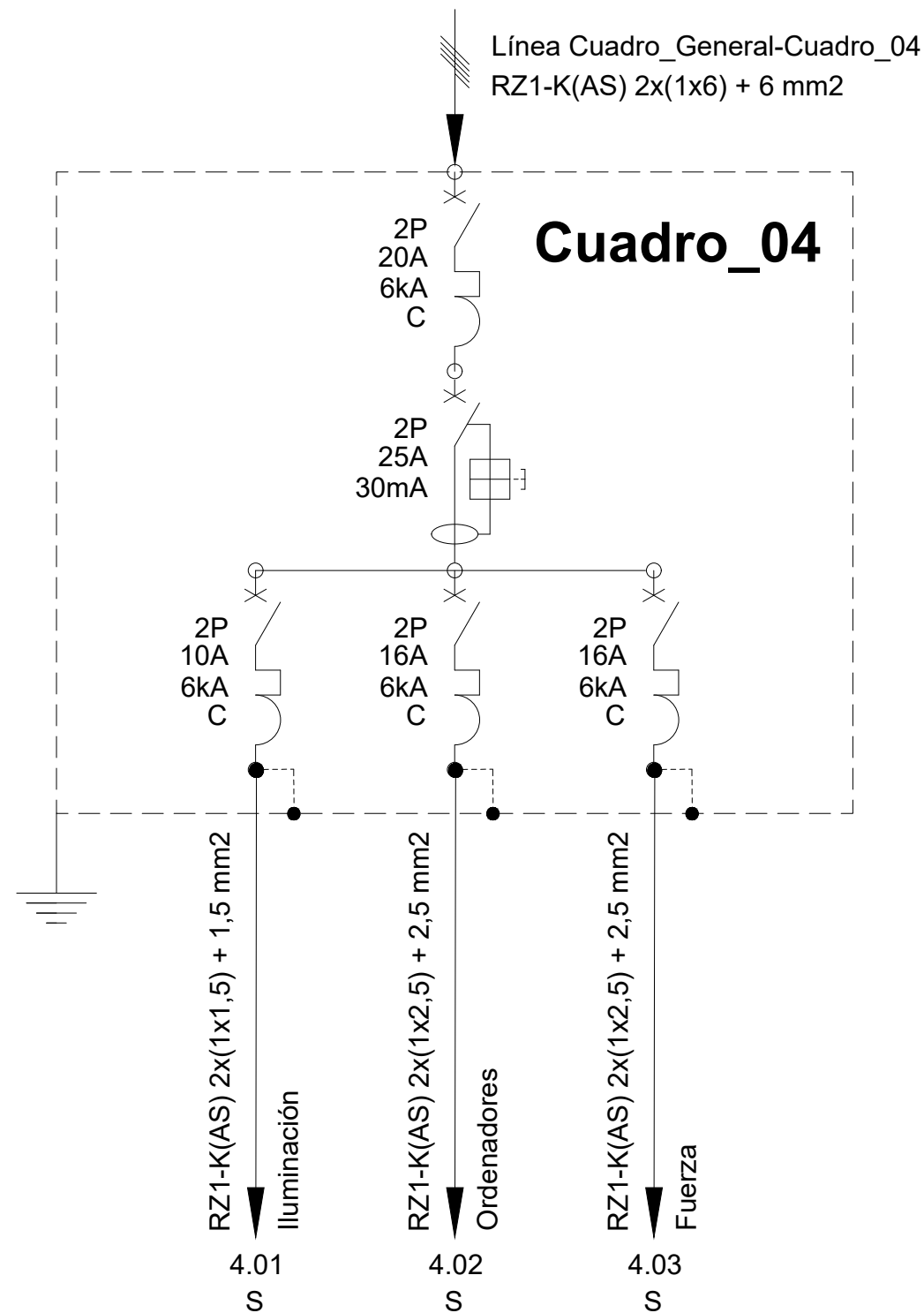
Ubicación: c/ Alcalde Ángel Izard 6, Béjar (Salamanca)

Plano: Unifilares II

Escala:

**SERGIO MARTÍN
MAESTRE**

**PLANO
20**



**VNIVERSIDAD
D SALAMANCA**

CAMPUS DE EXCELENCIA INTERNACIONAL

**INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA FÁBRICA DE PELLETS EN EL POLÍGONO
INDUSTRIAL DE BÉJAR (SALAMANCA)**

Fecha: Febrero 2023

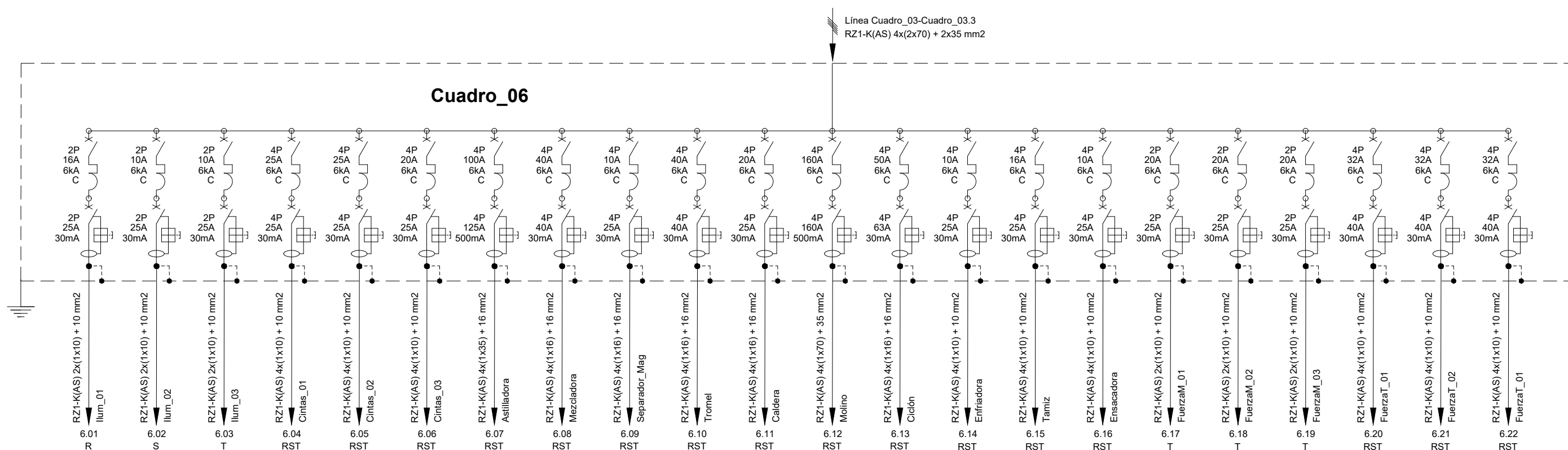
Ubicación: c/ Alcalde Ángel Izard 6, Béjar (Salamanca)

Plano: Unifilares III

Escala:

**SERGIO MARTÍN
MAESTRE**

PLANO
21



*En este cuadro no se dispone de interruptor general debido a que se encuentra físicamente en la misma sala que el C_Gen y sería muy costoso garantizar una selectividad. No merece la pena poner dos dispositivos de corte de calibre tan elevado, por lo que se opta por no poner interruptor general en este cuadro.



VNIVERSIDAD
D SALAMANCA

CAMPUS DE EXCELENCIA INTERNACIONAL

INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA FÁBRICA DE PELLETS EN EL POLÍGONO INDUSTRIAL DE BÉJAR (SALAMANCA)

Fecha: Febrero 2023

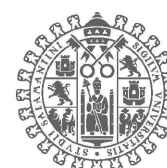
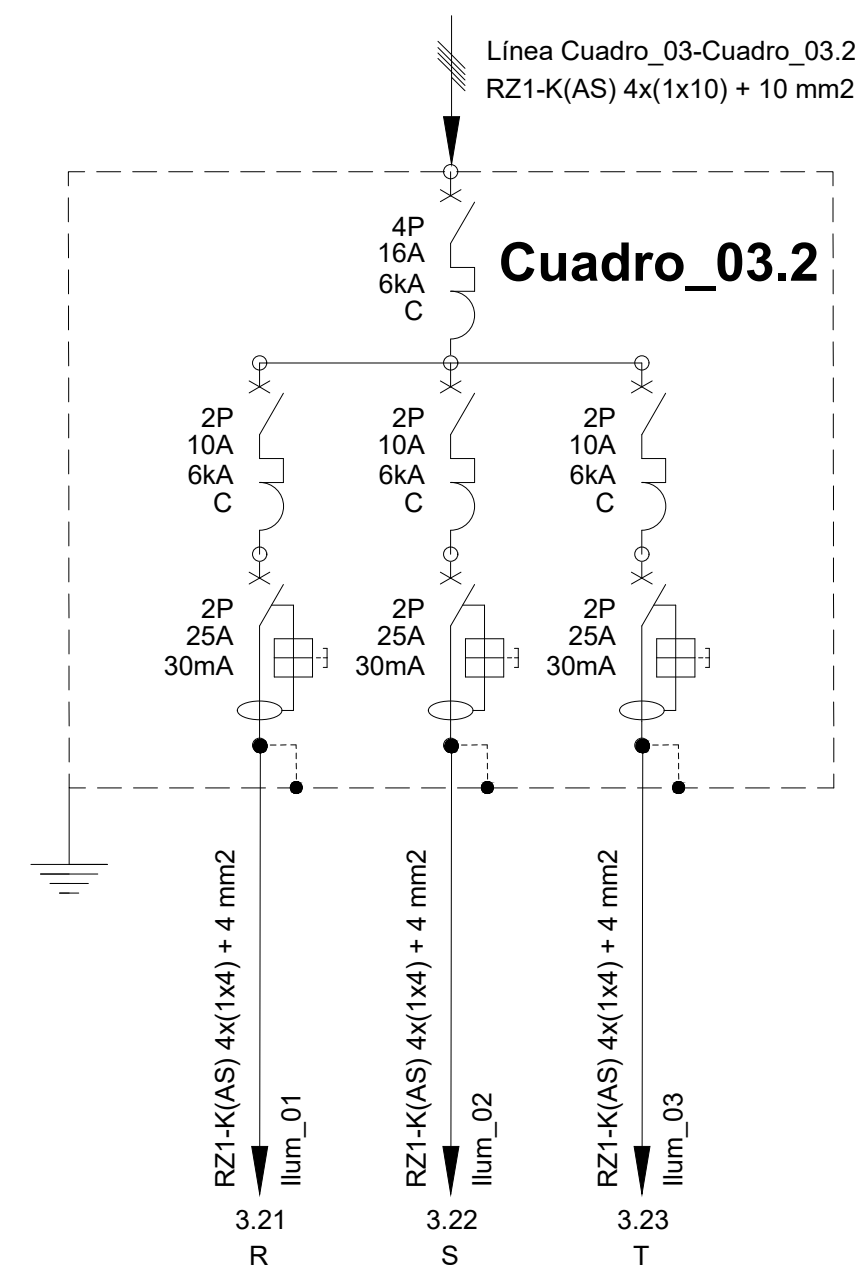
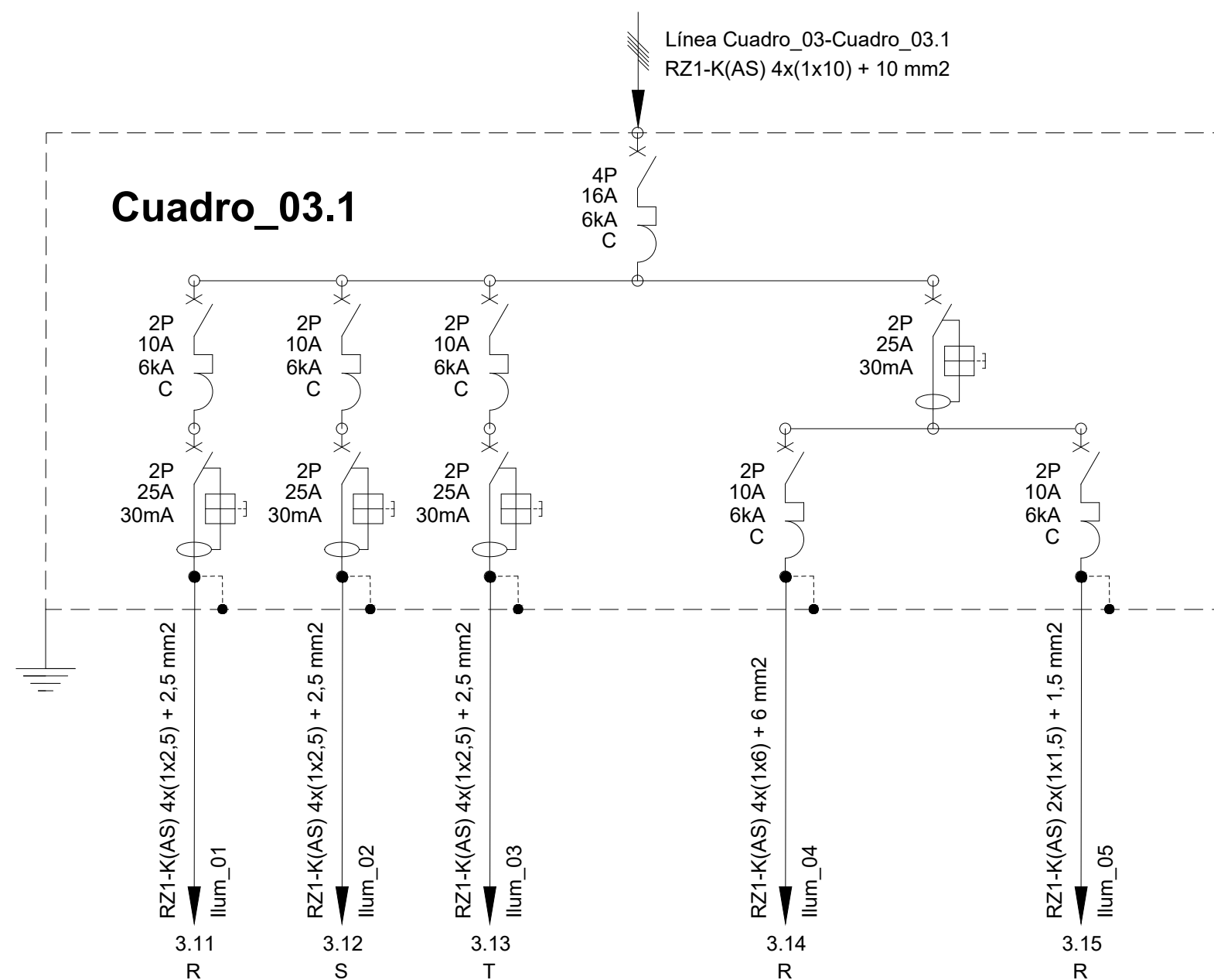
Ubicación: c/ Alcalde Ángel Izard 6, Béjar (Salamanca)

Plano: Unifilares IV

Escala:

SERGIO MARTÍN
MAESTRE

PLANO
22



**VNIVERSIDAD
D SALAMANCA**

CAMPUS DE EXCELENCIA INTERNACIONAL

INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA FÁBRICA DE PELLETS EN EL POLÍGONO INDUSTRIAL DE BÉJAR (SALAMANCA)

Fecha: Febrero 2023

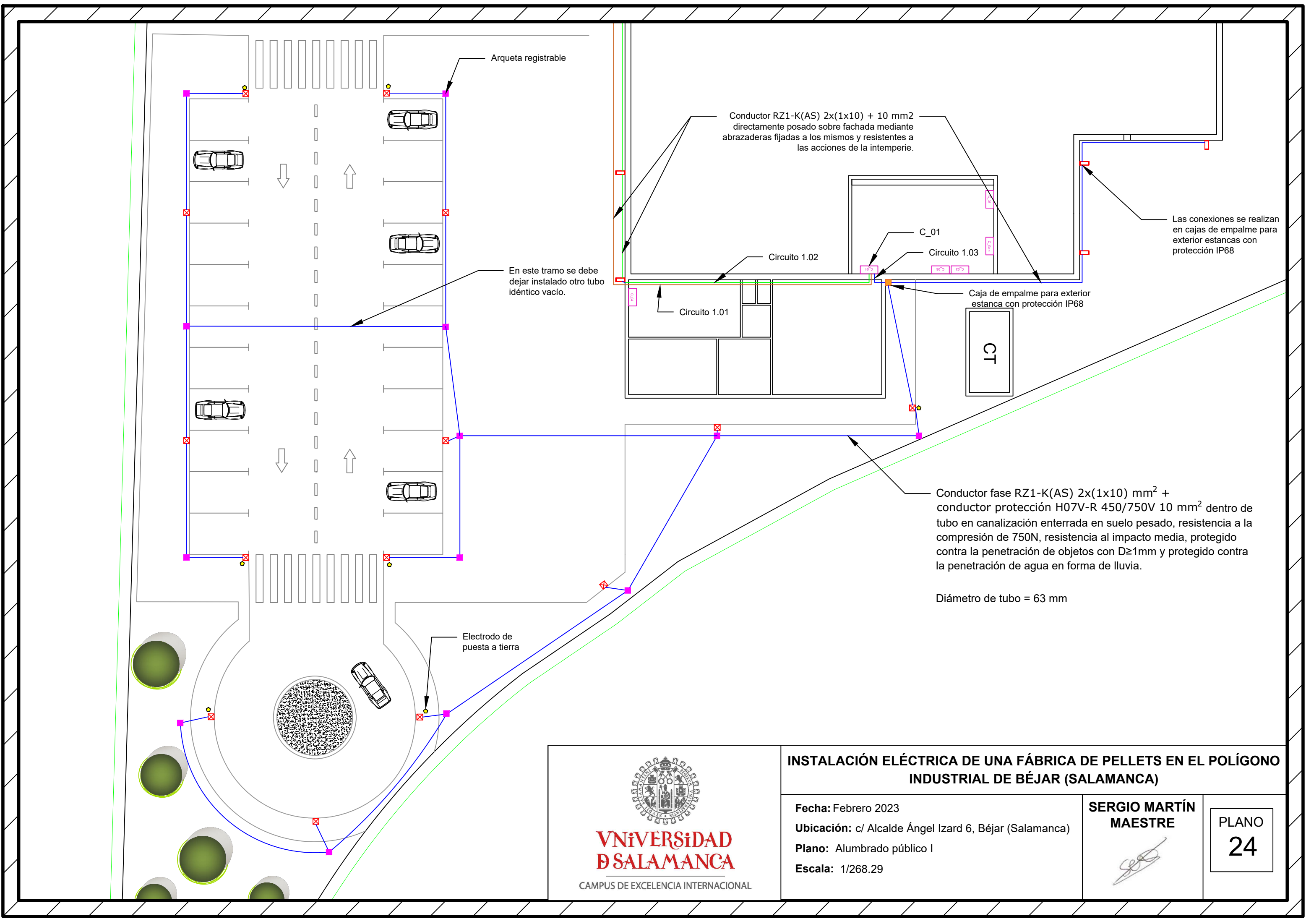
Ubicación: c/ Alcalde Ángel Izard 6, Béjar (Salamanca)

Plano: Unifilares V

Escala:

**SERGIO MARTÍN
MAESTRE**

PLANO
23



Arqueta registrable

En este tramo se debe
dejar instalado otro tubo
idéntico vacío.

Conductor RZ1-K(AS) 2x(1x10) + 10 mm²
directamente posado sobre fachada mediante
abrazaderas fijadas a los mismos y resistentes a
las acciones de la intemperie.

Circuito 1.02

Circuito 1.01

C_01

Circuito 1.03

Caja de empalme para exterior
estanca con protección IP68

CT

Las conexiones se realizan
en cajas de empalme para
exterior estancas con
protección IP68

Conductor fase RZ1-K(AS) 2x(1x10) mm² +
conductor protección H07V-R 450/750V 10 mm² dentro de
tubo en canalización enterrada en suelo pesado, resistencia a la
compresión de 750N, resistencia al impacto media, protegido
contra la penetración de objetos con D≥1mm y protegido contra
la penetración de agua en forma de lluvia.

Diámetro de tubo = 63 mm

Electrodo de
puesta a tierra



**VNIVERSIDAD
D SALAMANCA**

CAMPUS DE EXCELENCIA INTERNACIONAL

INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA FÁBRICA DE PELLETS EN EL POLÍGONO INDUSTRIAL DE BÉJAR (SALAMANCA)

Fecha: Febrero 2023

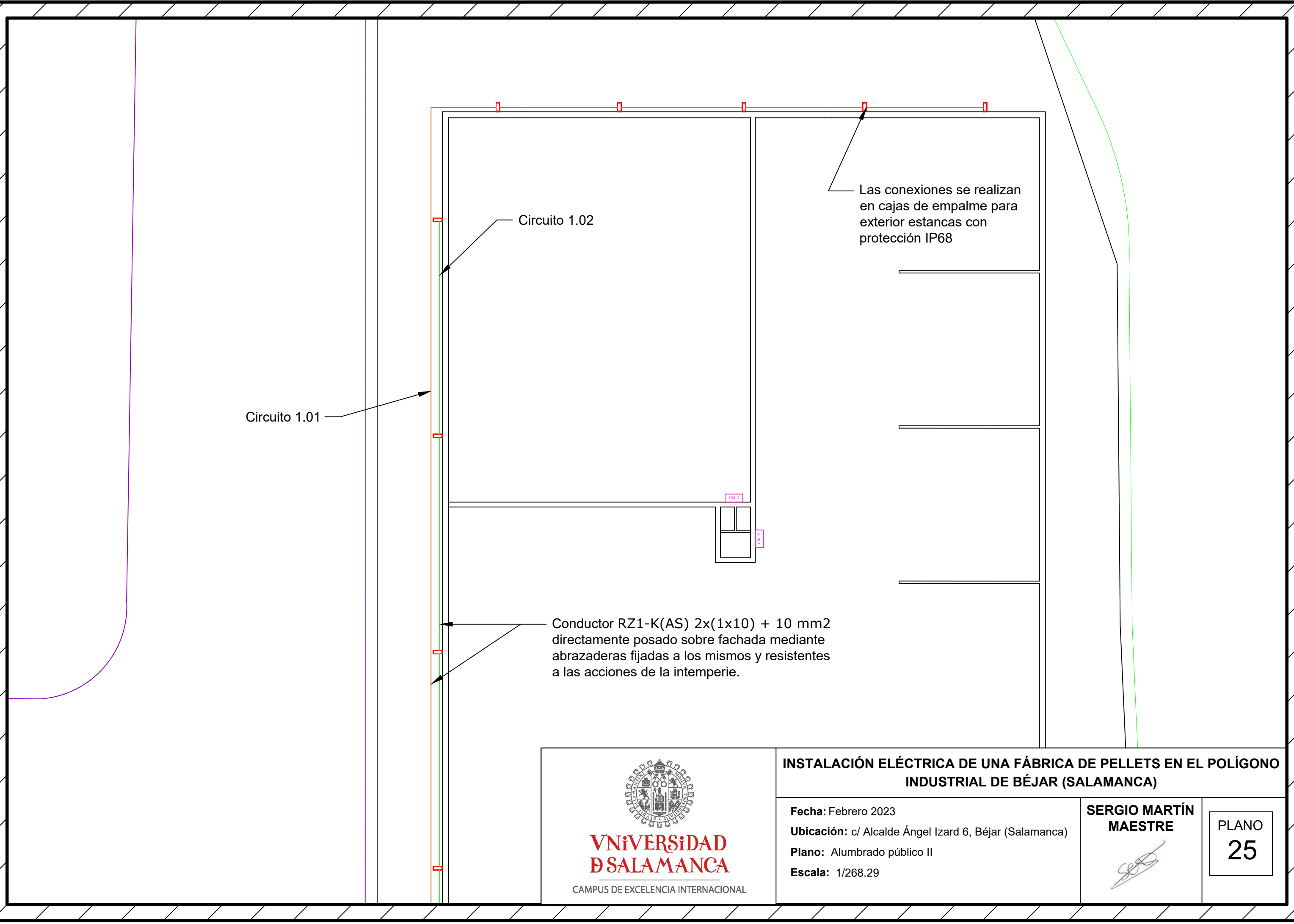
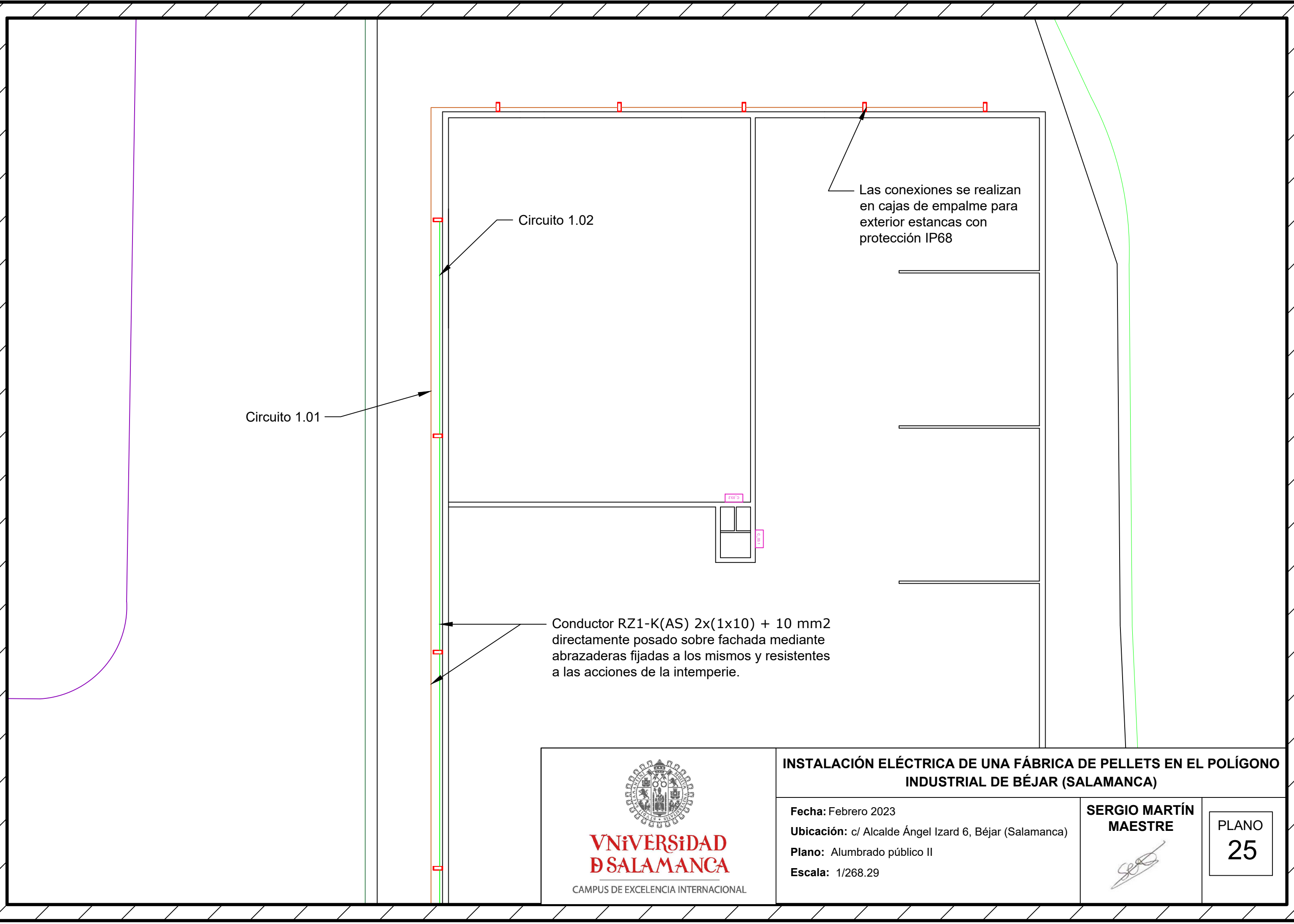
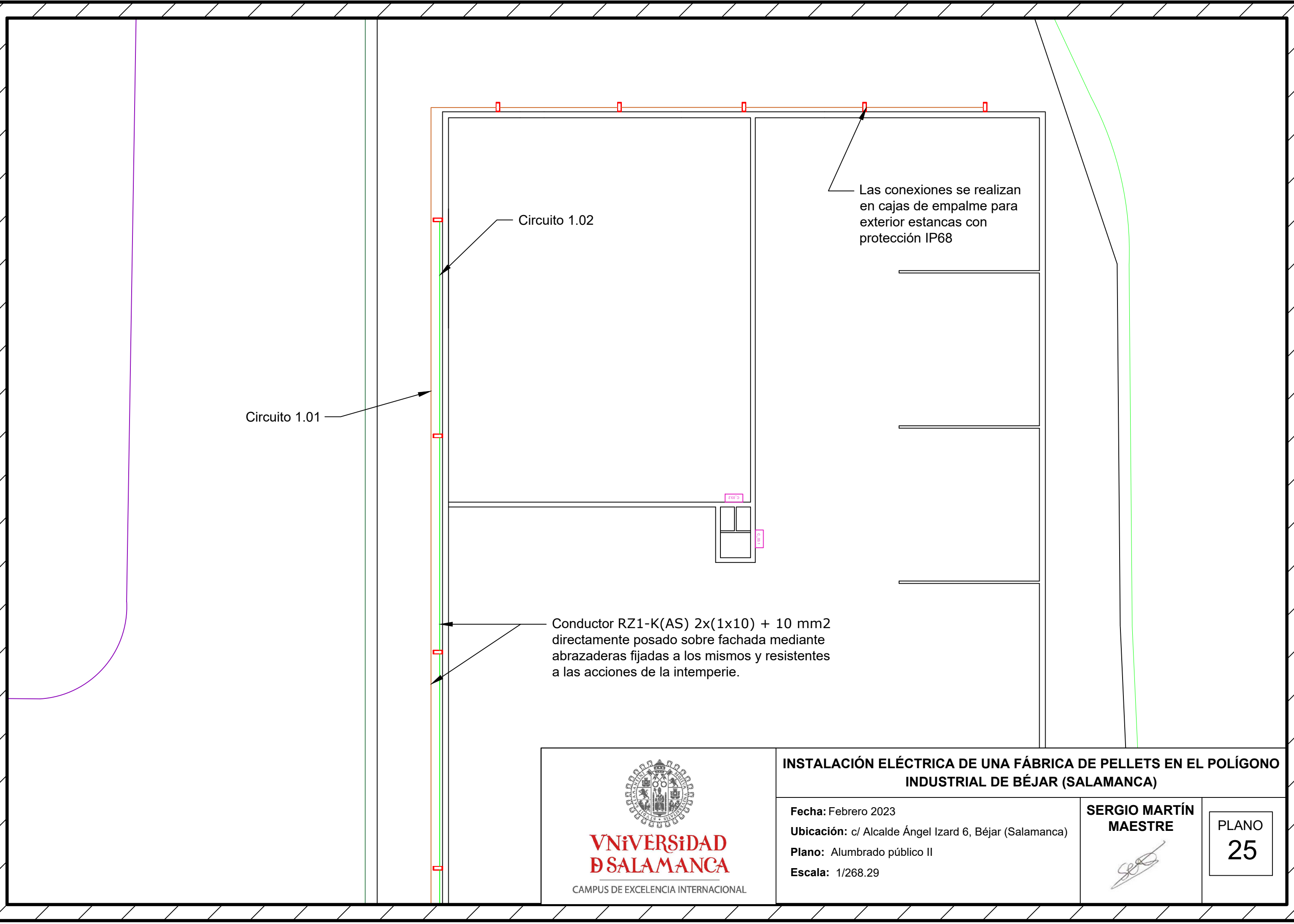
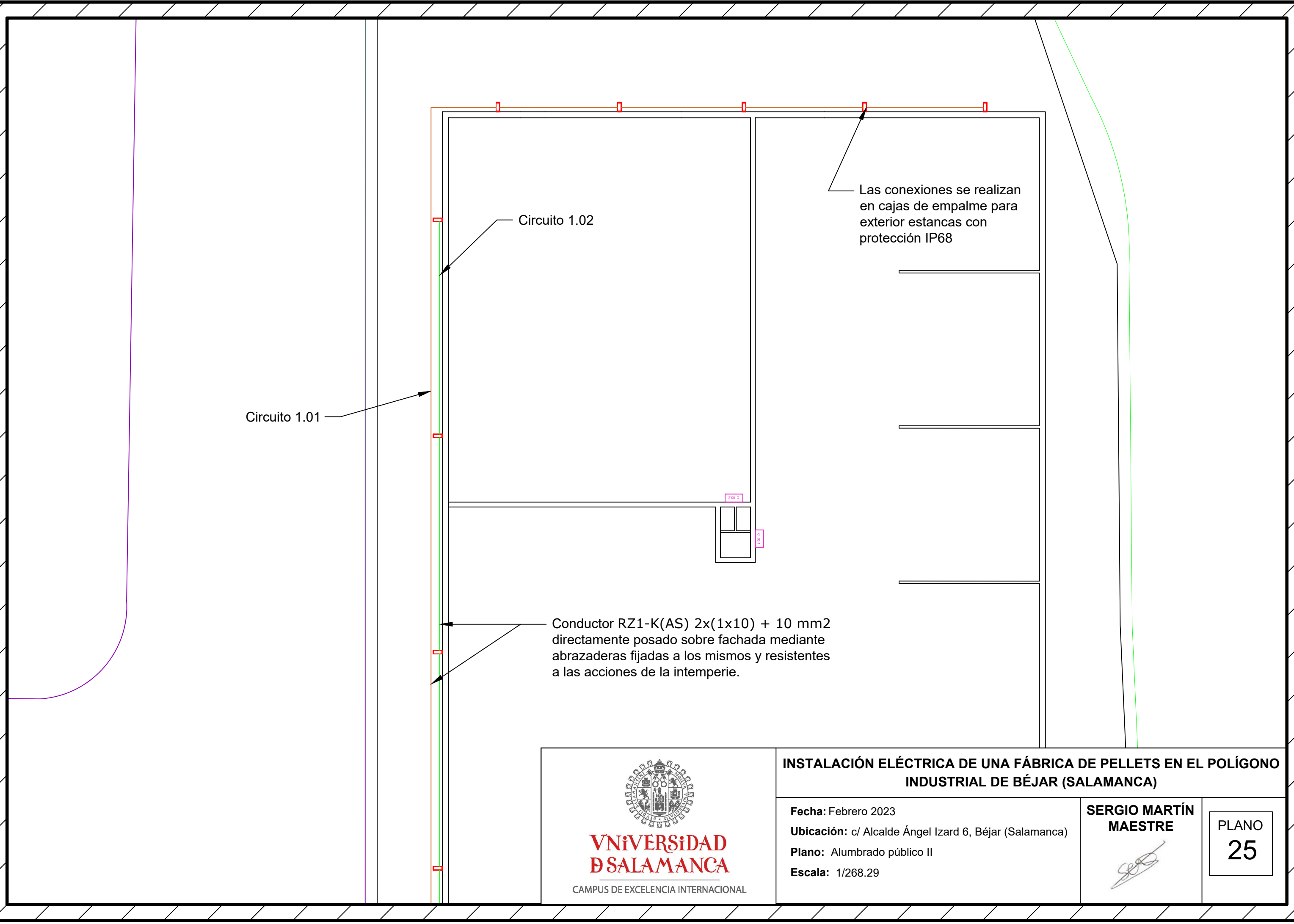
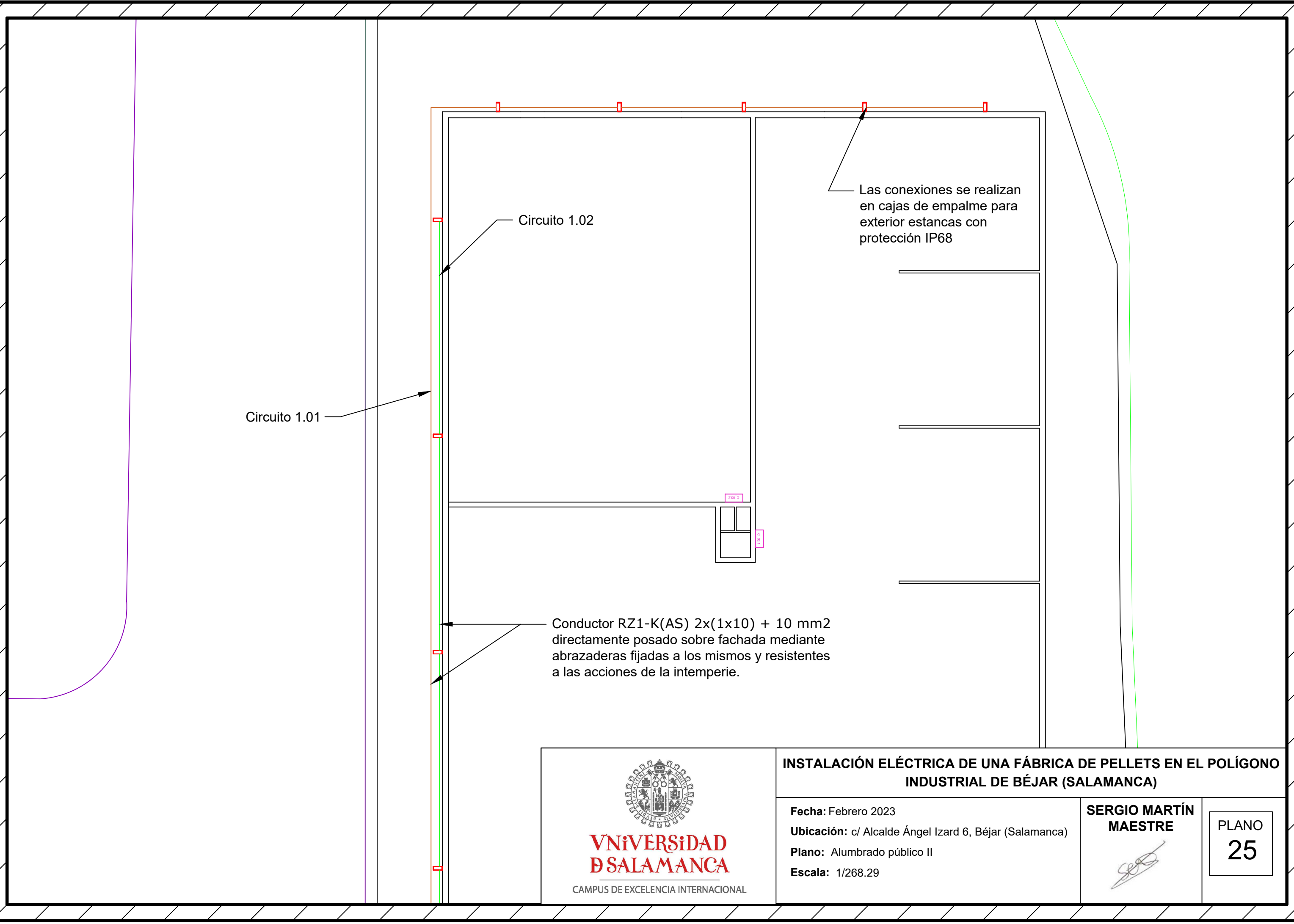
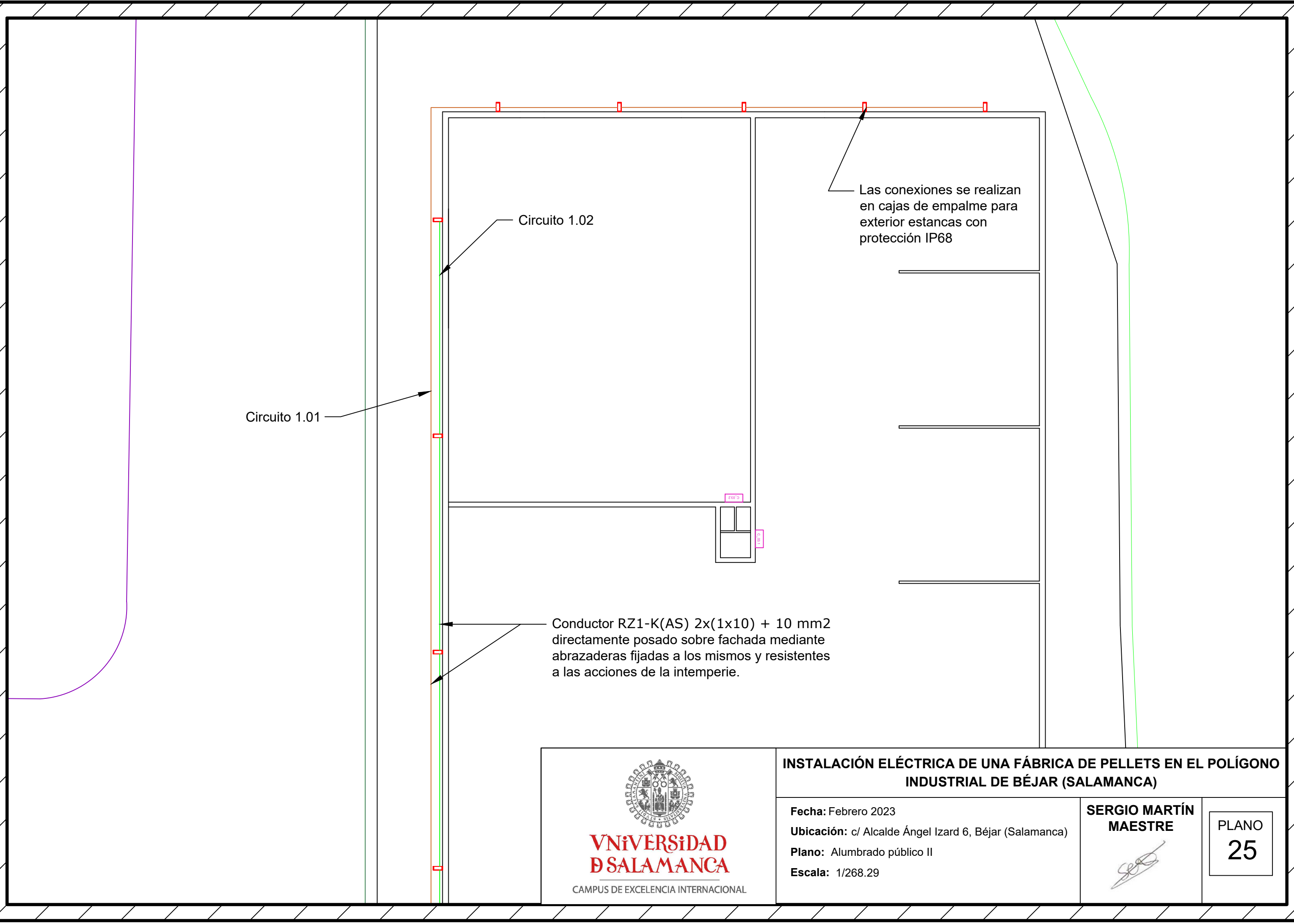
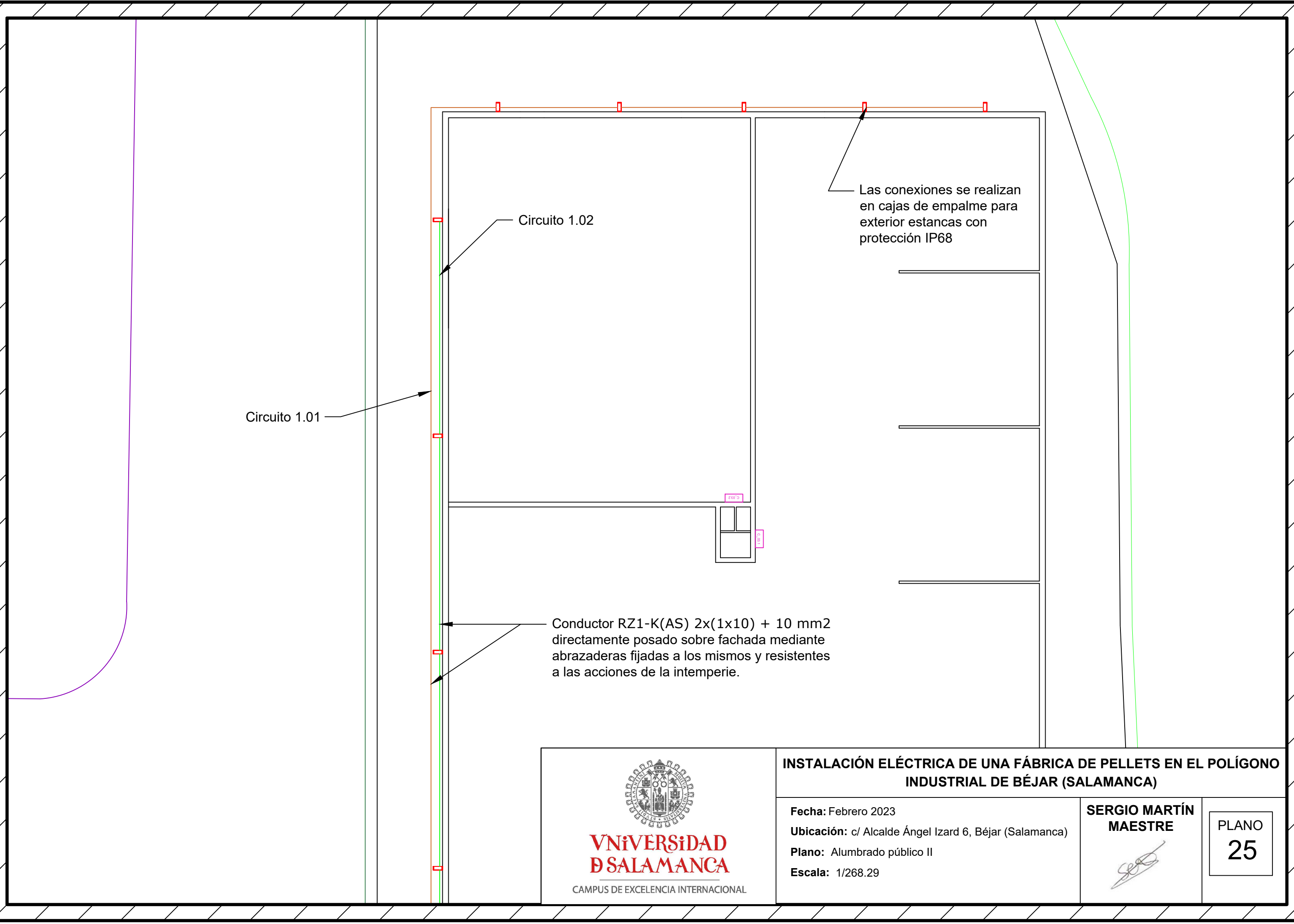
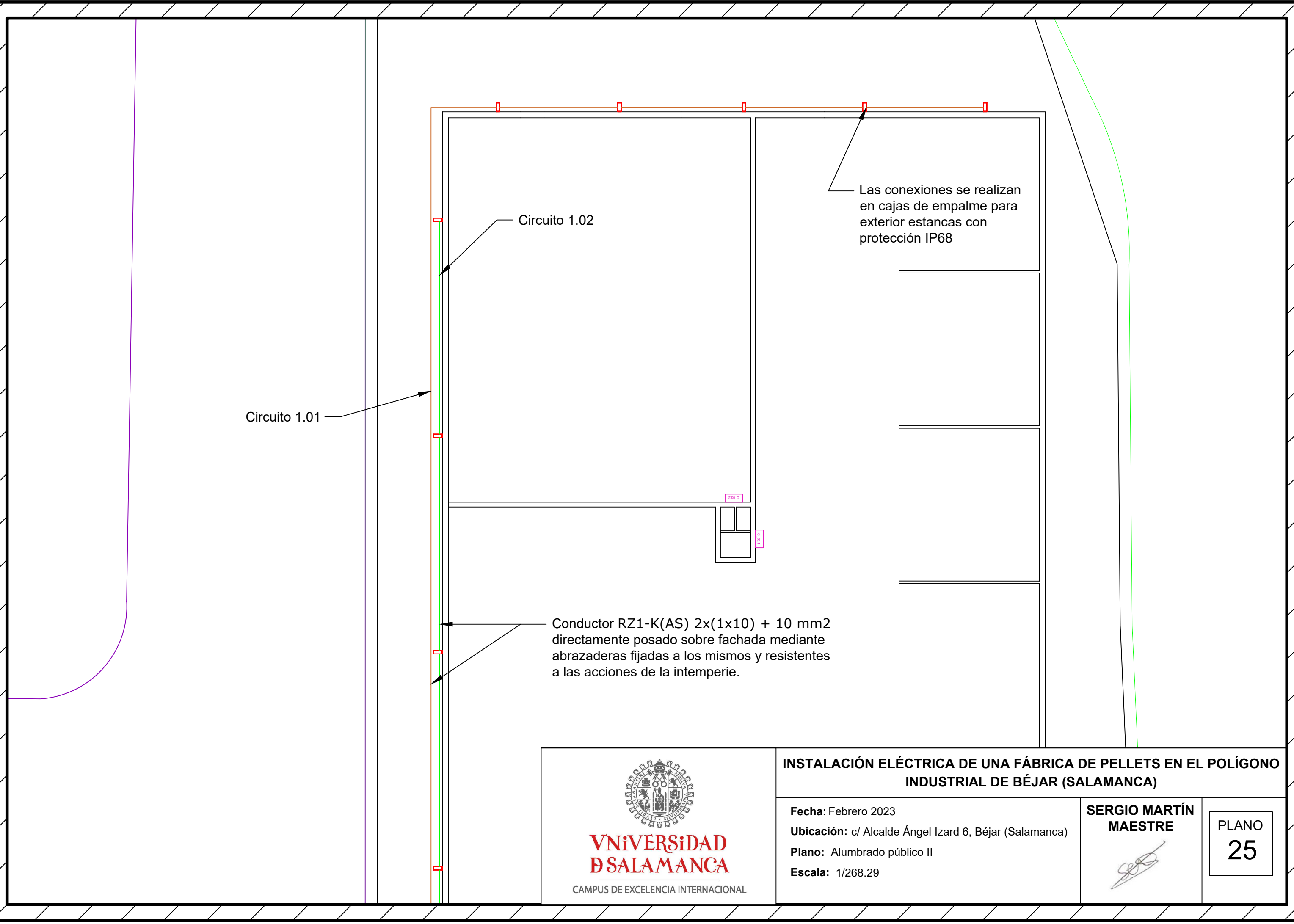
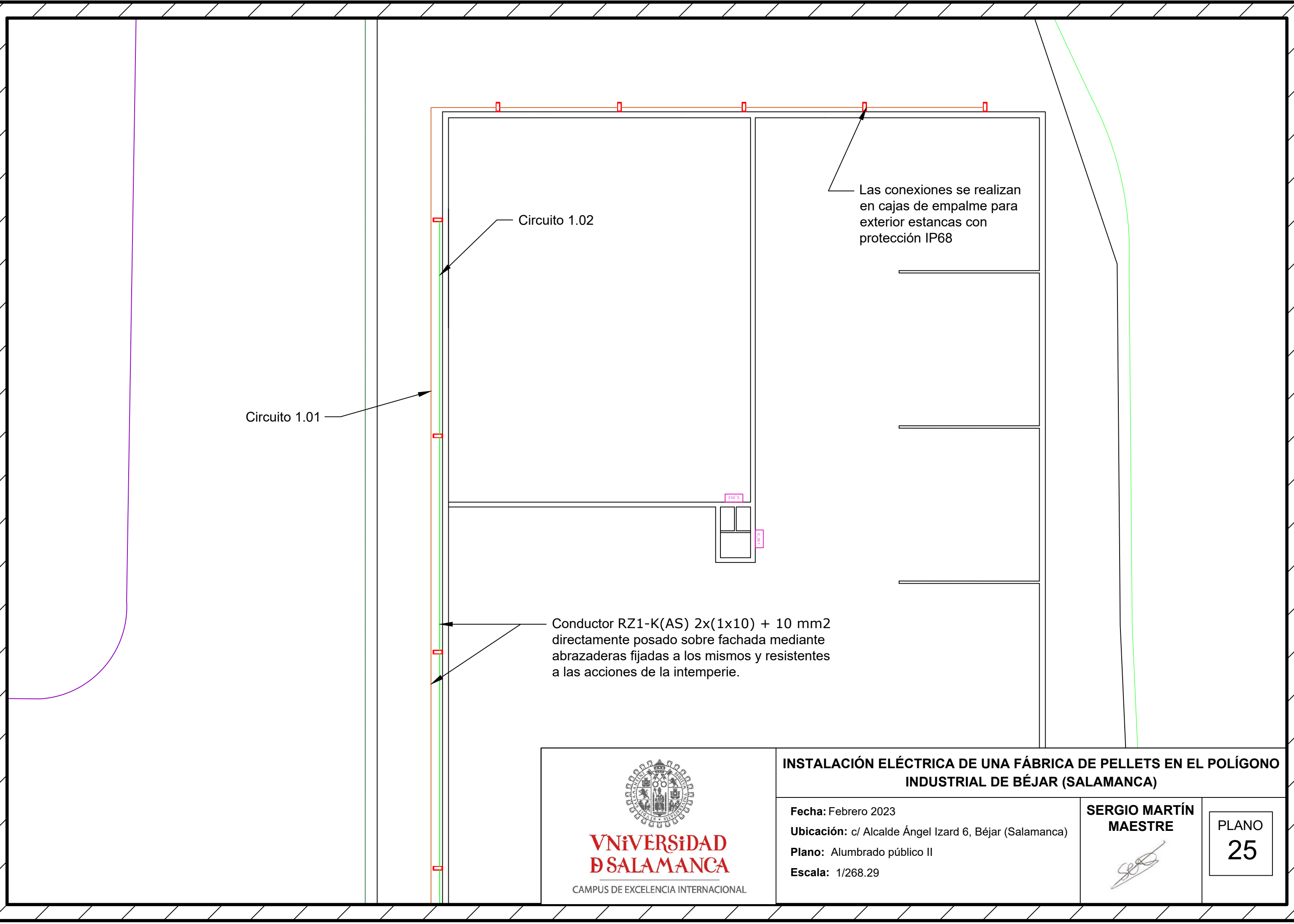
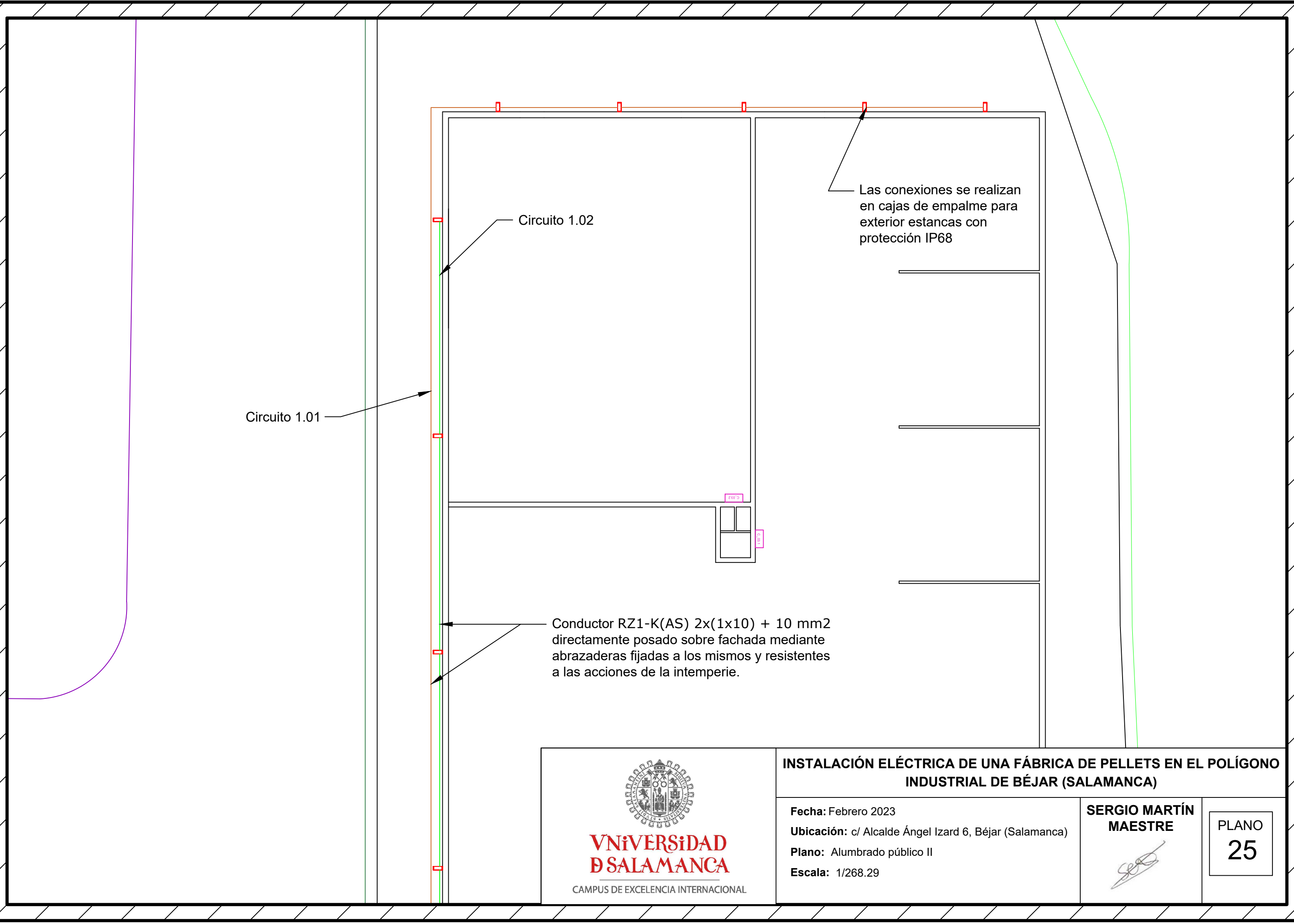
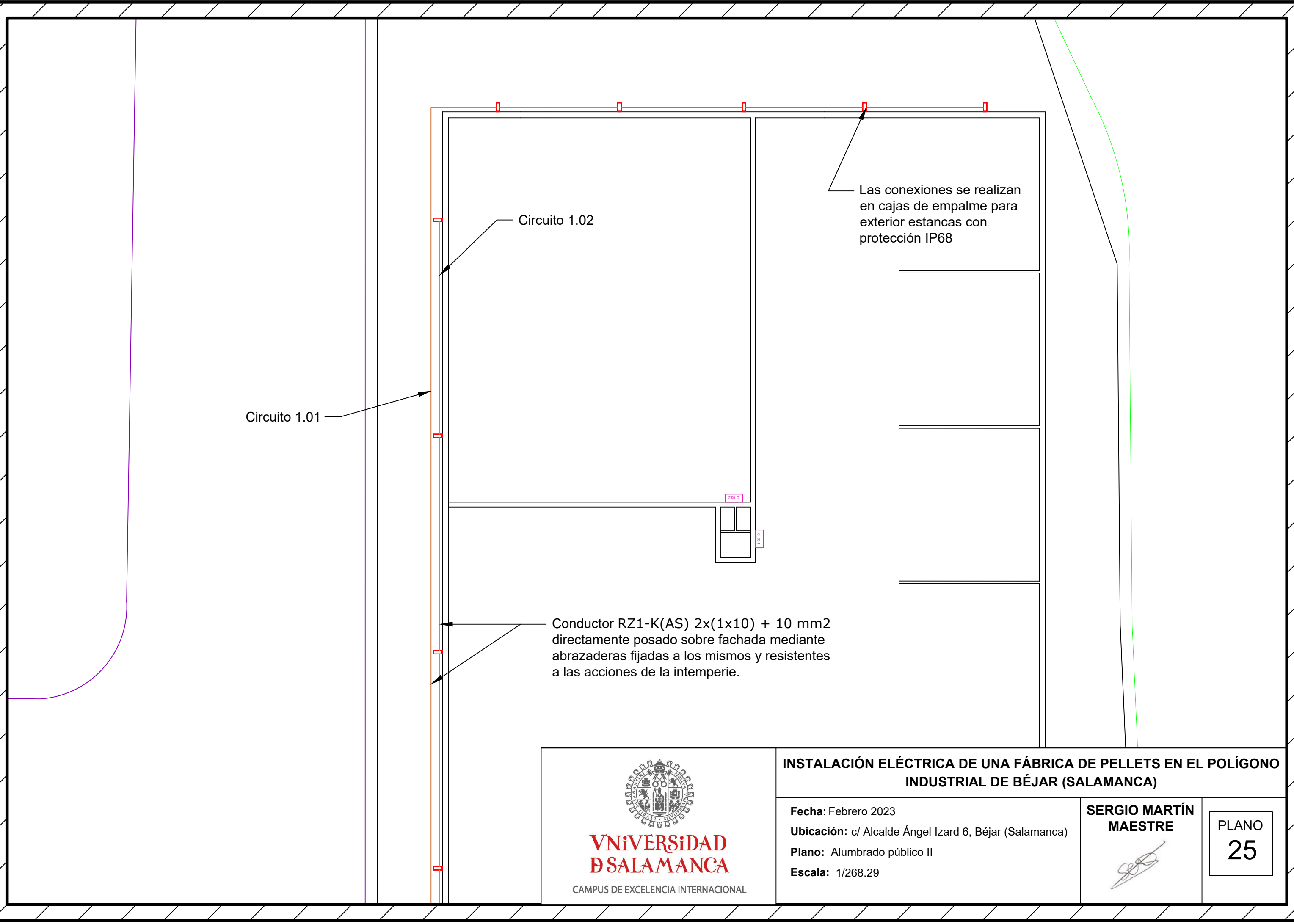
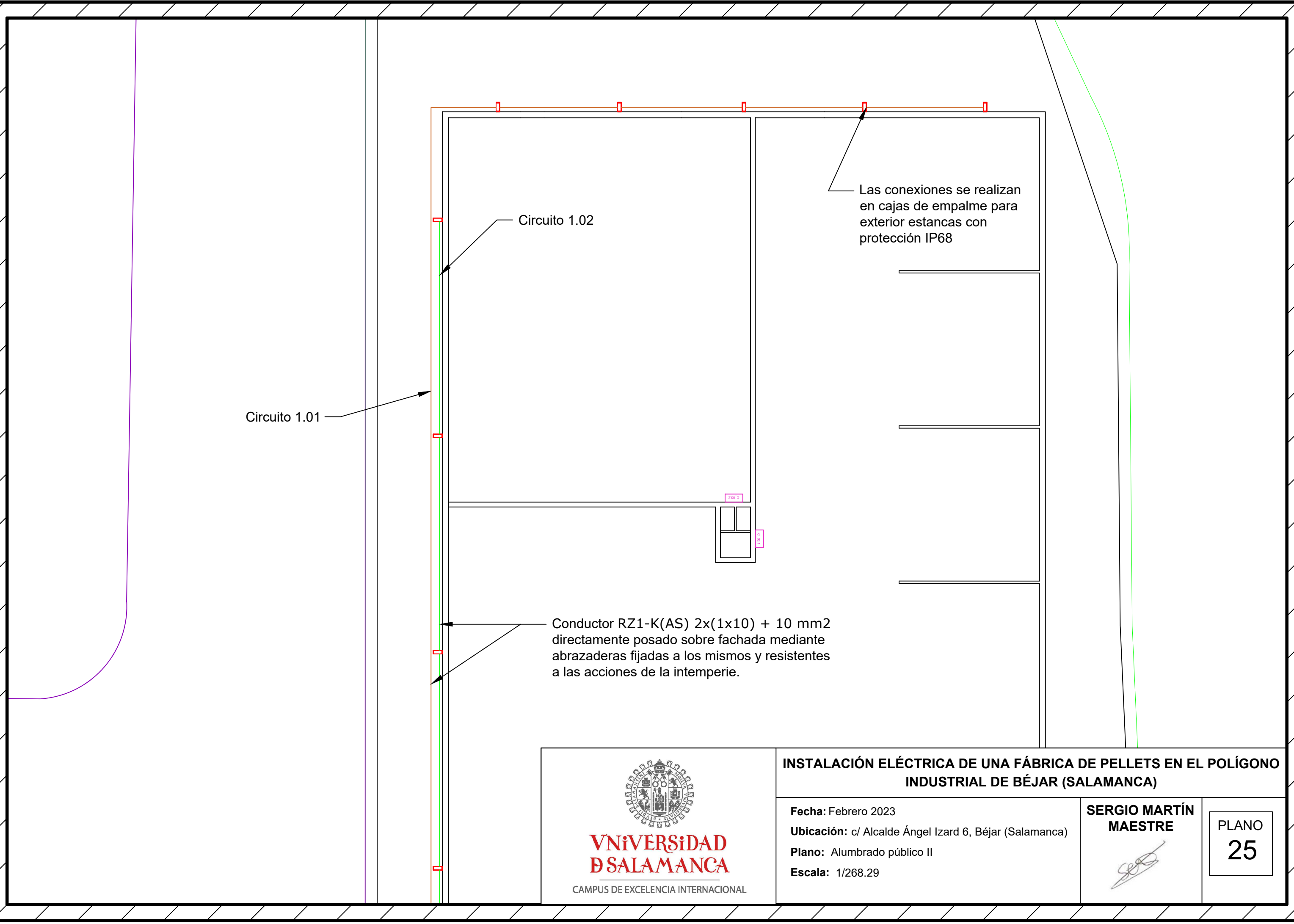
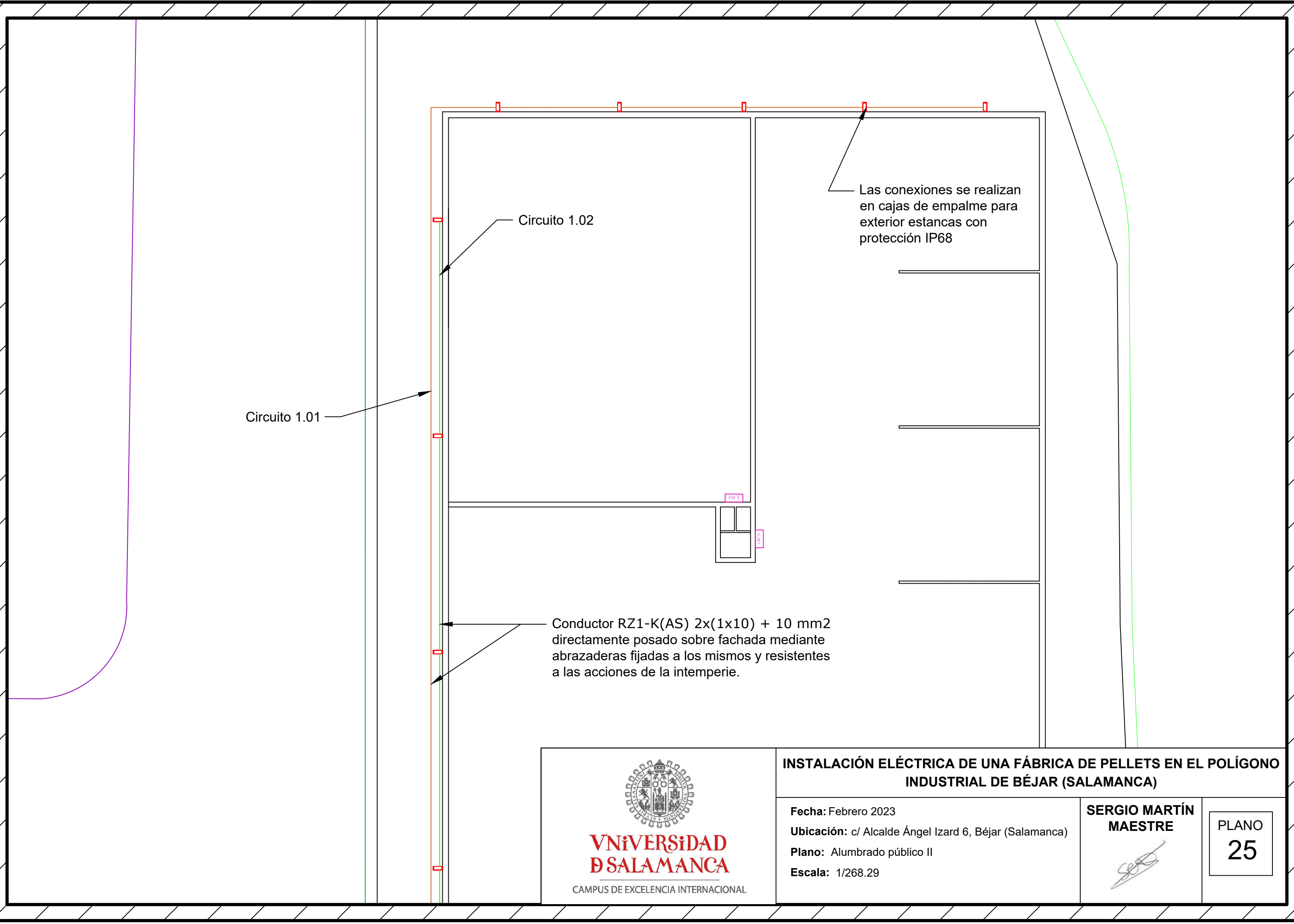
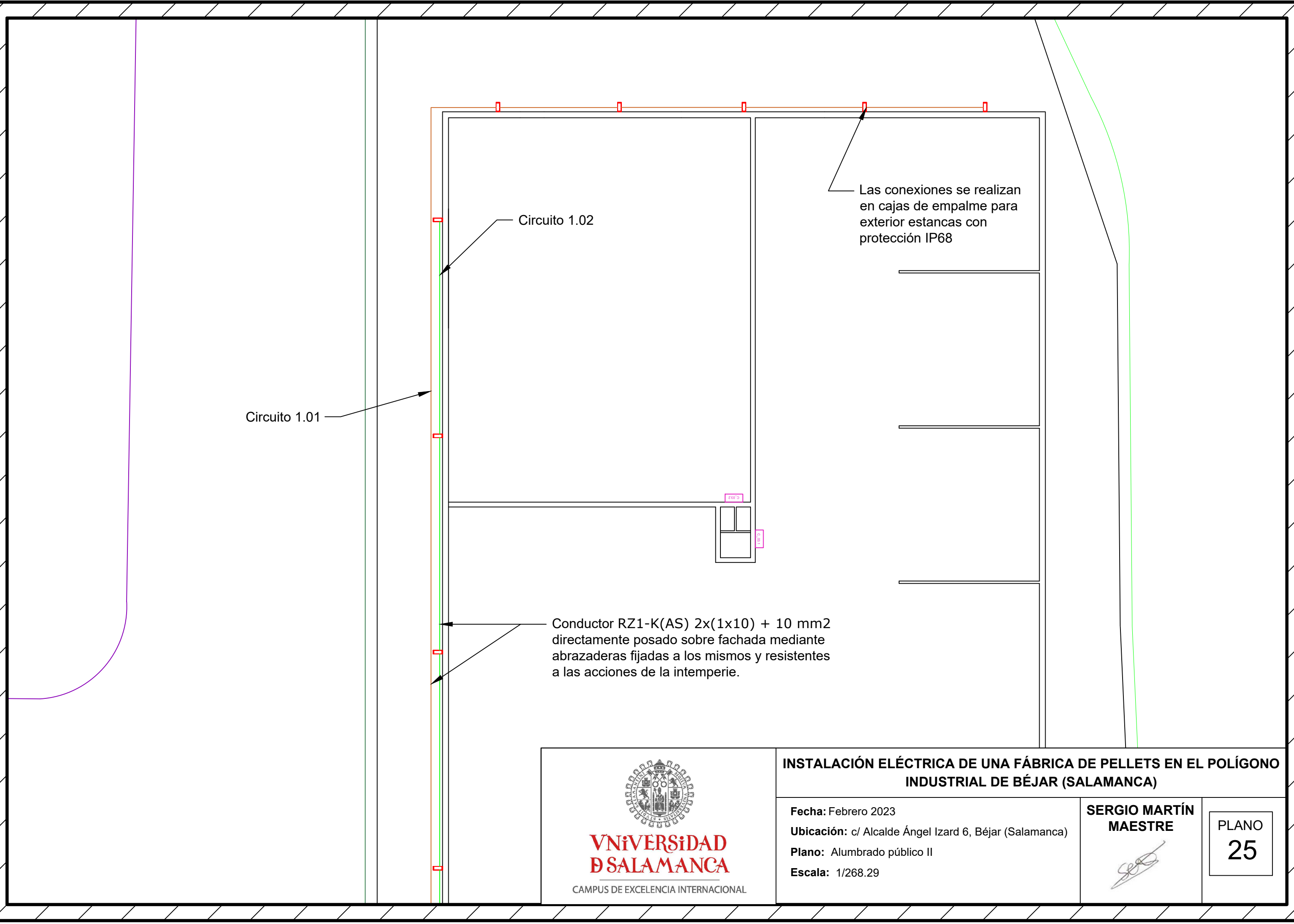
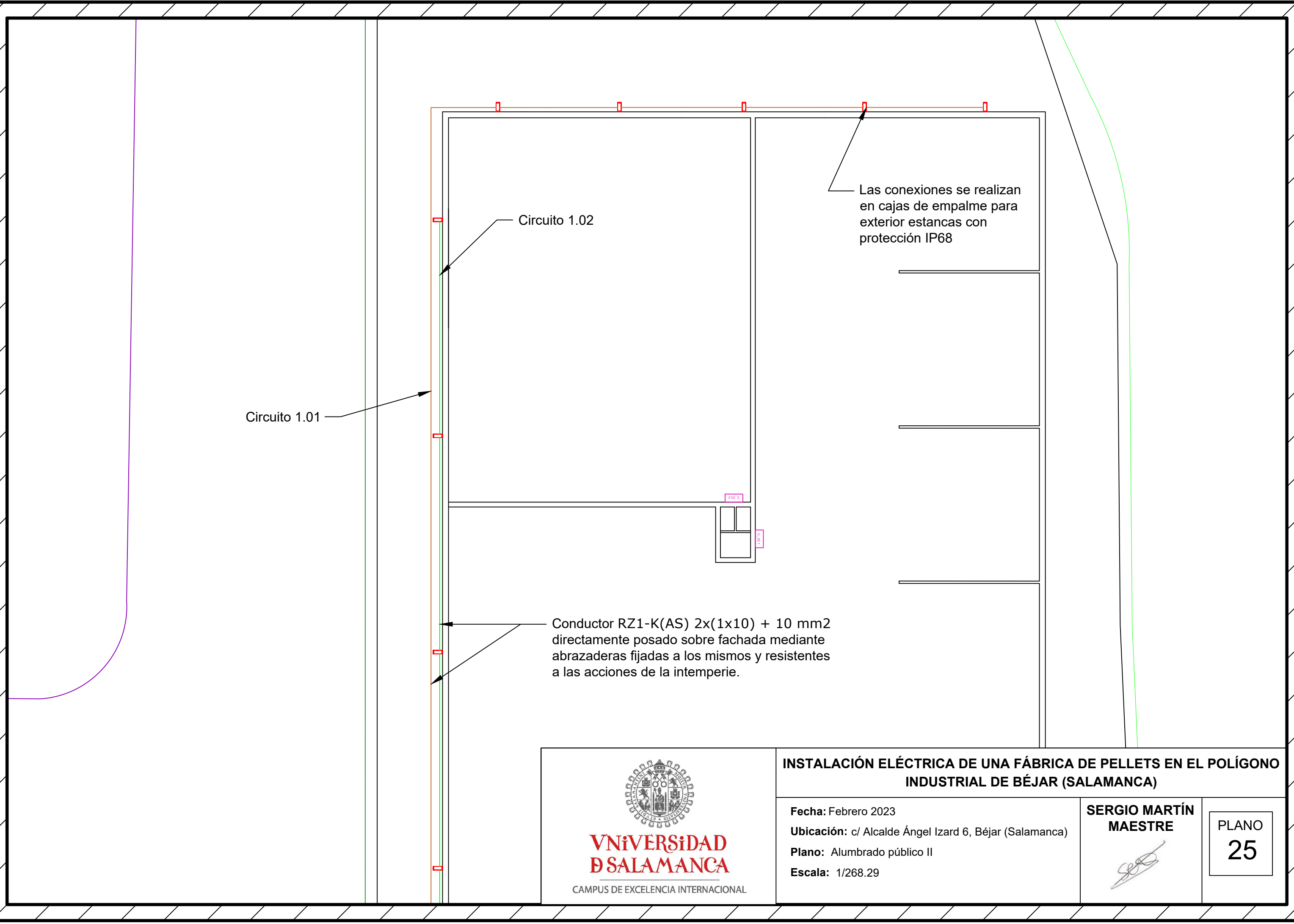
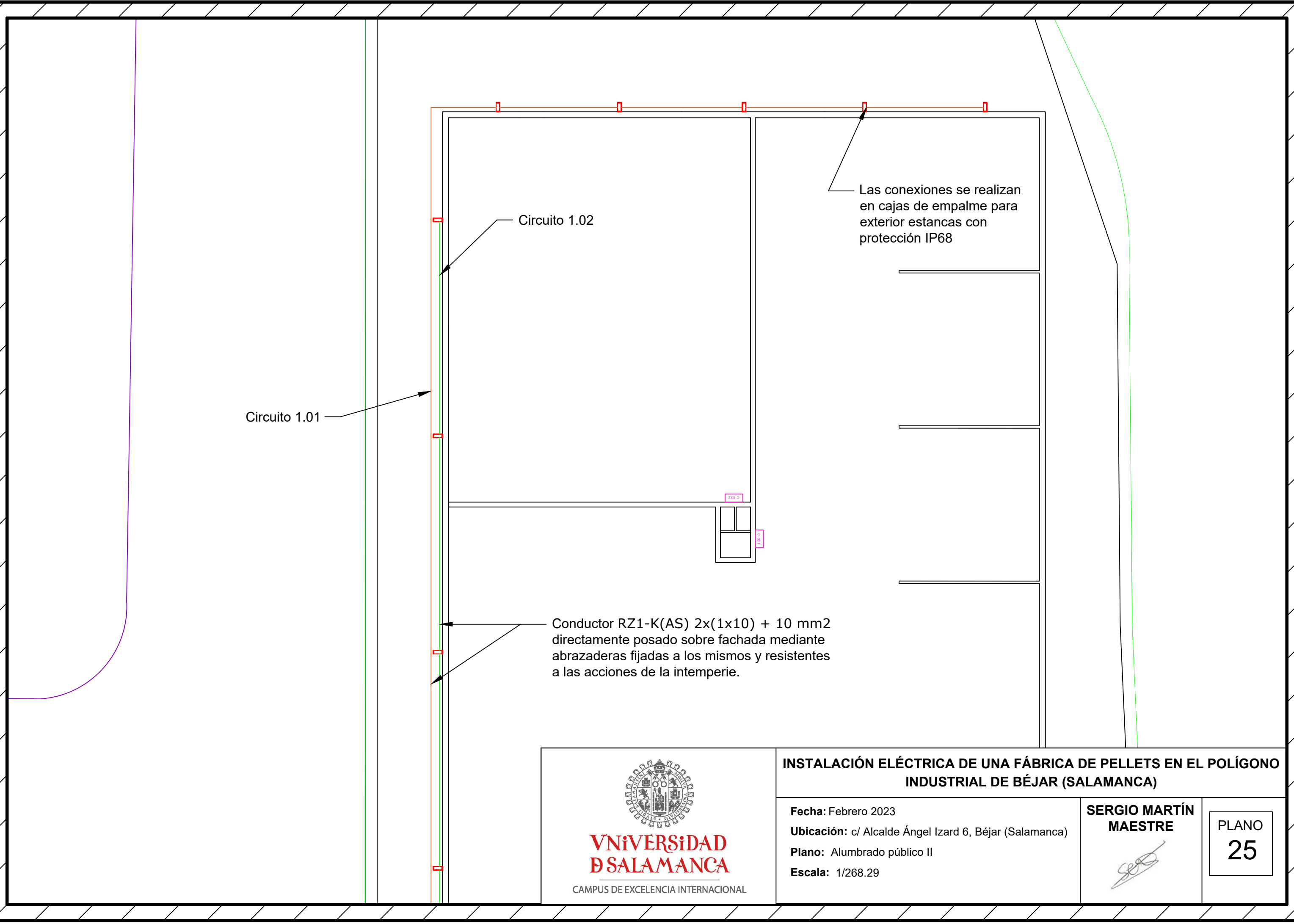
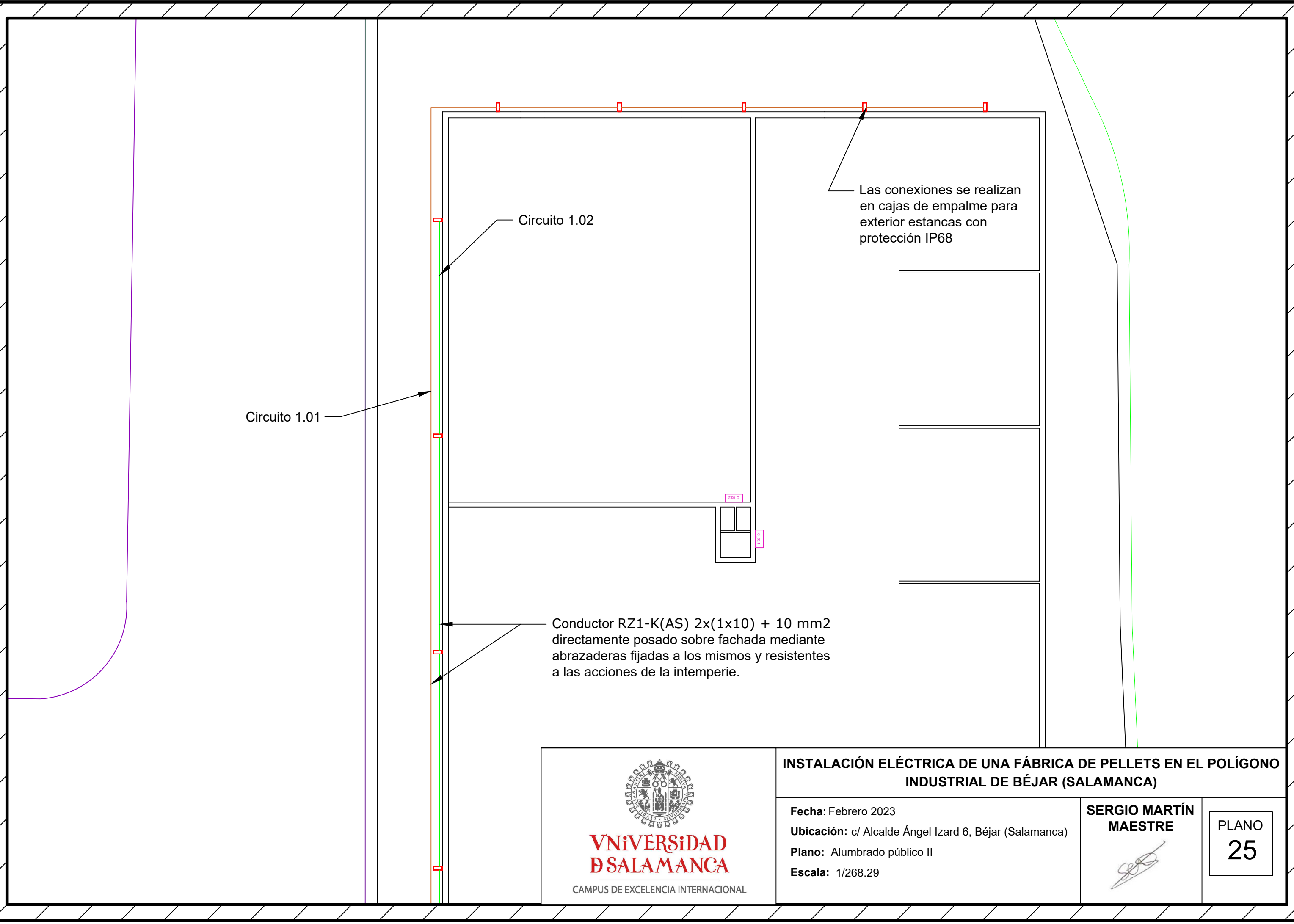
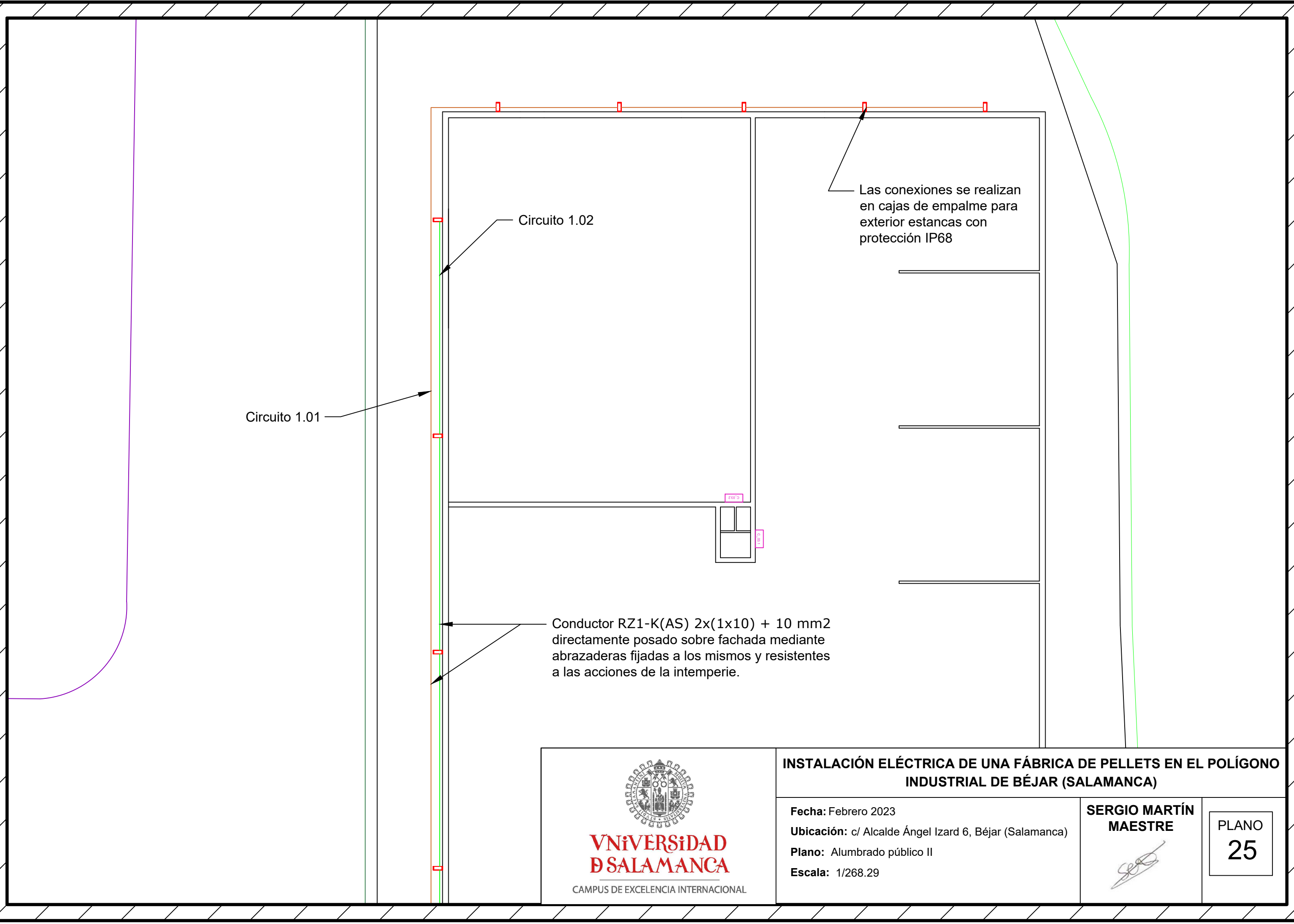
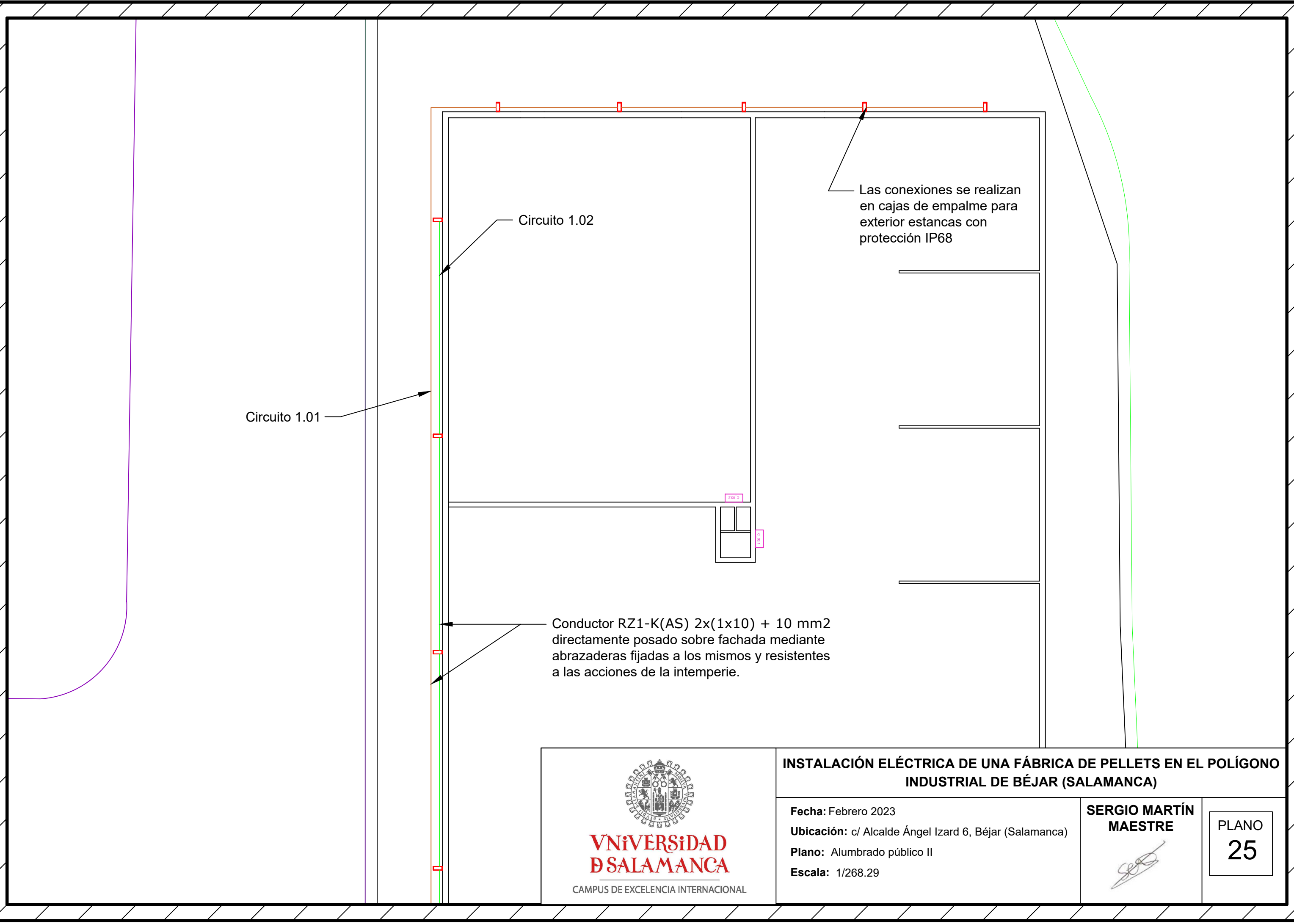
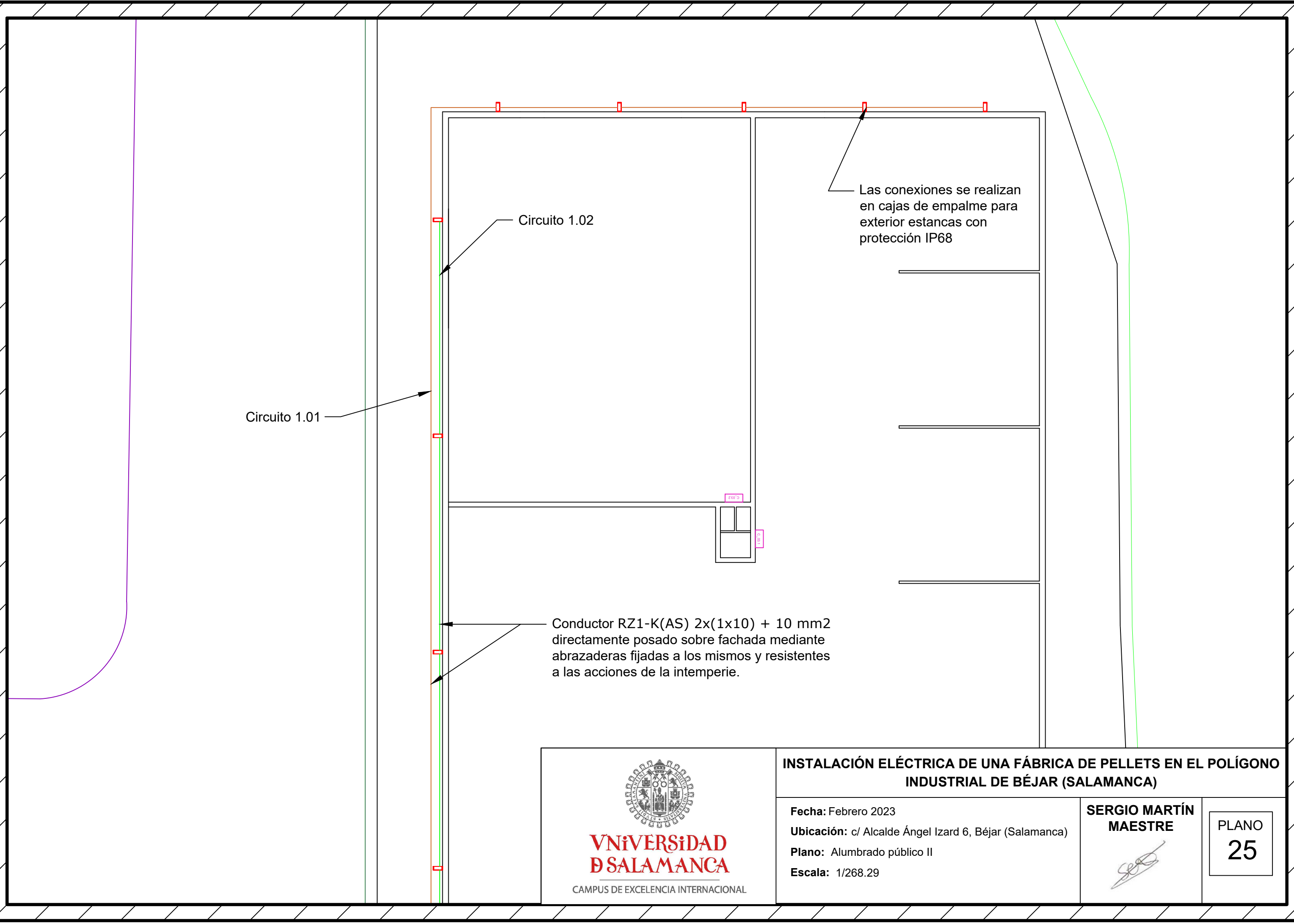
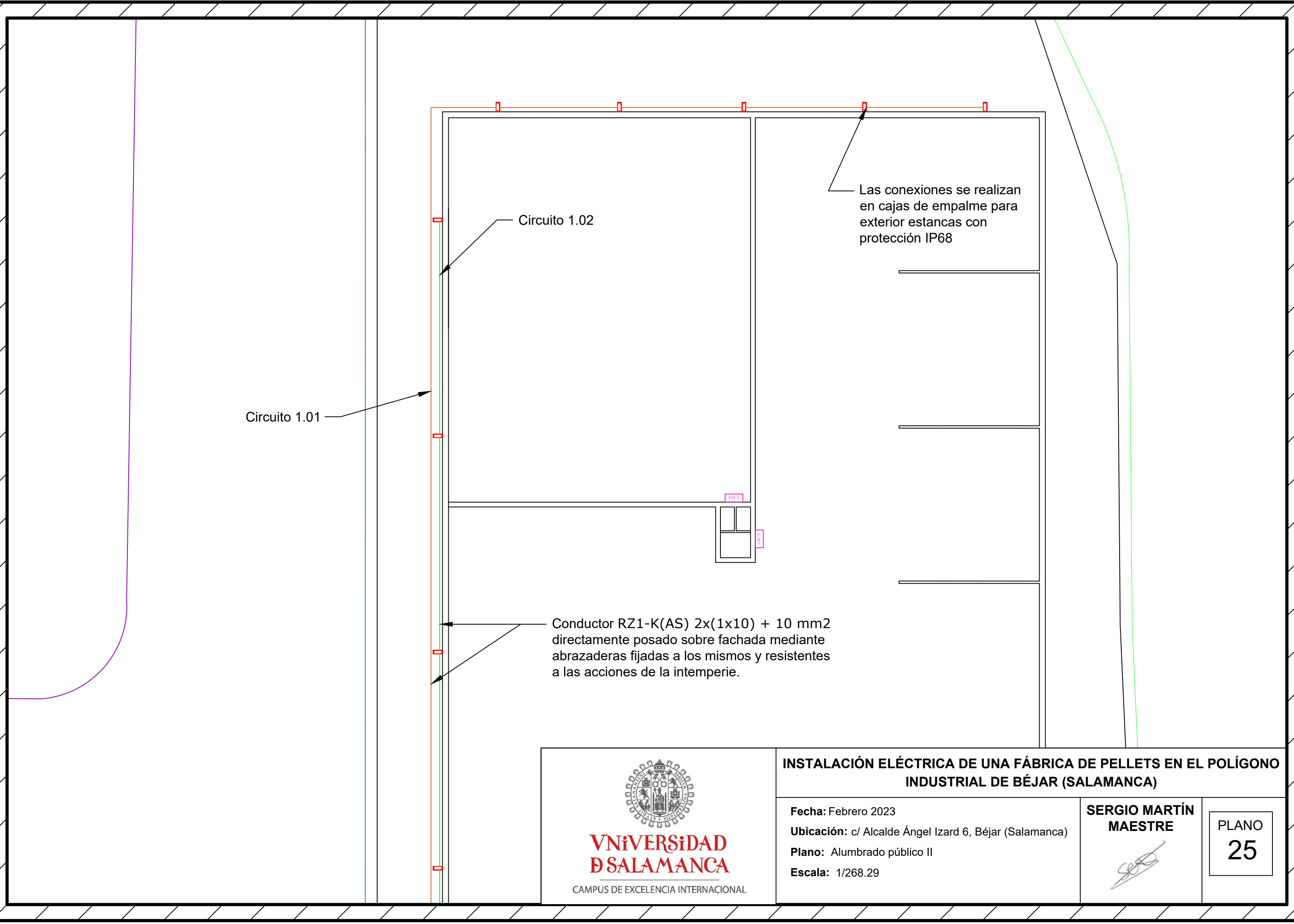
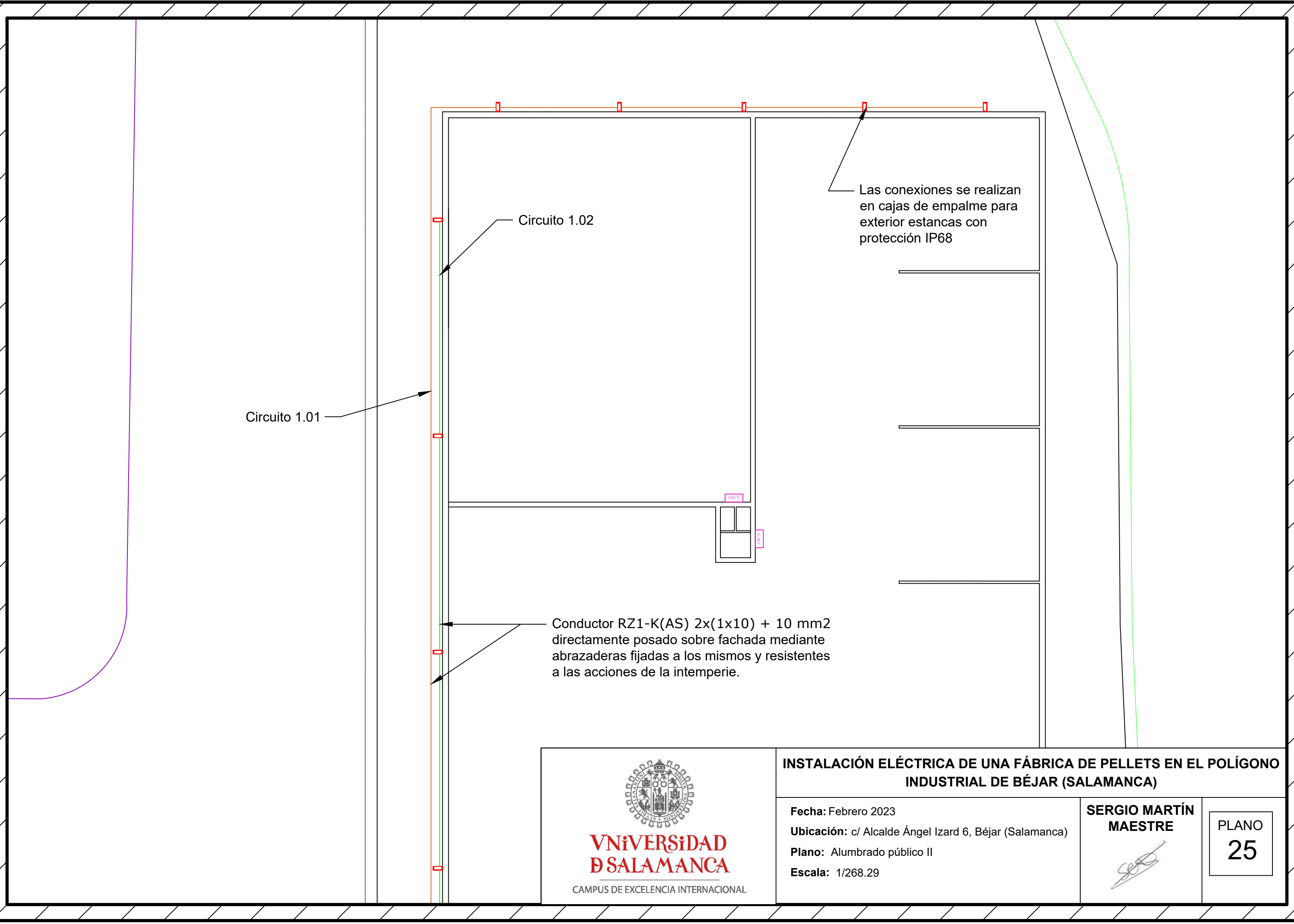
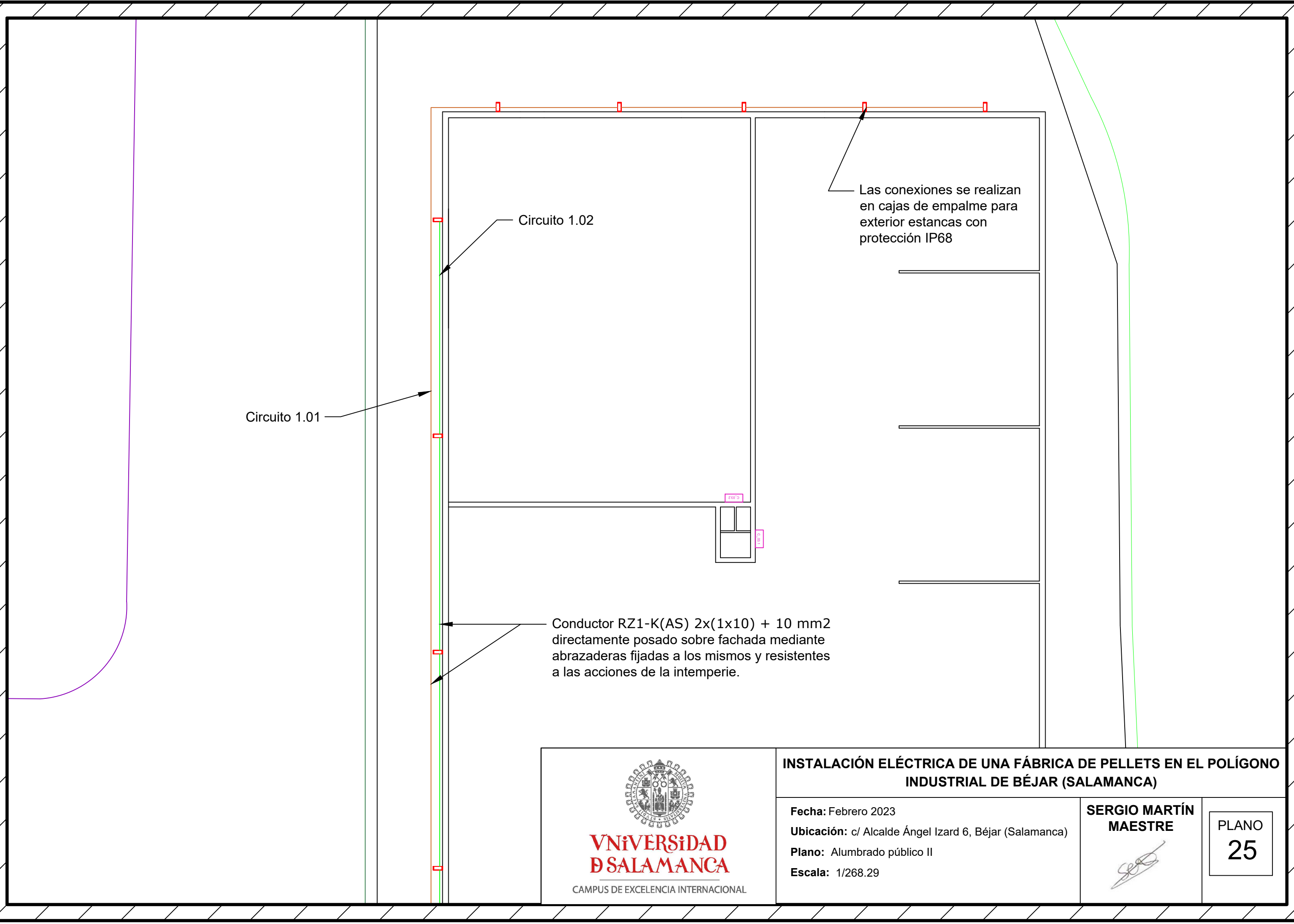
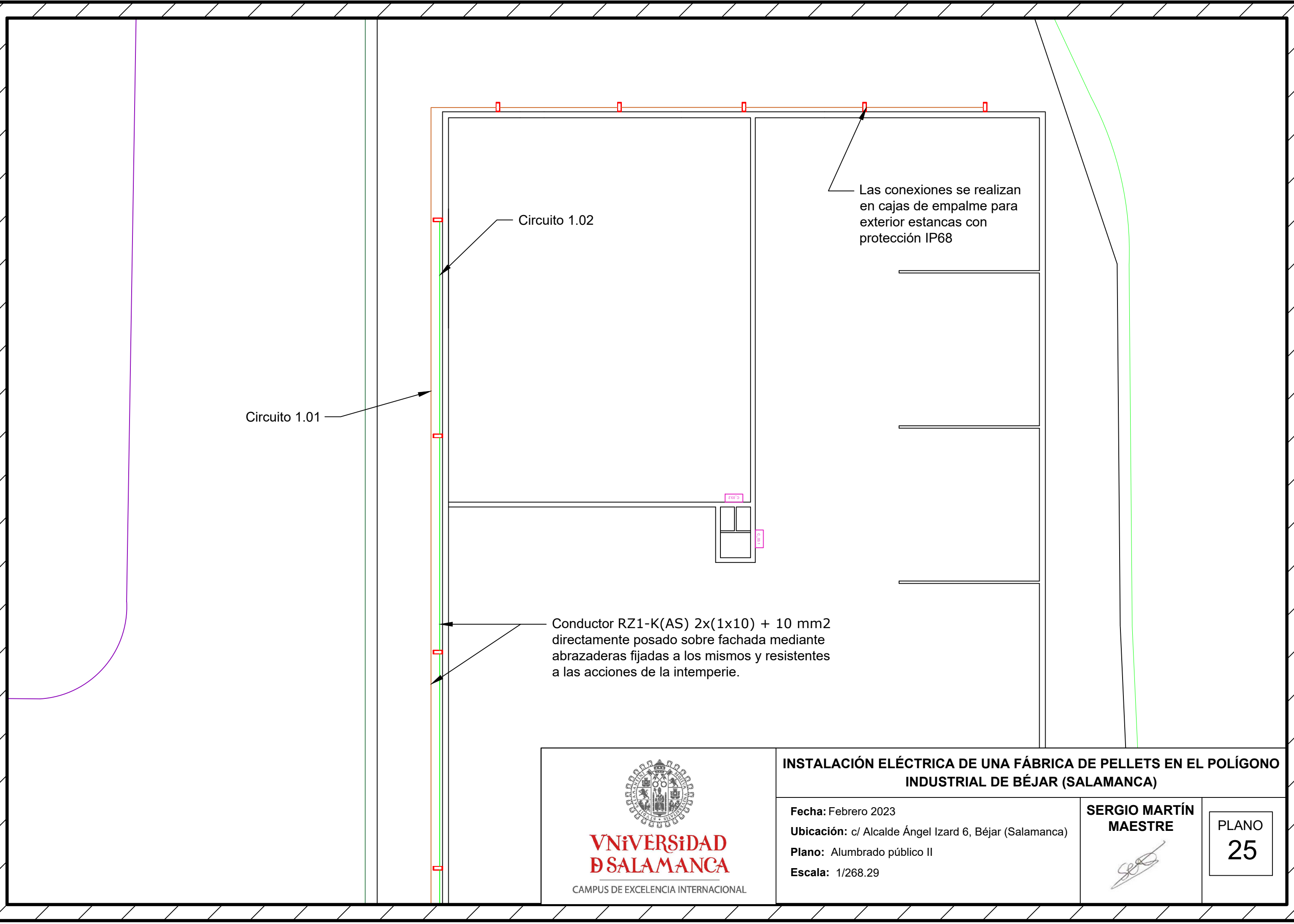
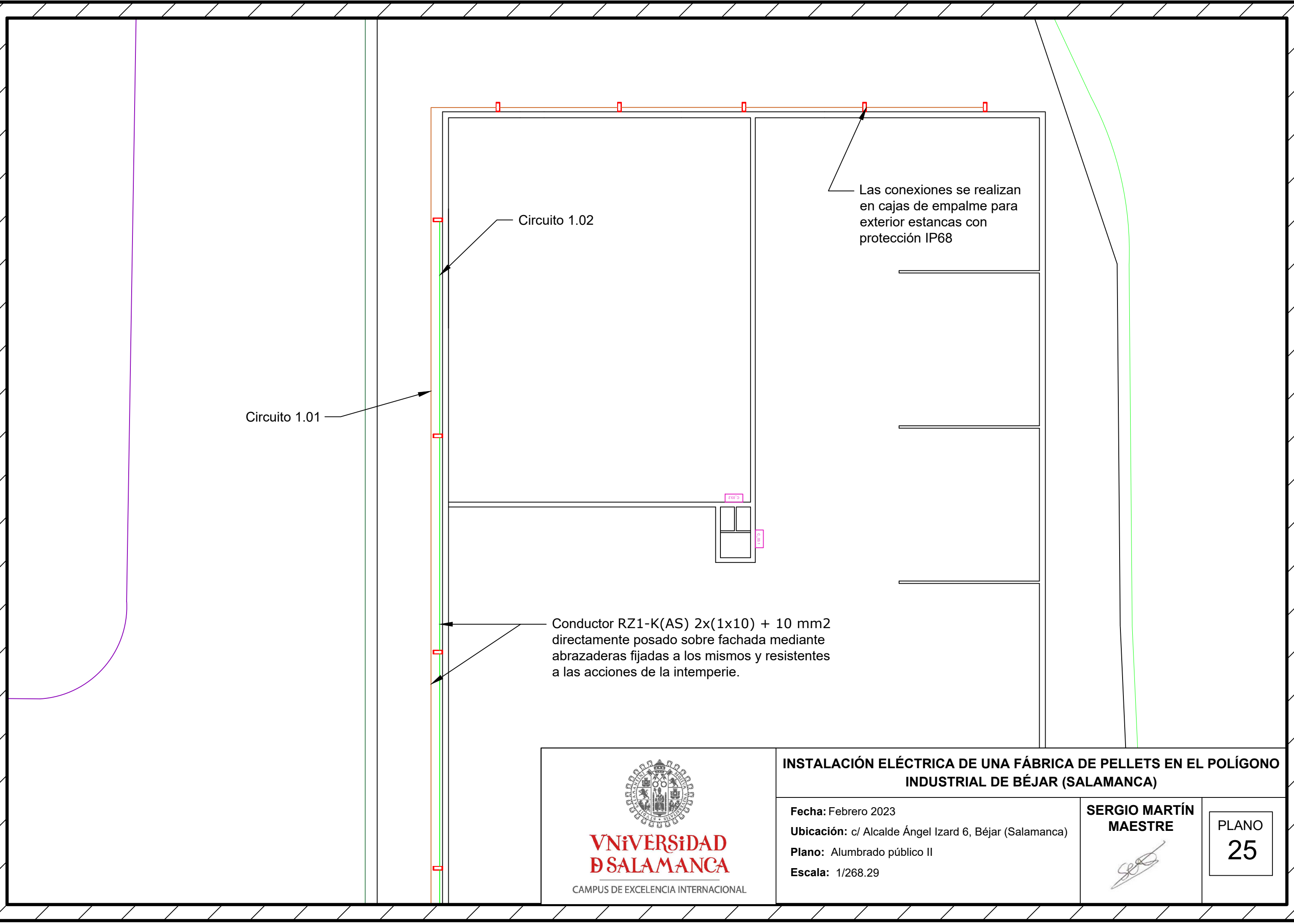
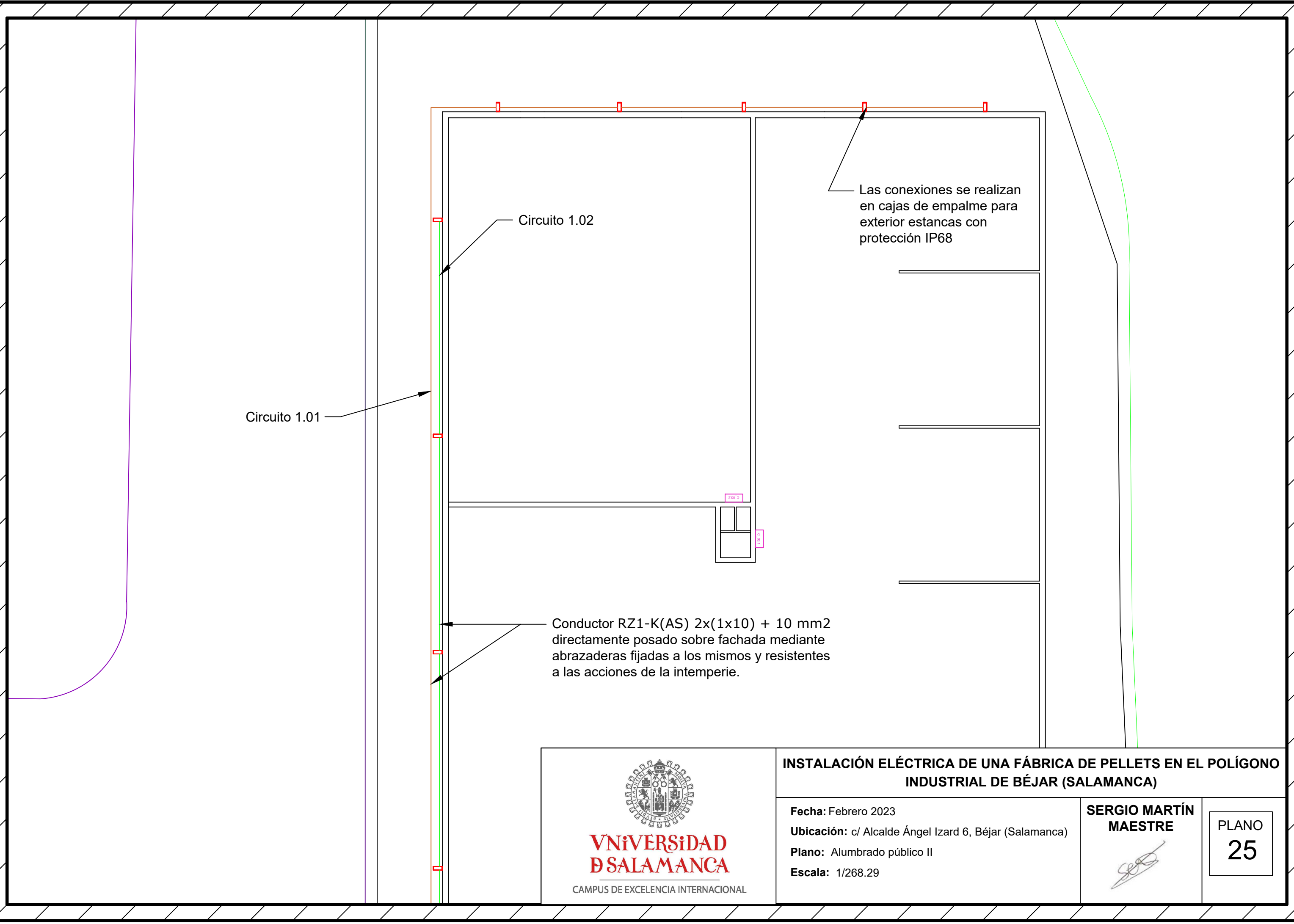
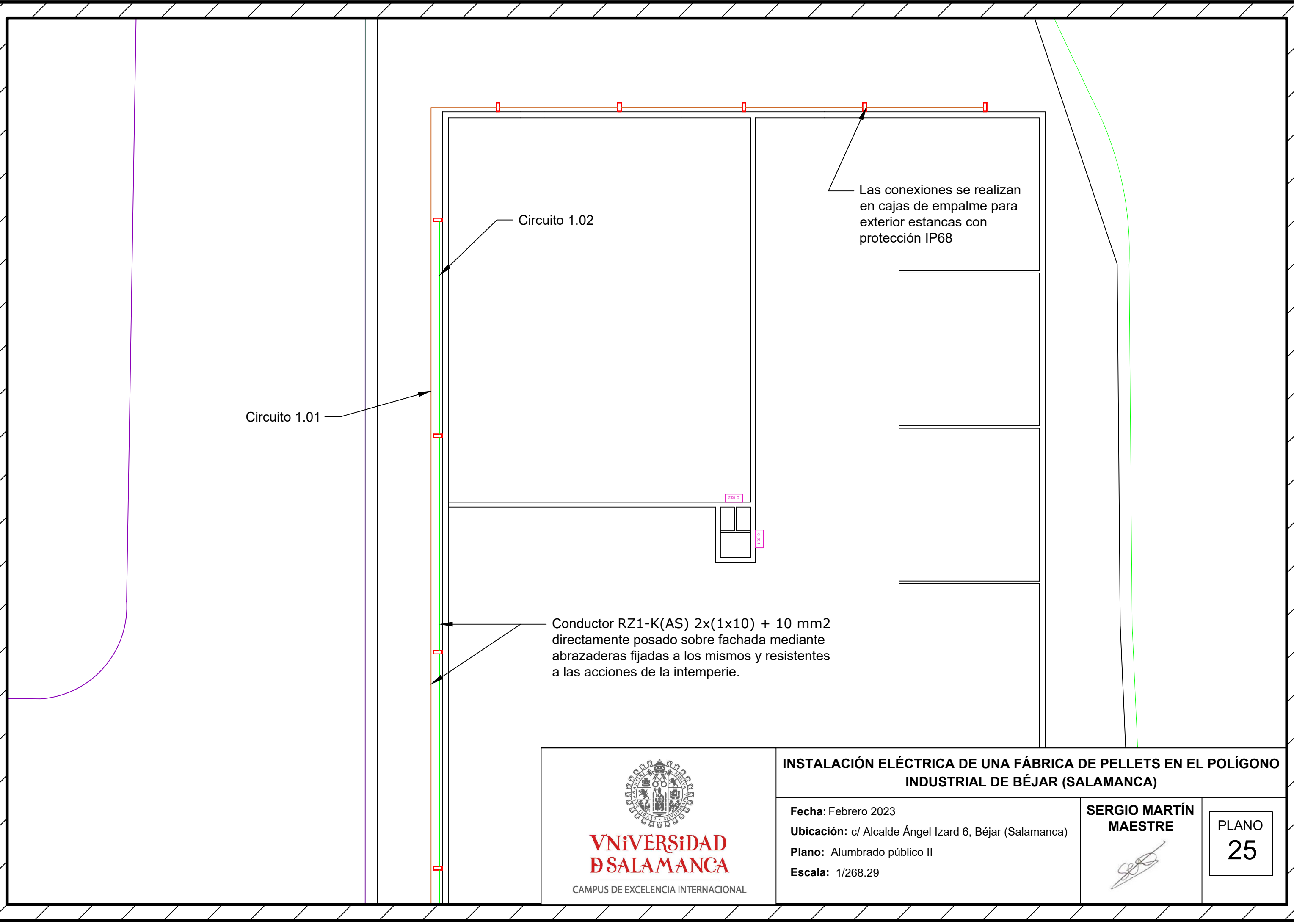
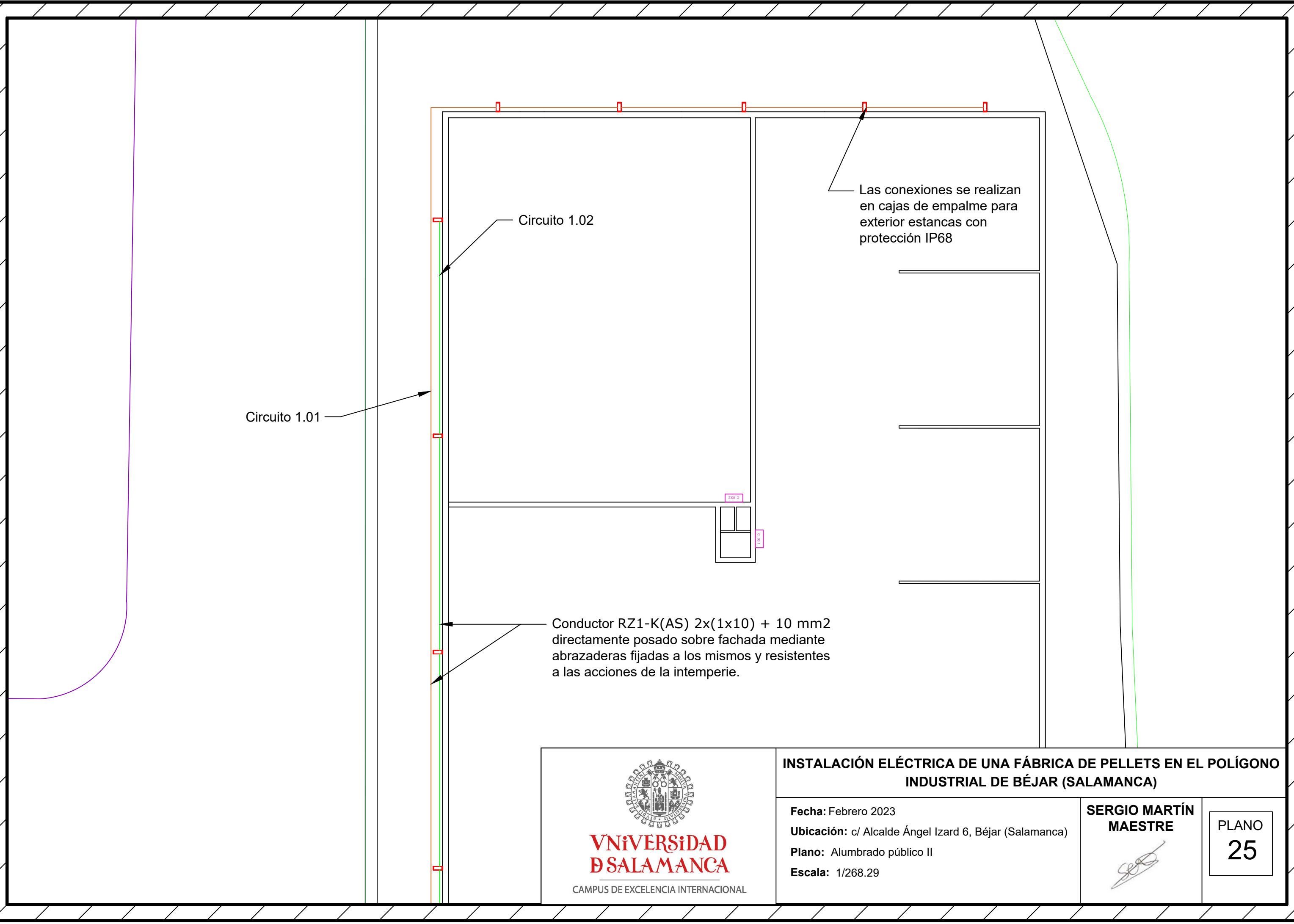
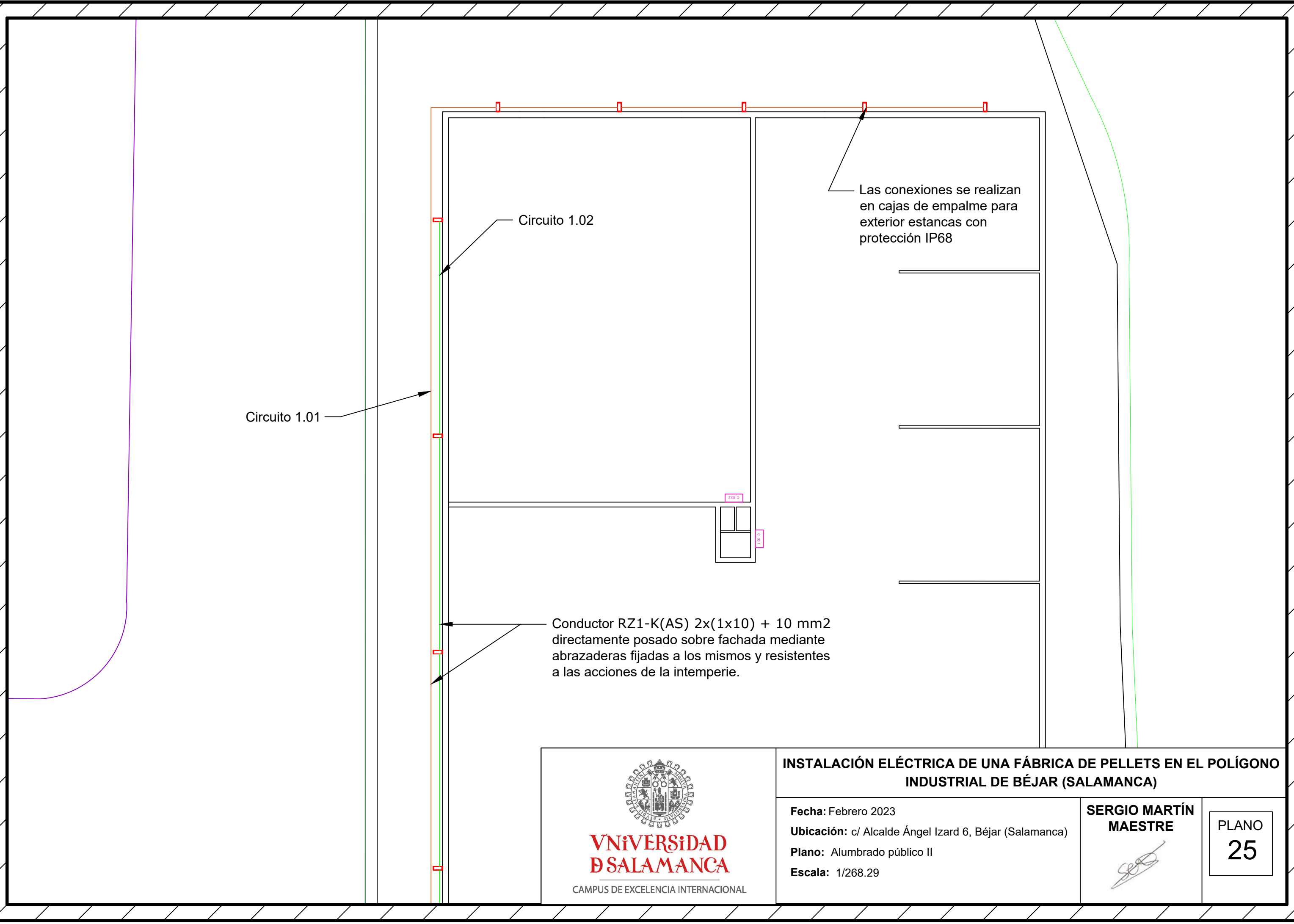
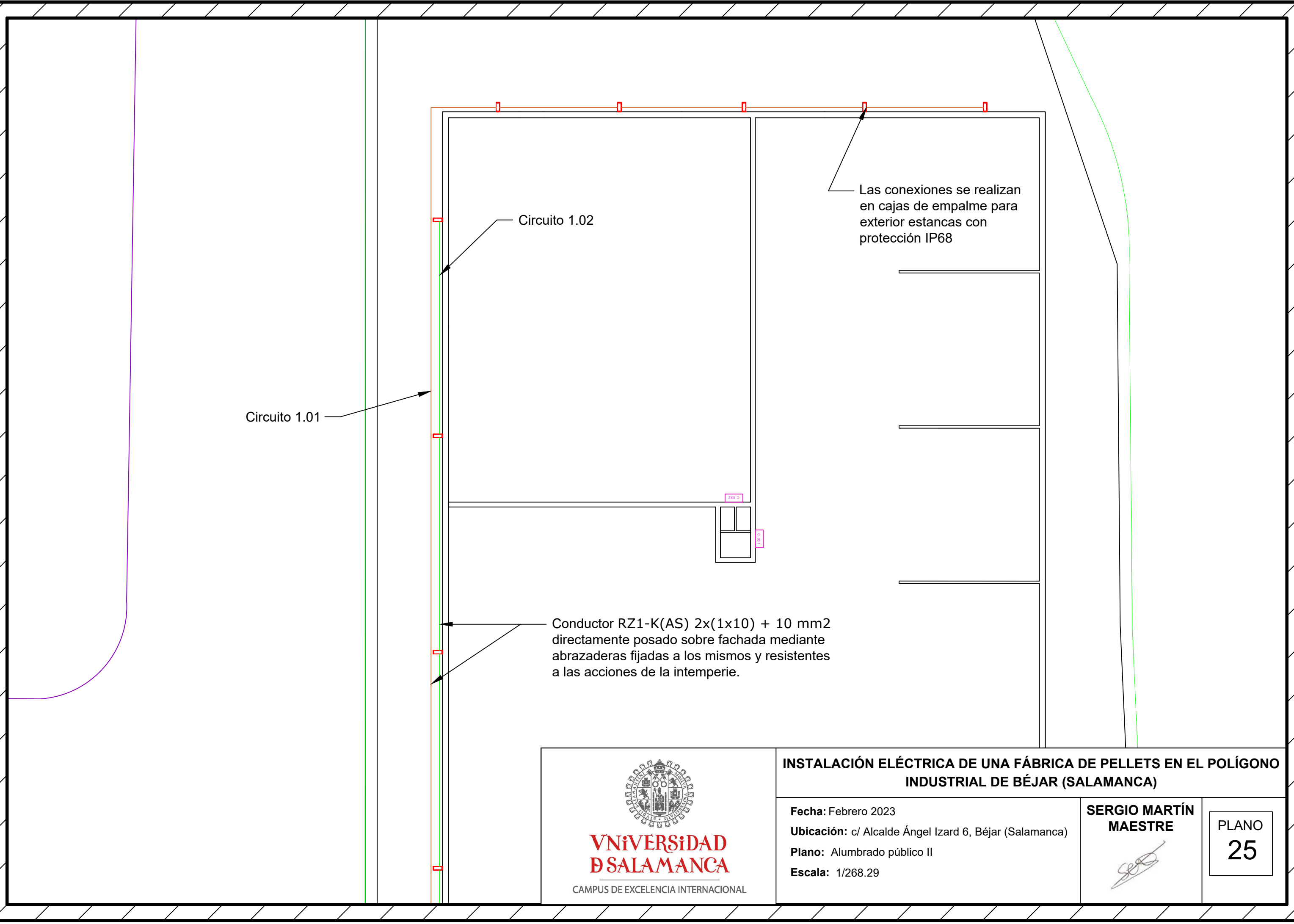
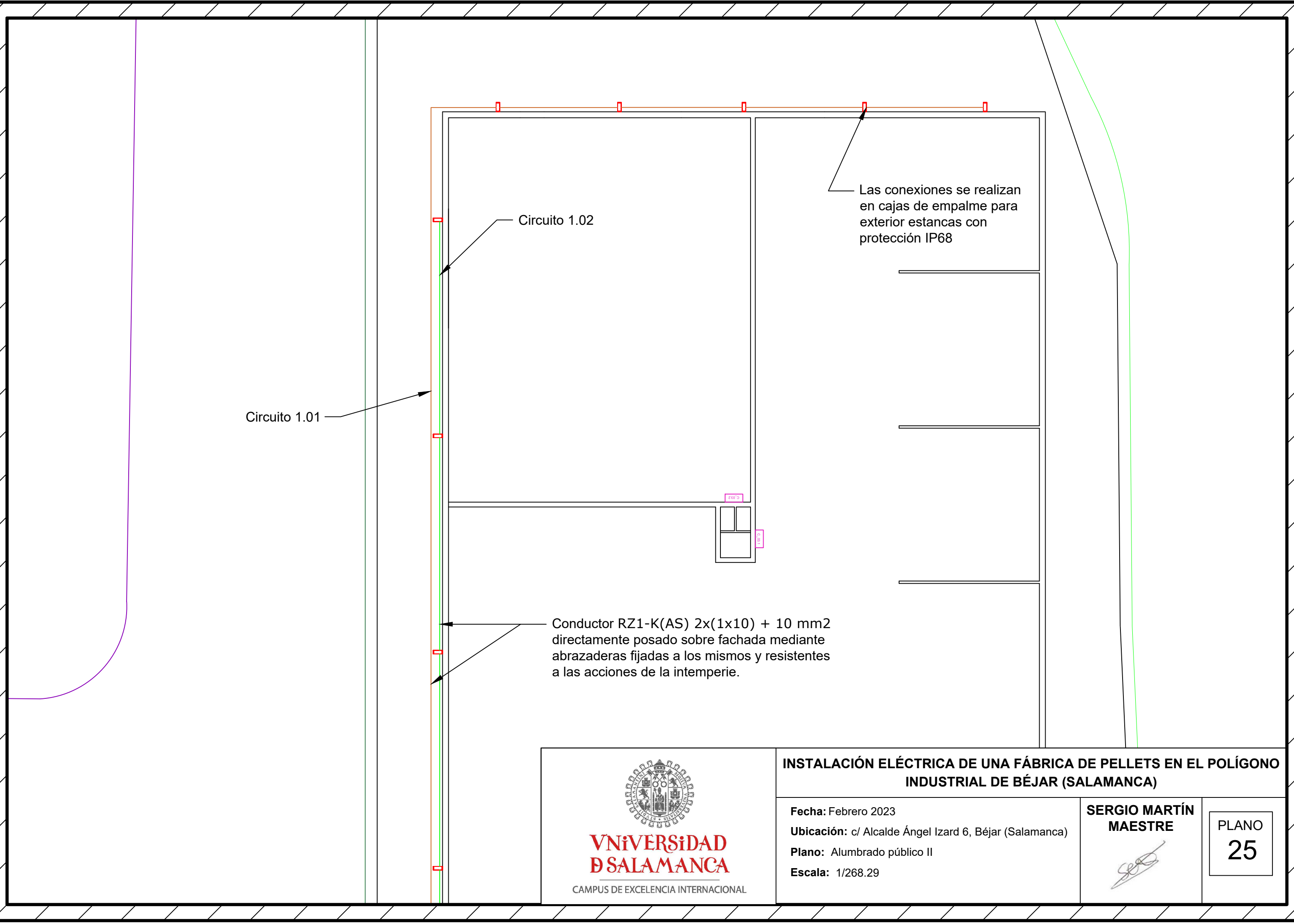
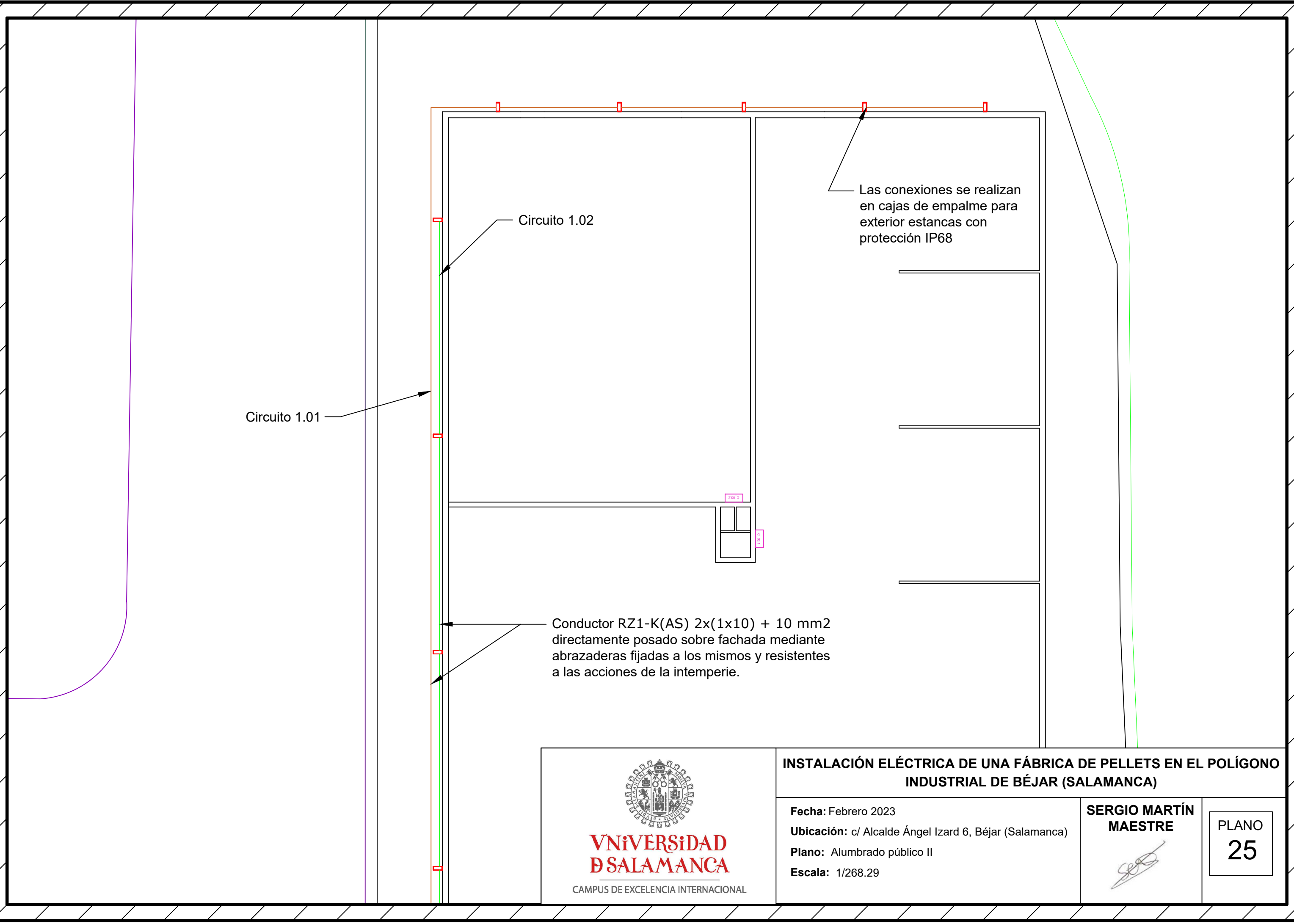
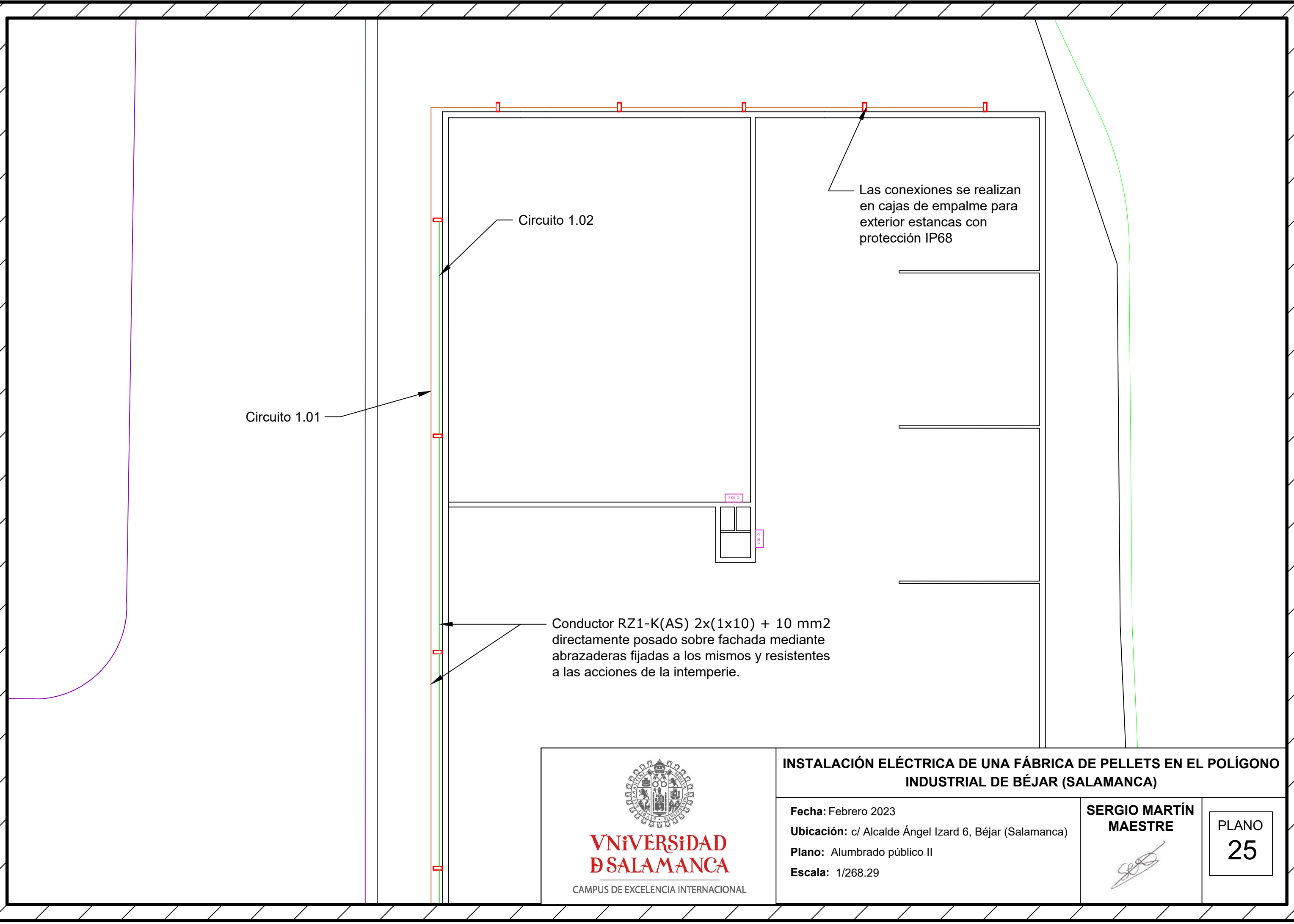
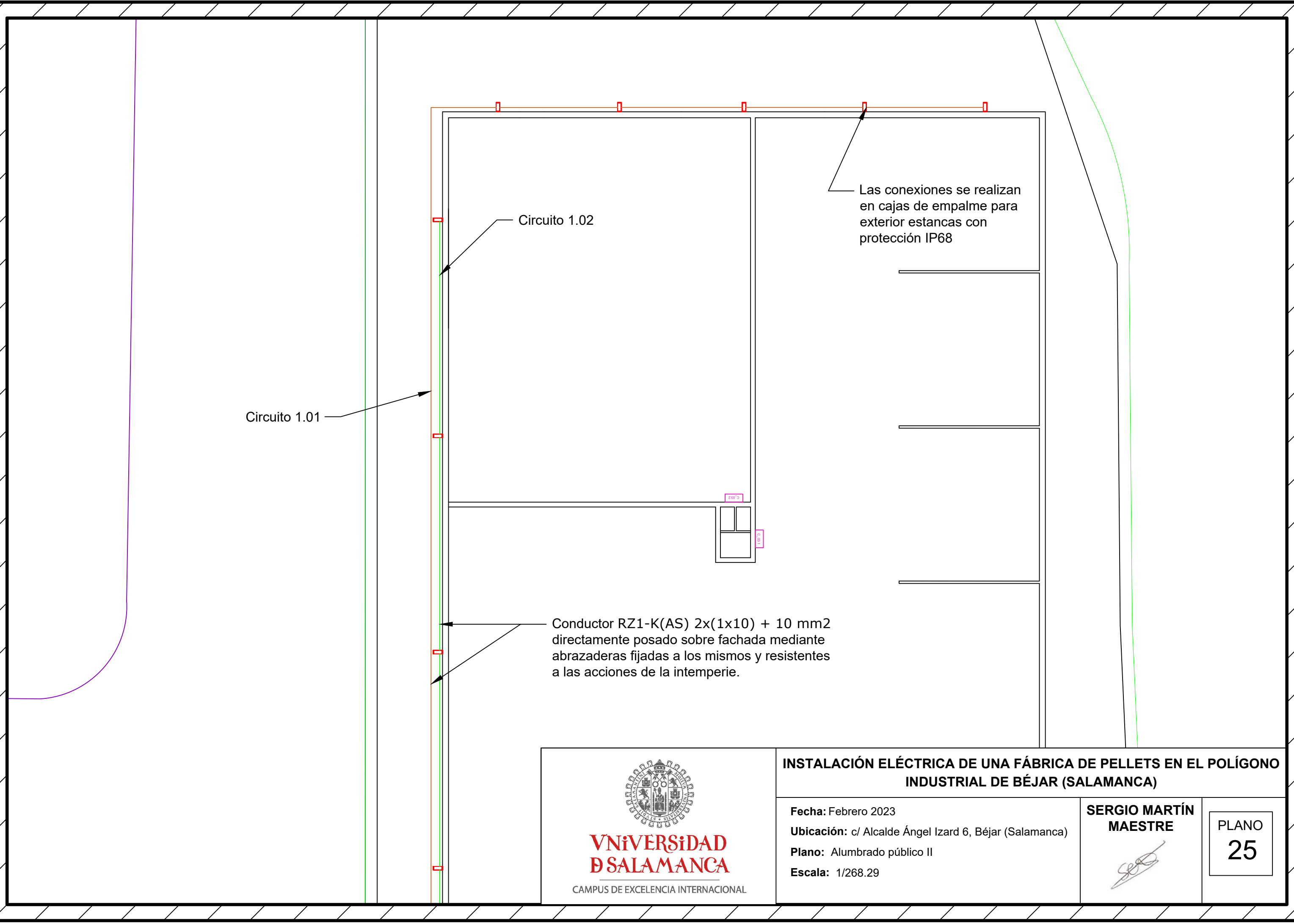
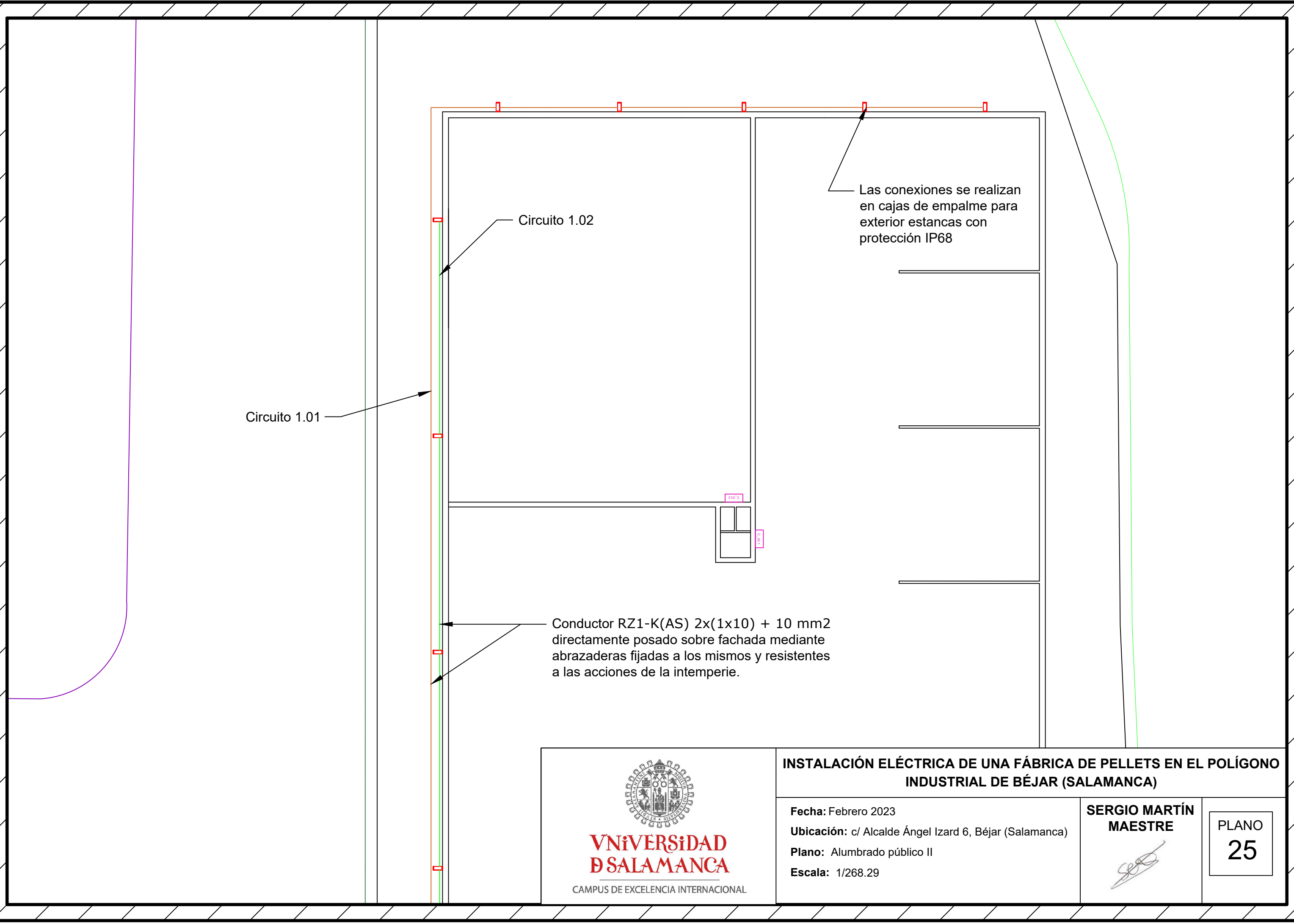
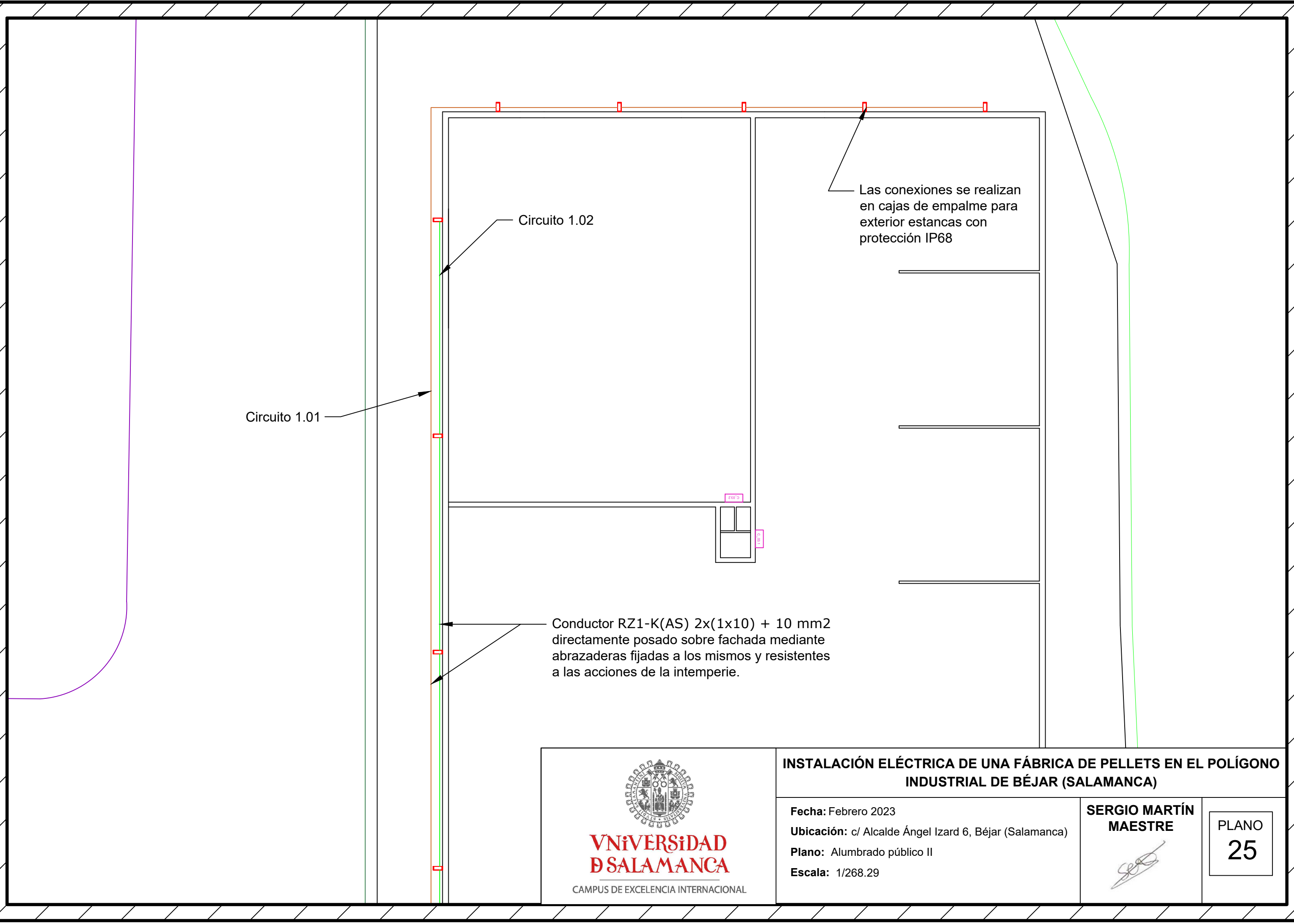
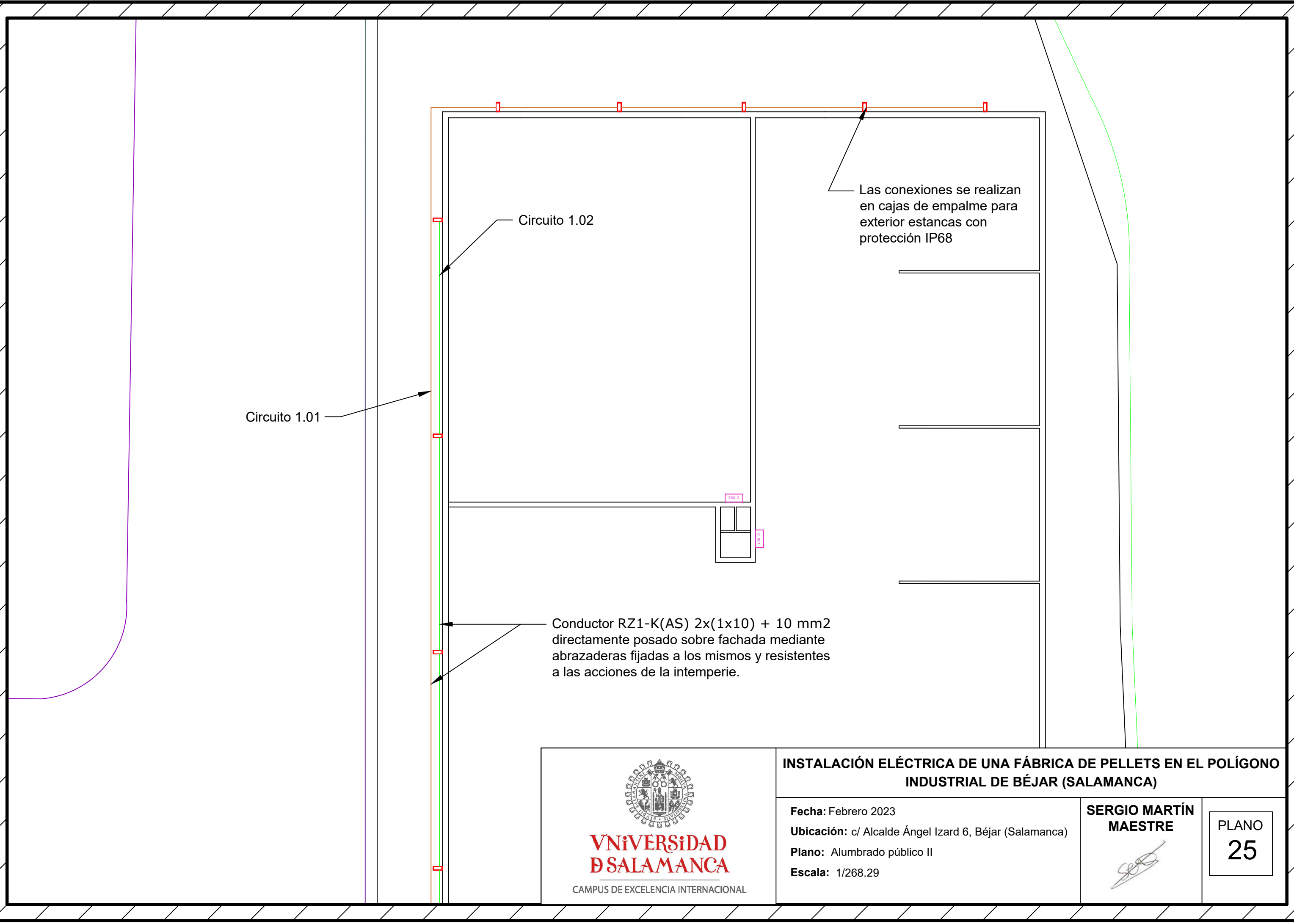
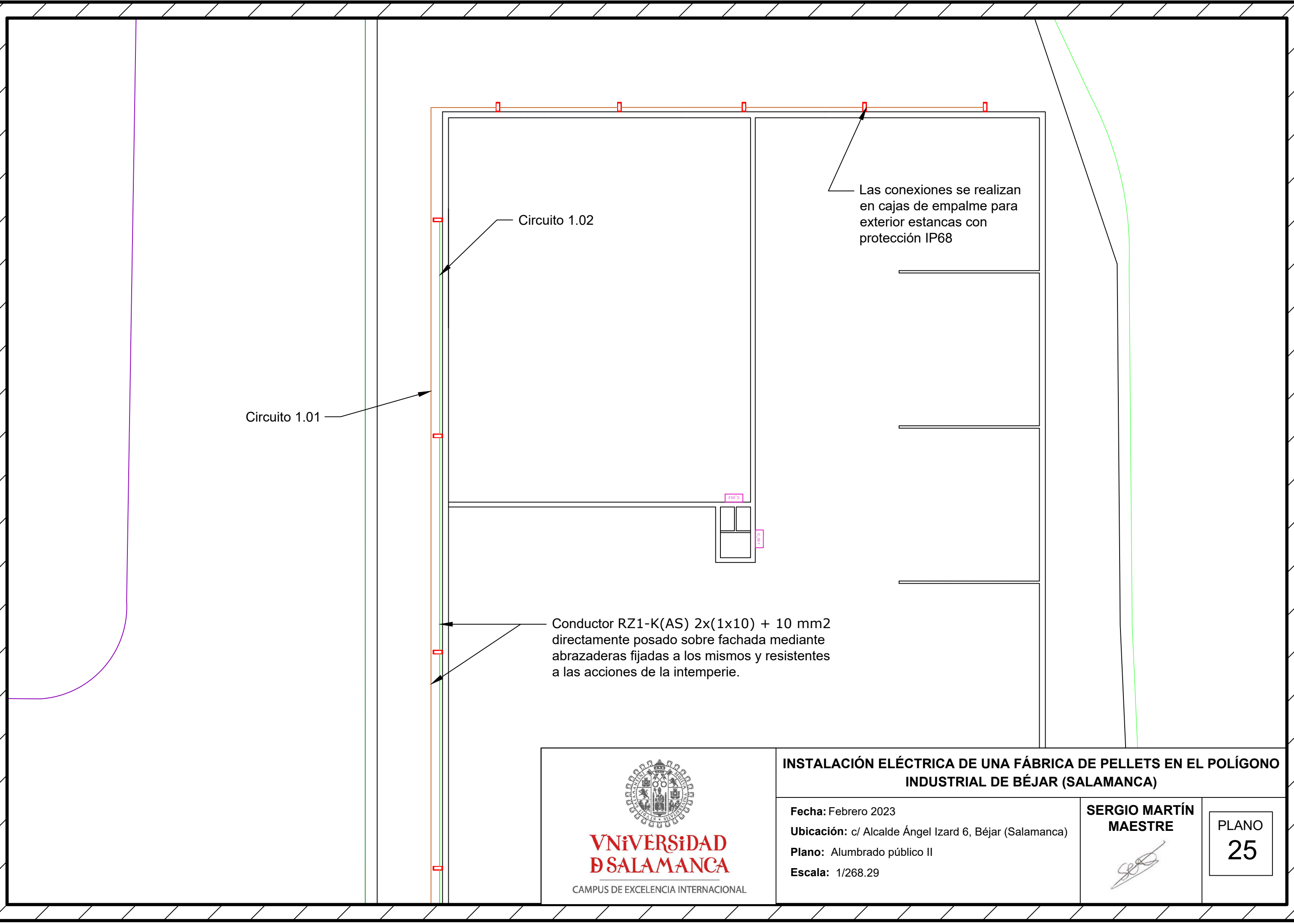
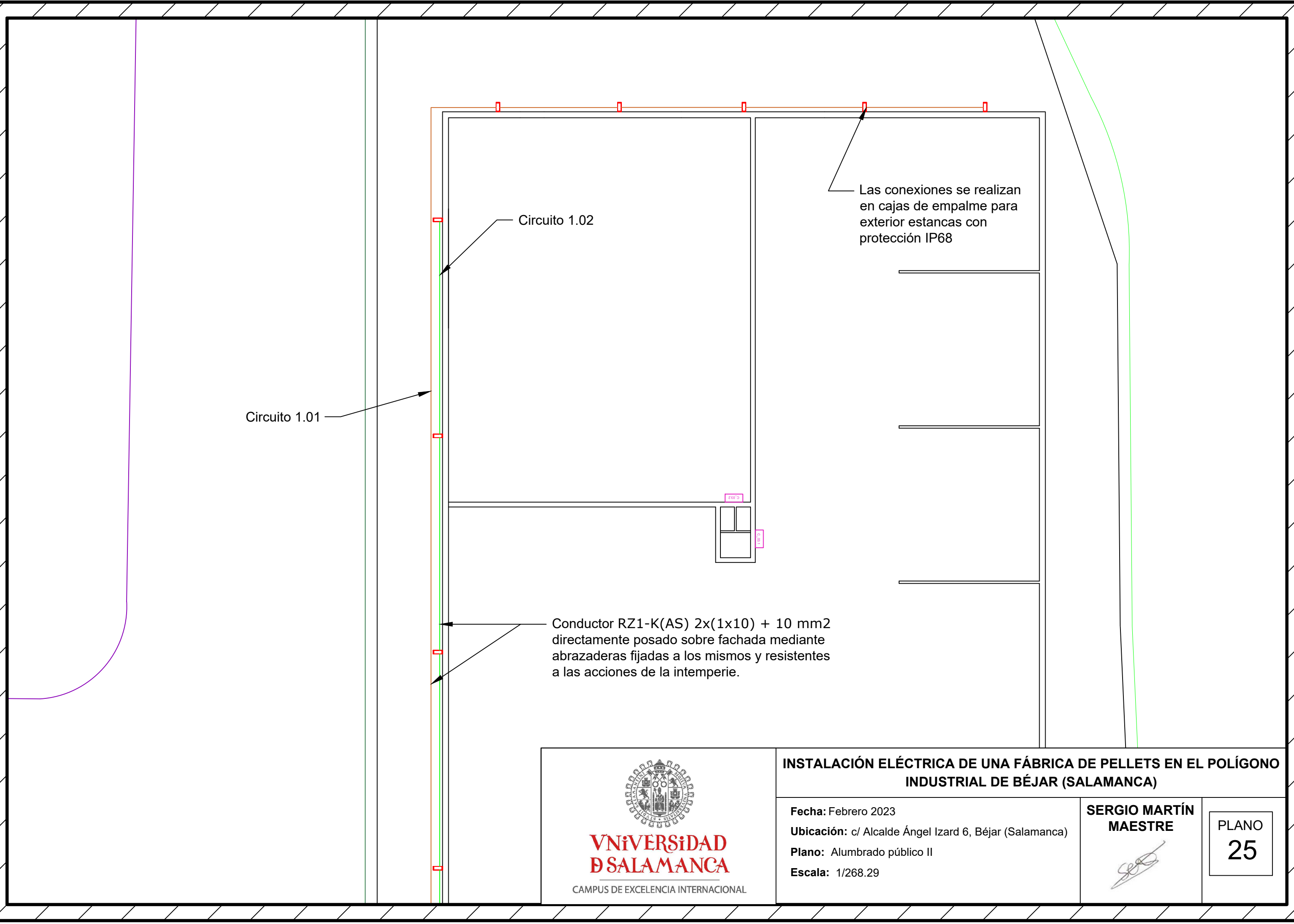
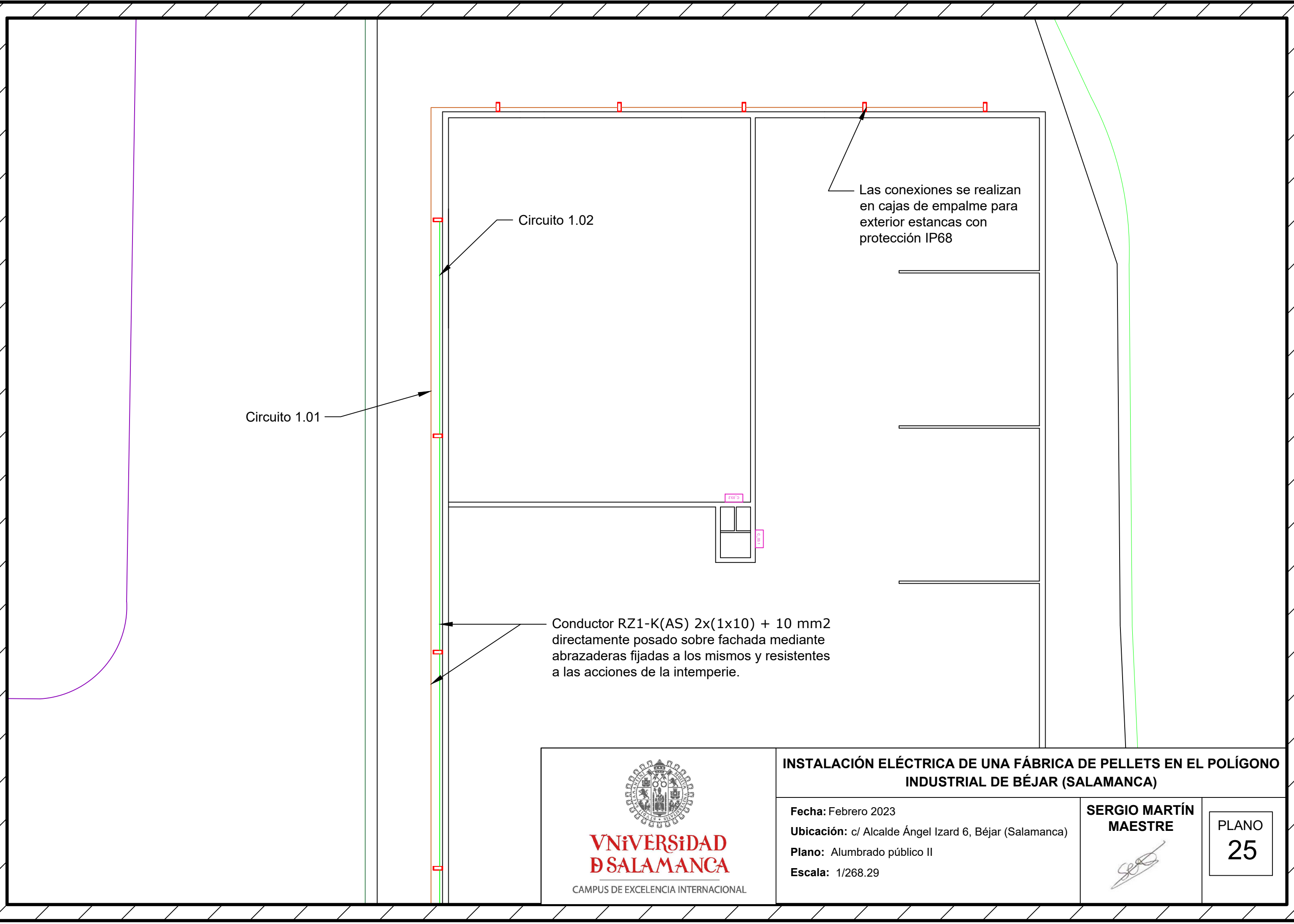
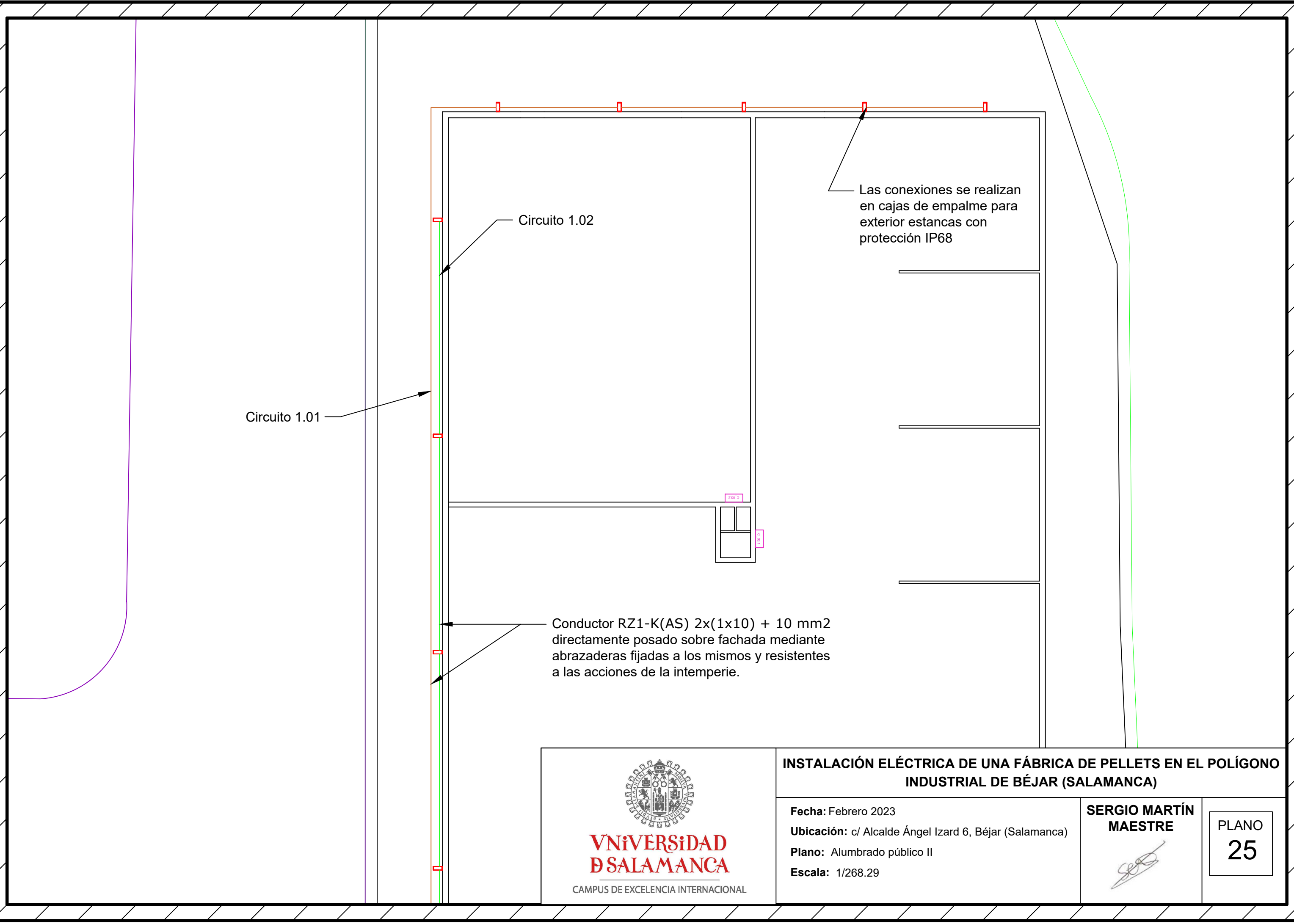
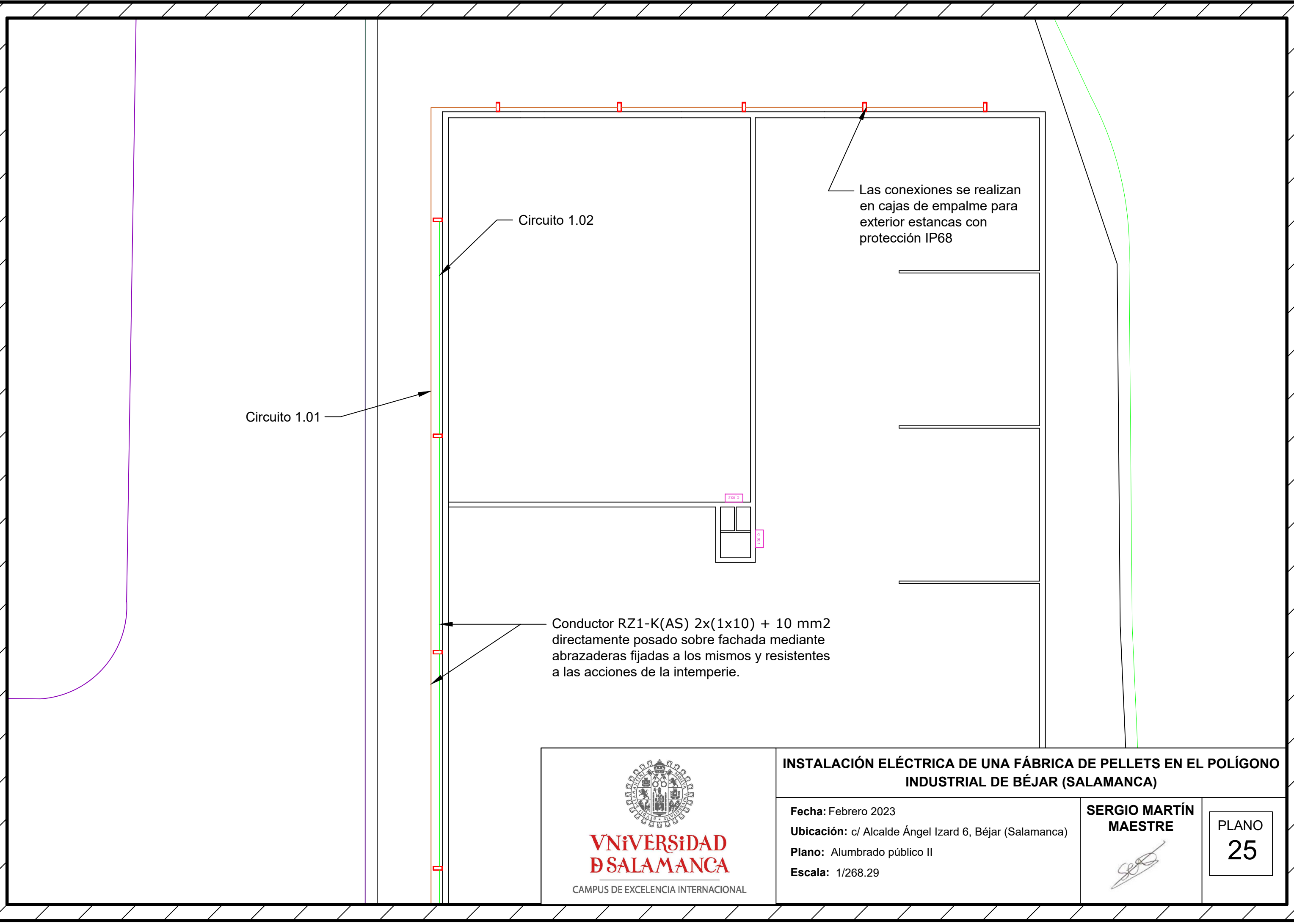
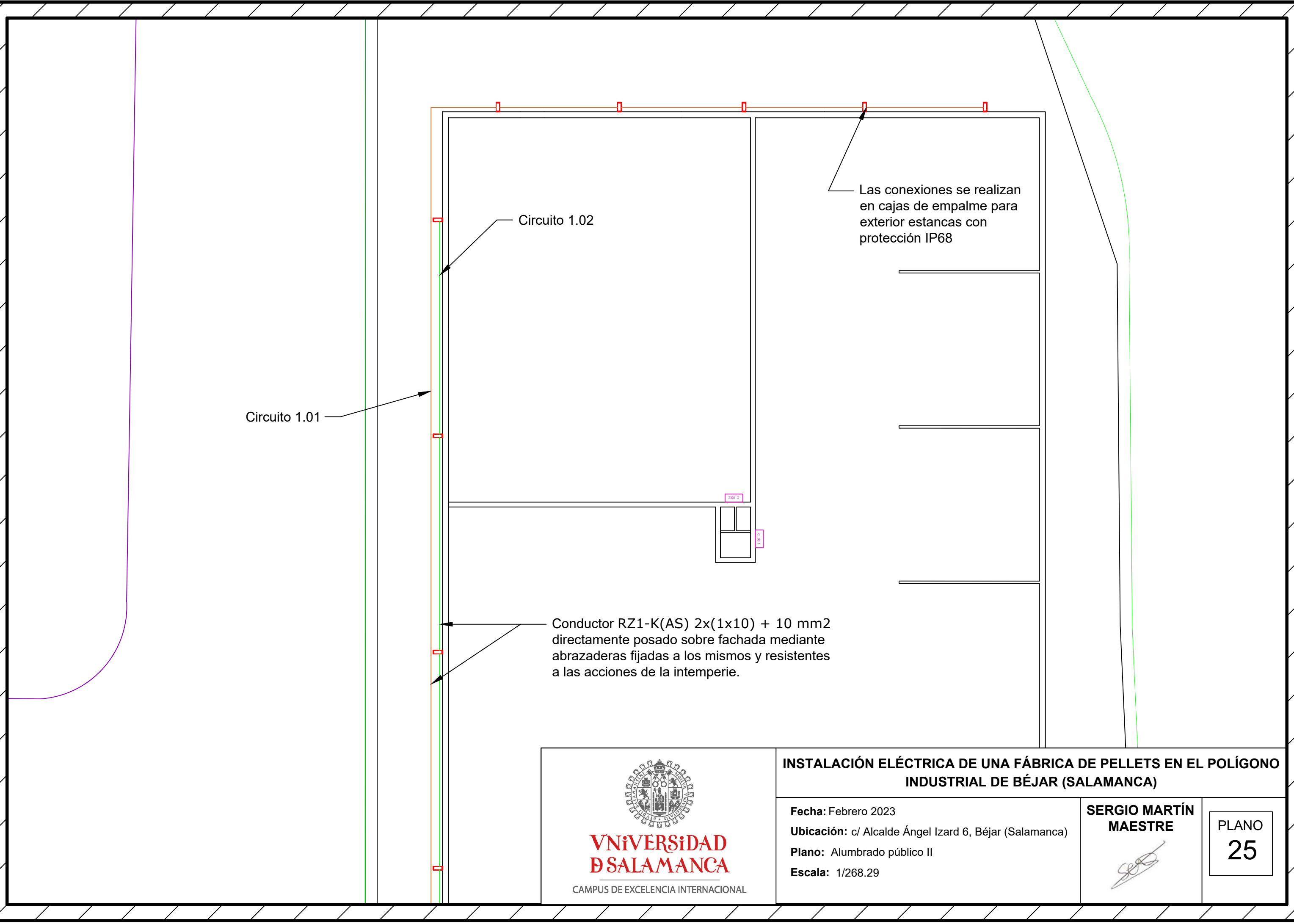
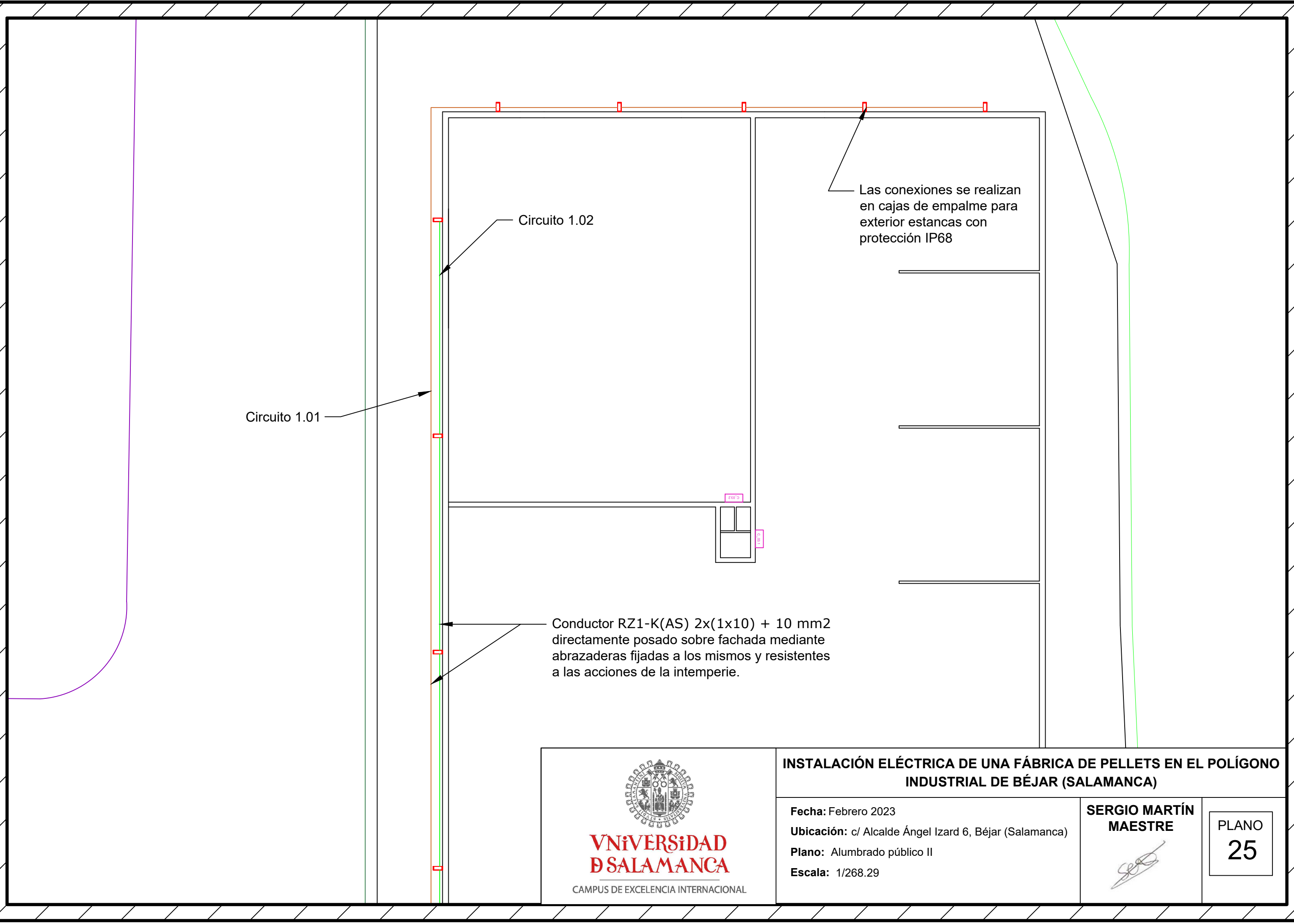
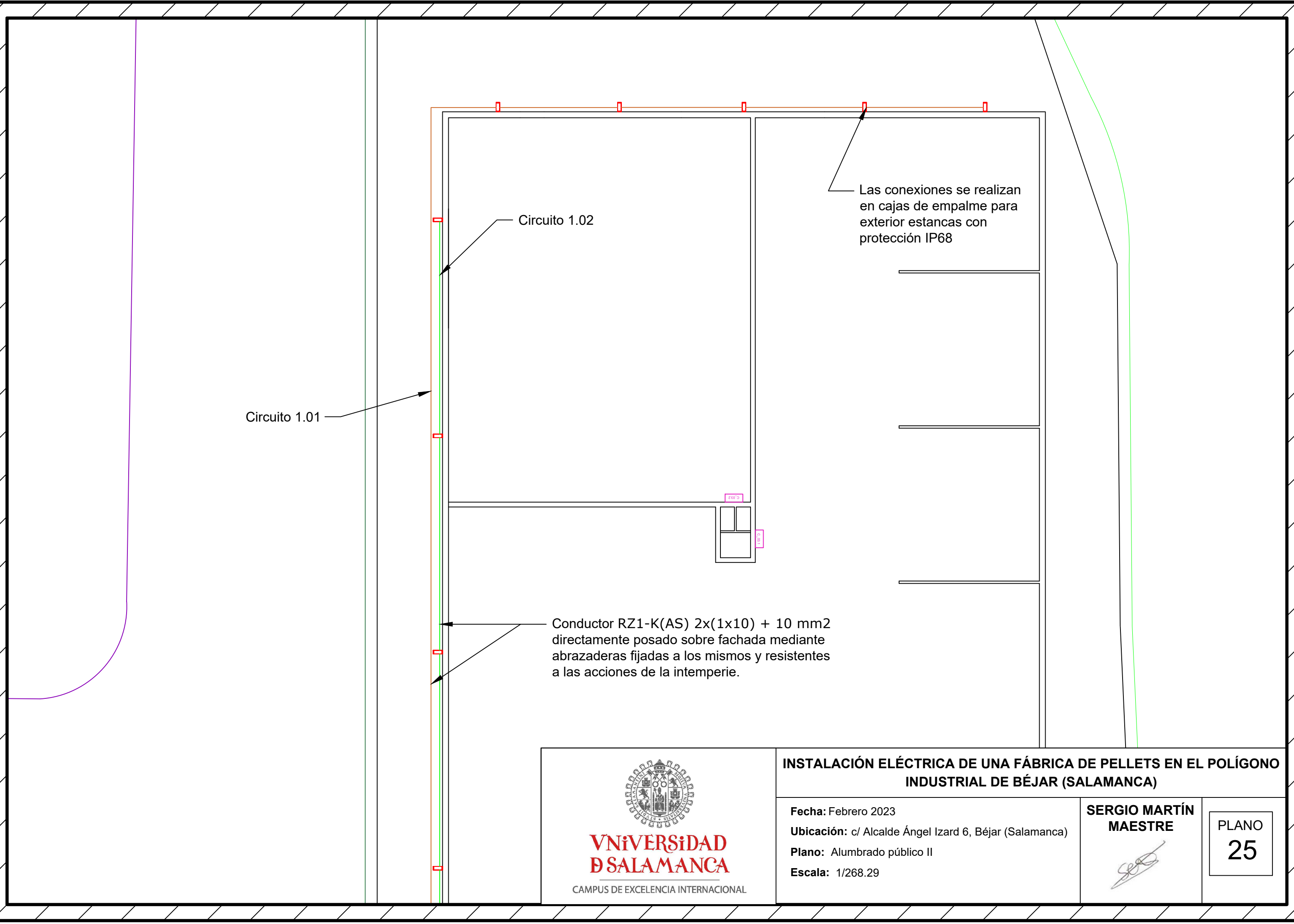
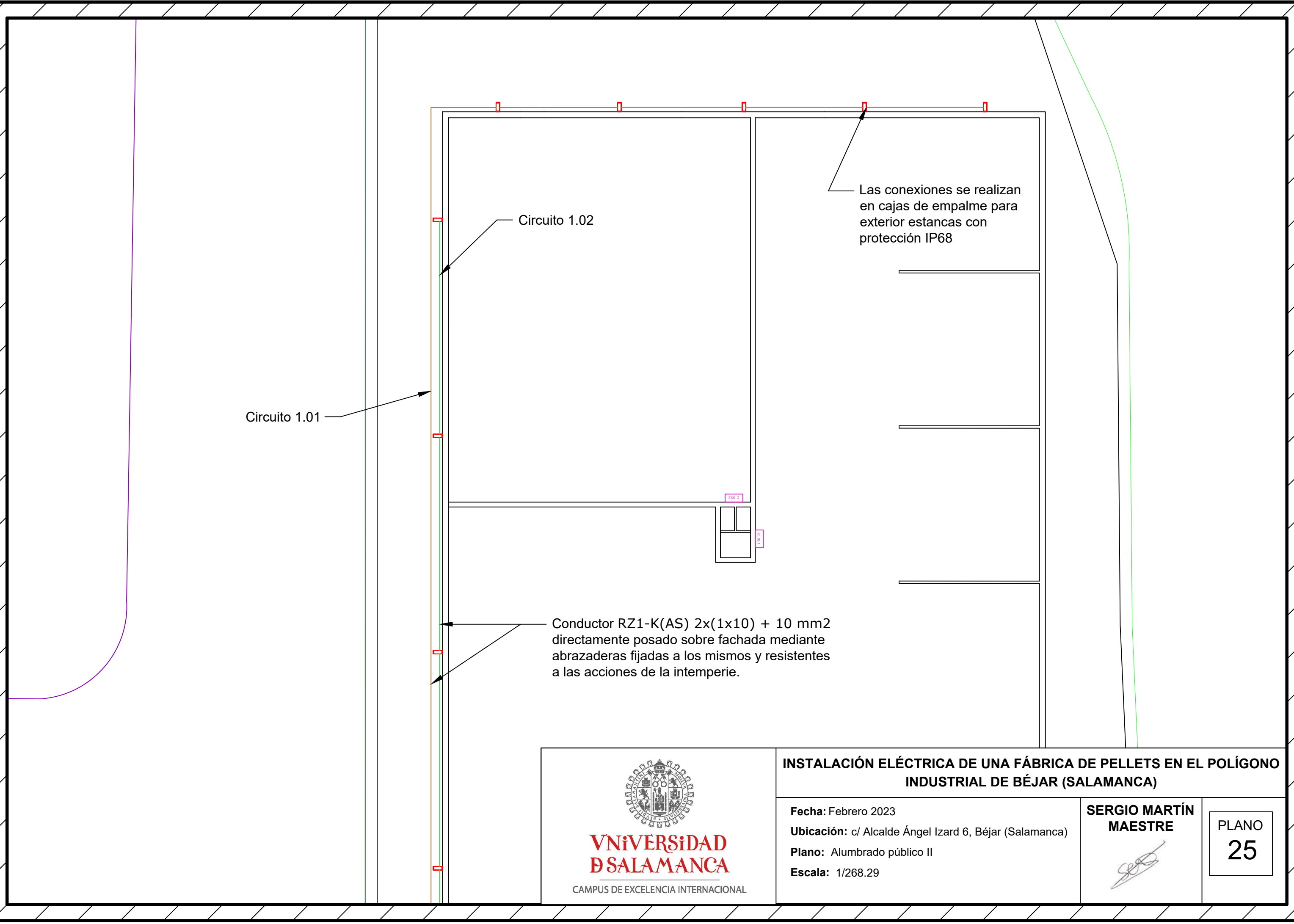
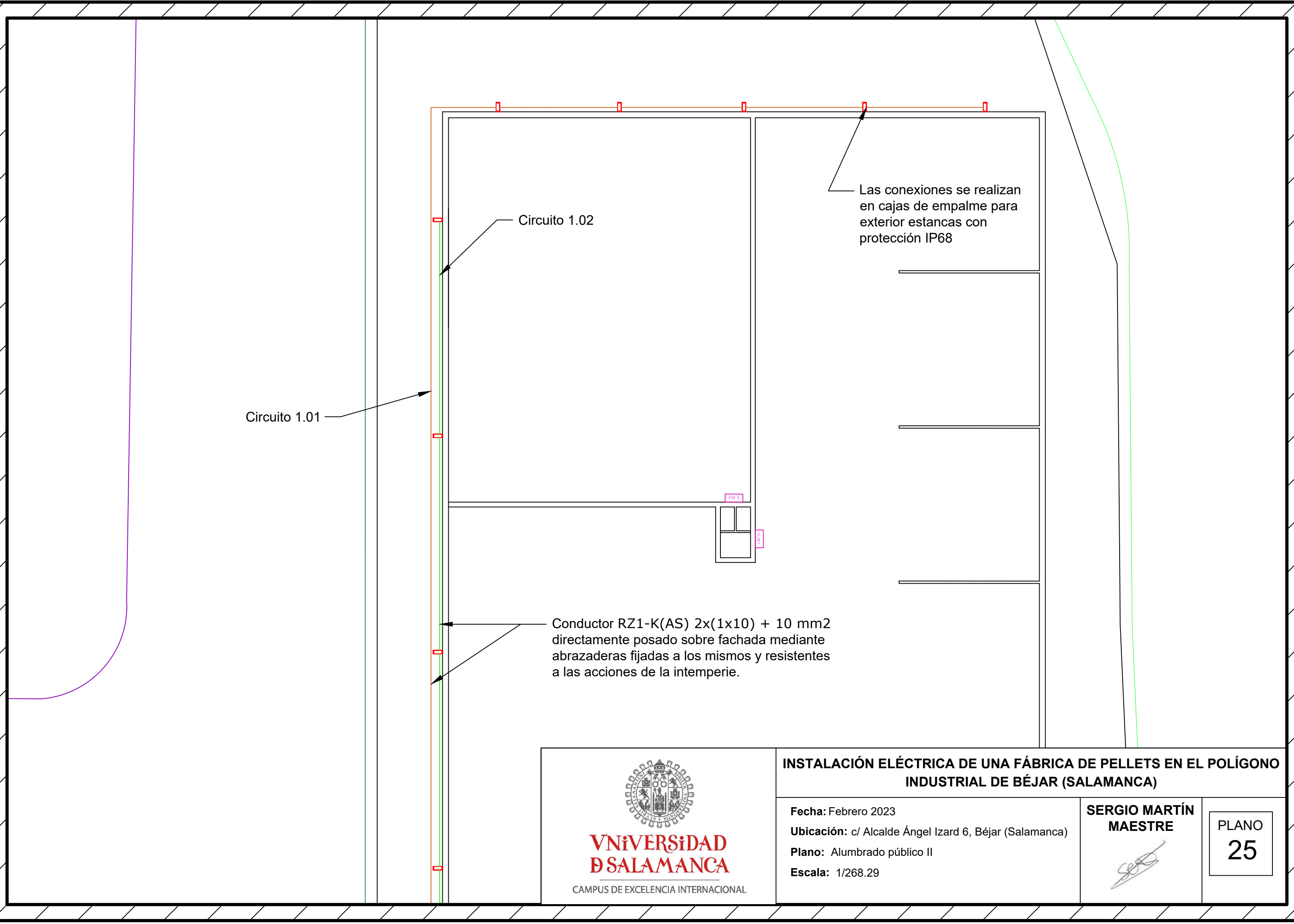
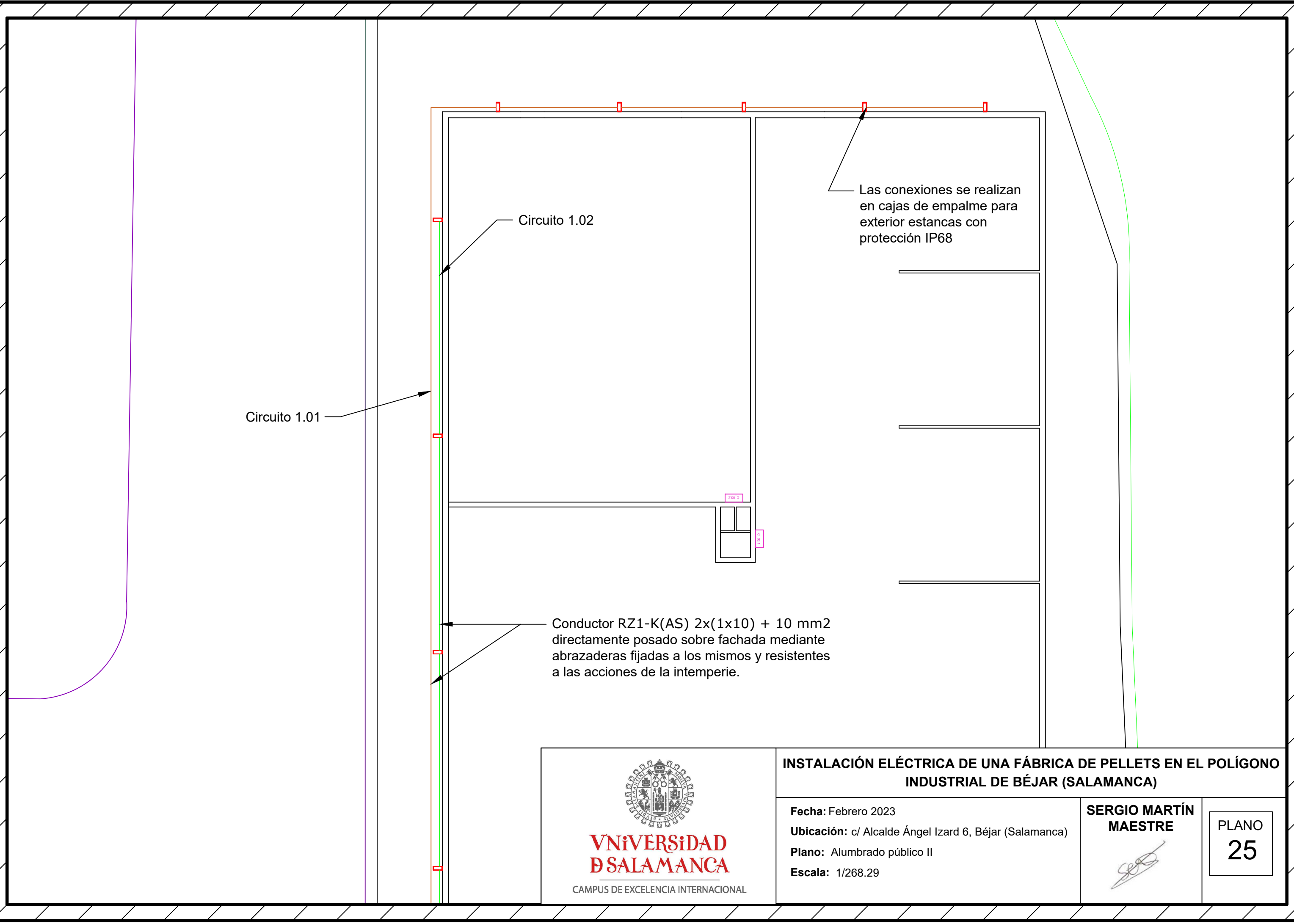
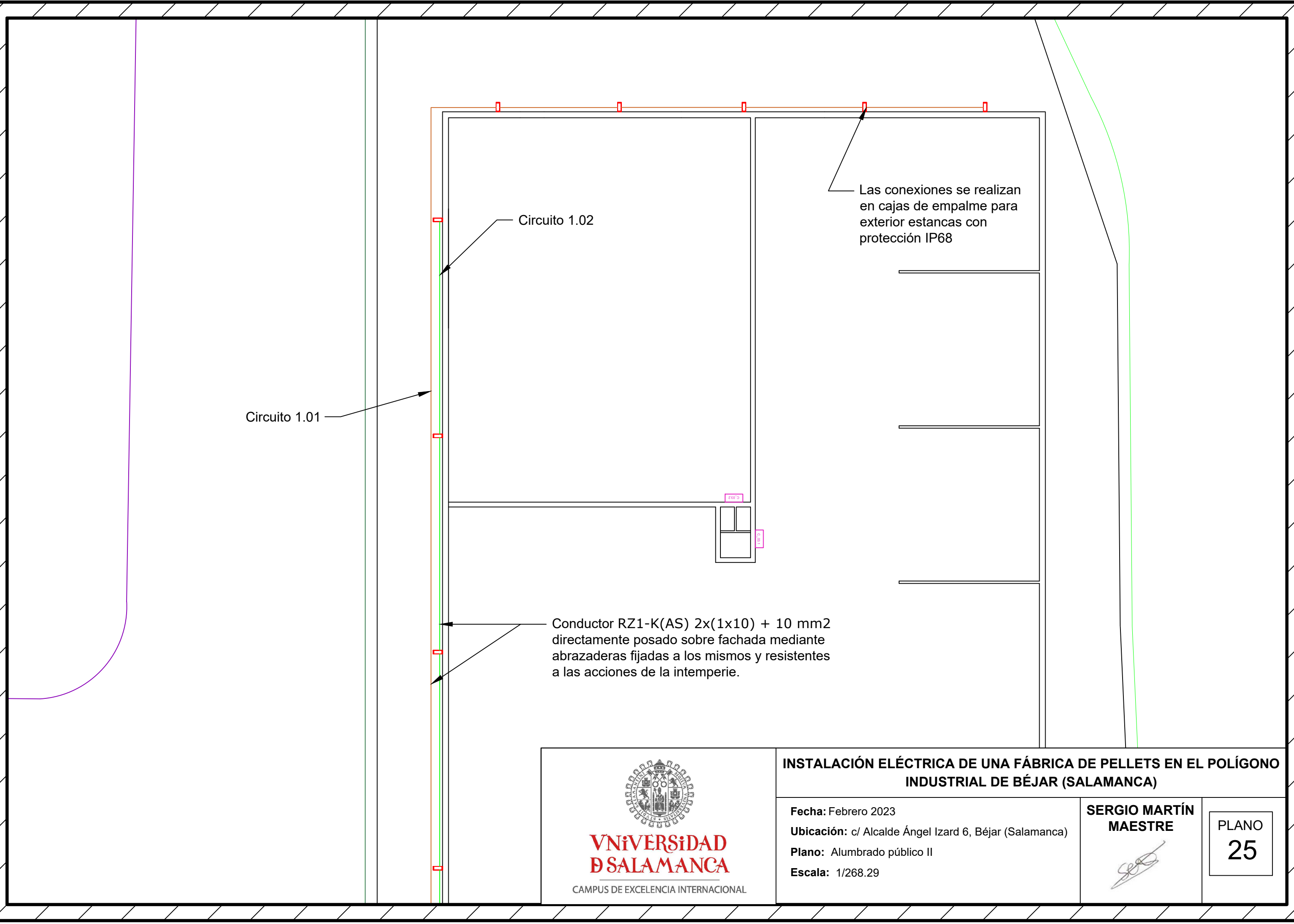
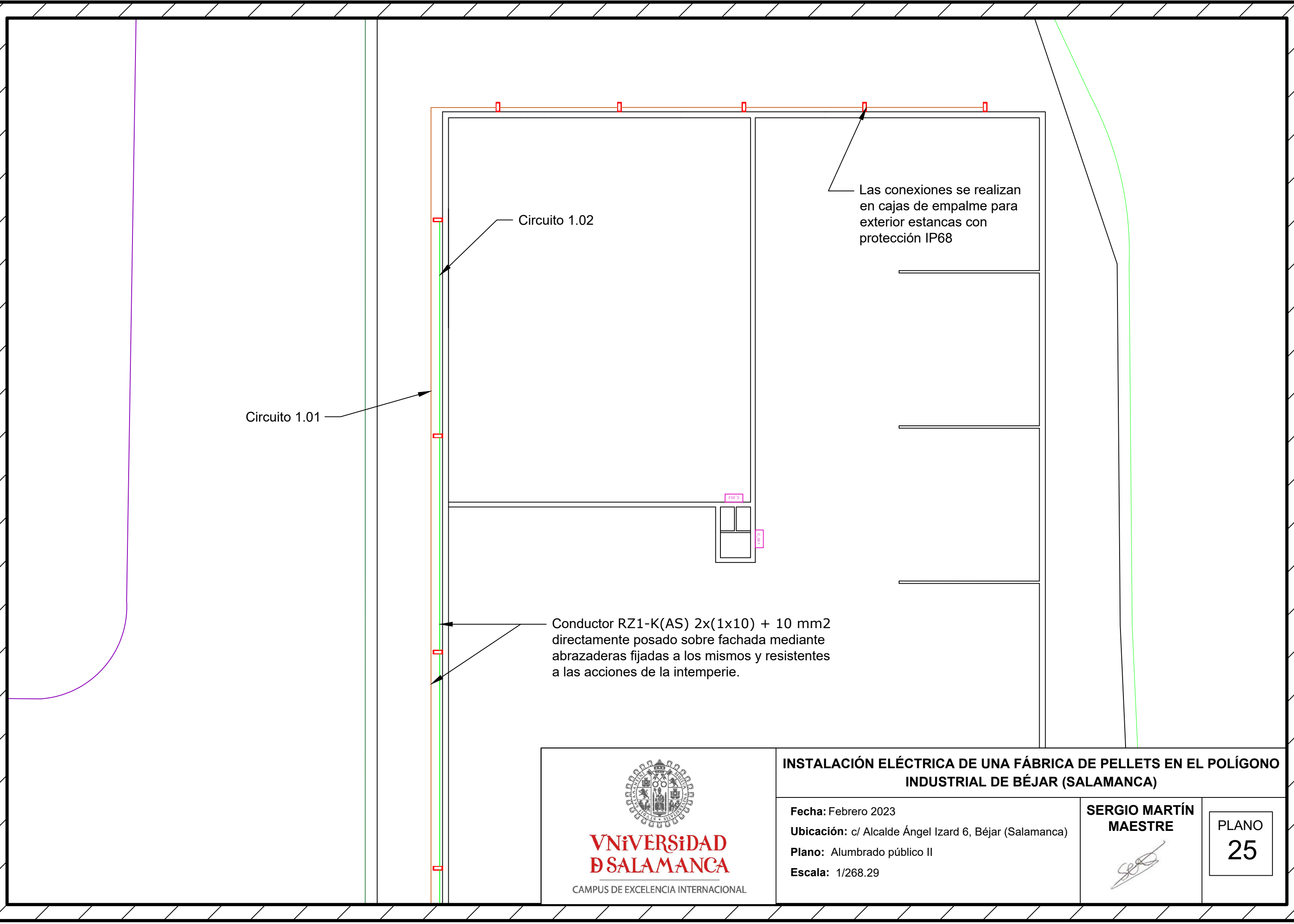
Ubicación: c/ Alcalde Ángel Izard 6, Béjar (Salamanca)

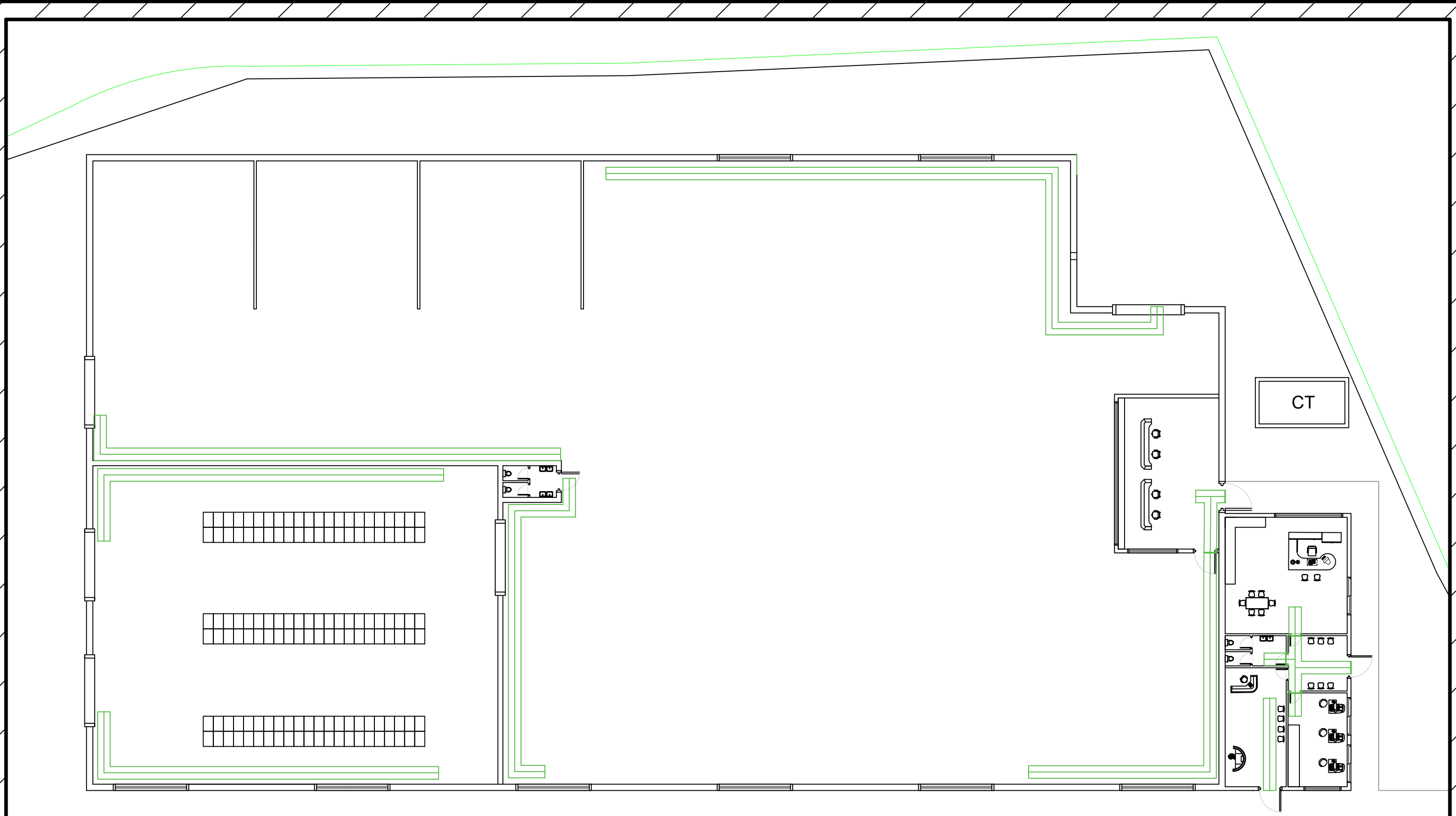
Plano: Alumbrado público I

Escala: 1/268.29

**SERGIO MARTÍN
MAESTRE**

PLANO
24



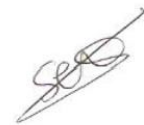


**VNIVERSIDAD
D SALAMANCA**

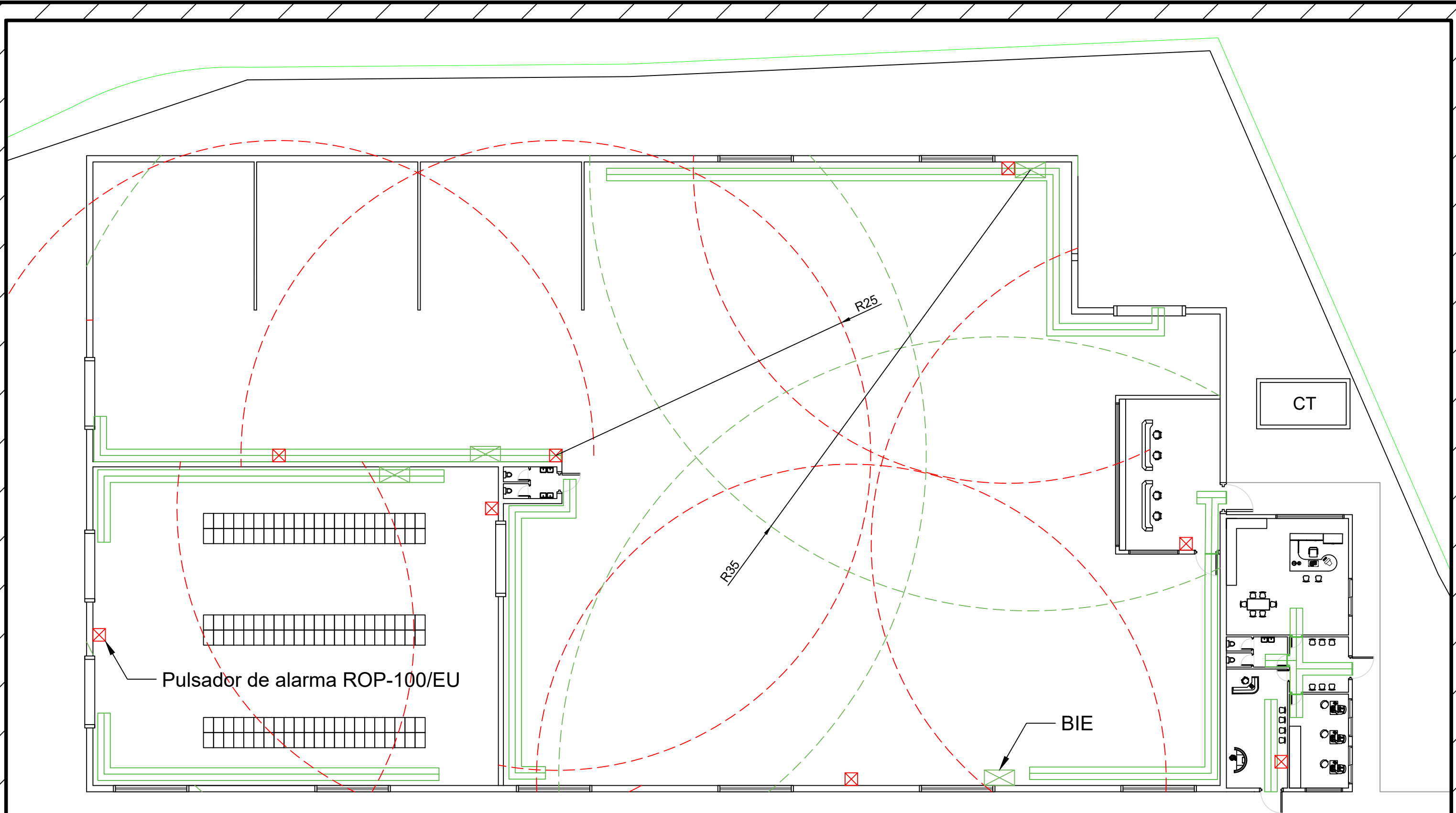
CAMPUS DE EXCELENCIA INTERNACIONAL

INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA FÁBRICA DE PELLETS EN EL POLÍGONO INDUSTRIAL DE BÉJAR (SALAMANCA)

Fecha: Febrero 2023
Ubicación: c/ Alcalde Ángel Izard 6, Béjar (Salamanca)
Plano: Recorridos de evacuación
Escala: 1/287

**SERGIO MARTÍN
MAESTRE**


PLANO
26



Los círculos verdes representan el radio de acción de las BIE y los rojos las distancias establecidas en la norma para la distancia a un pulsador desde cualquier punto de la nave.



**VNIVERSIDAD
D SALAMANCA**

CAMPUS DE EXCELENCIA INTERNACIONAL

INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA FÁBRICA DE PELLETS EN EL POLÍGONO INDUSTRIAL DE BÉJAR (SALAMANCA)

Fecha: Febrero 2023

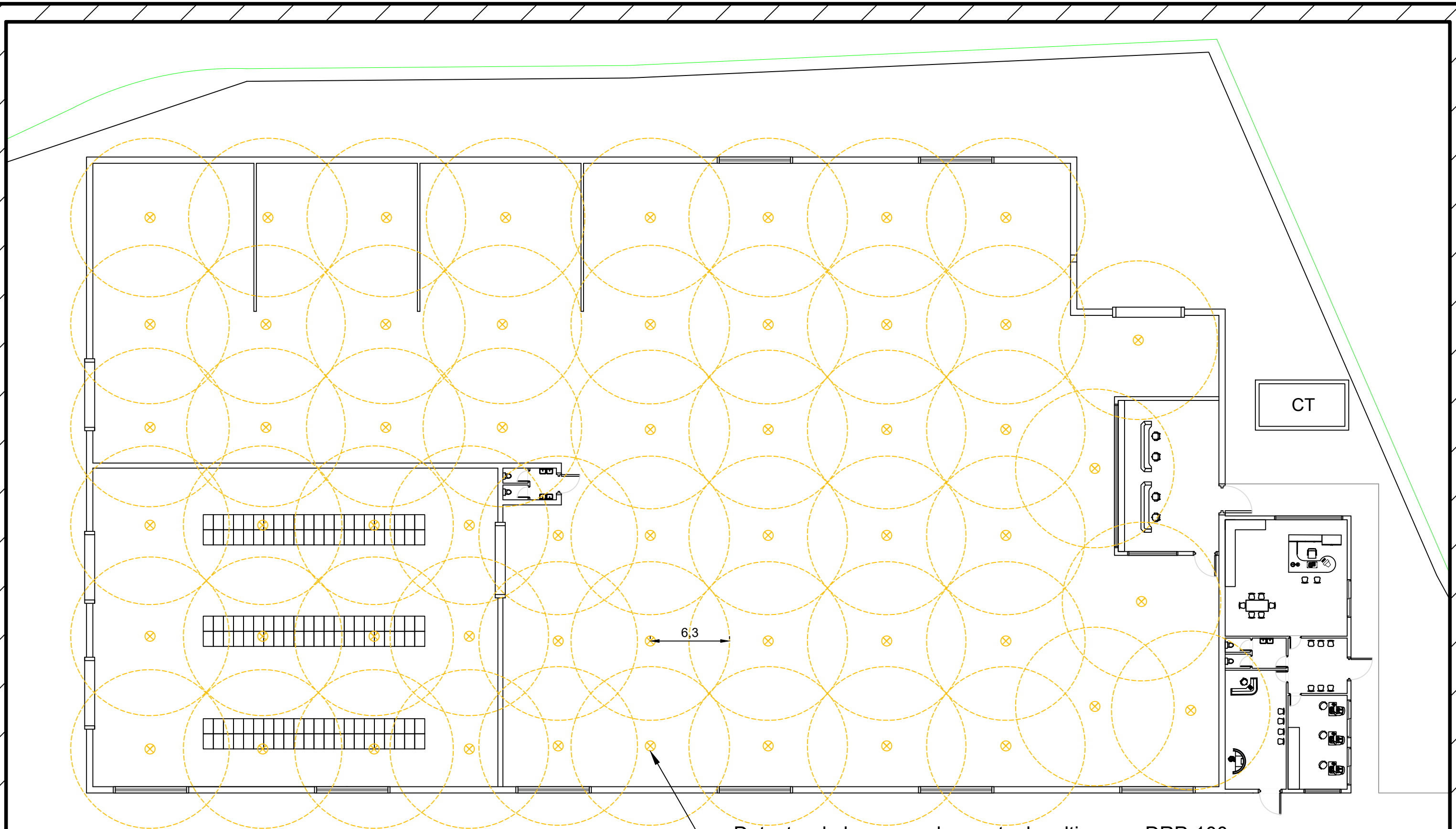
Ubicación: c/ Alcalde Ángel Izard 6, Béjar (Salamanca)

Plano: BIE y pulsadores de alarma

Escala: 1/287

**SERGIO MARTÍN
MAESTRE**

PLANO
27



Detector de humo y calor puntual multisensor DRP-100

Los círculos amarillos representan la distancia máxima horizontal desde cualquier punto del techo hasta el detector.



**VNIVERSIDAD
D SALAMANCA**

CAMPUS DE EXCELENCIA INTERNACIONAL

INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA FÁBRICA DE PELLETS EN EL POLÍGONO INDUSTRIAL DE BÉJAR (SALAMANCA)

Fecha: Febrero 2023

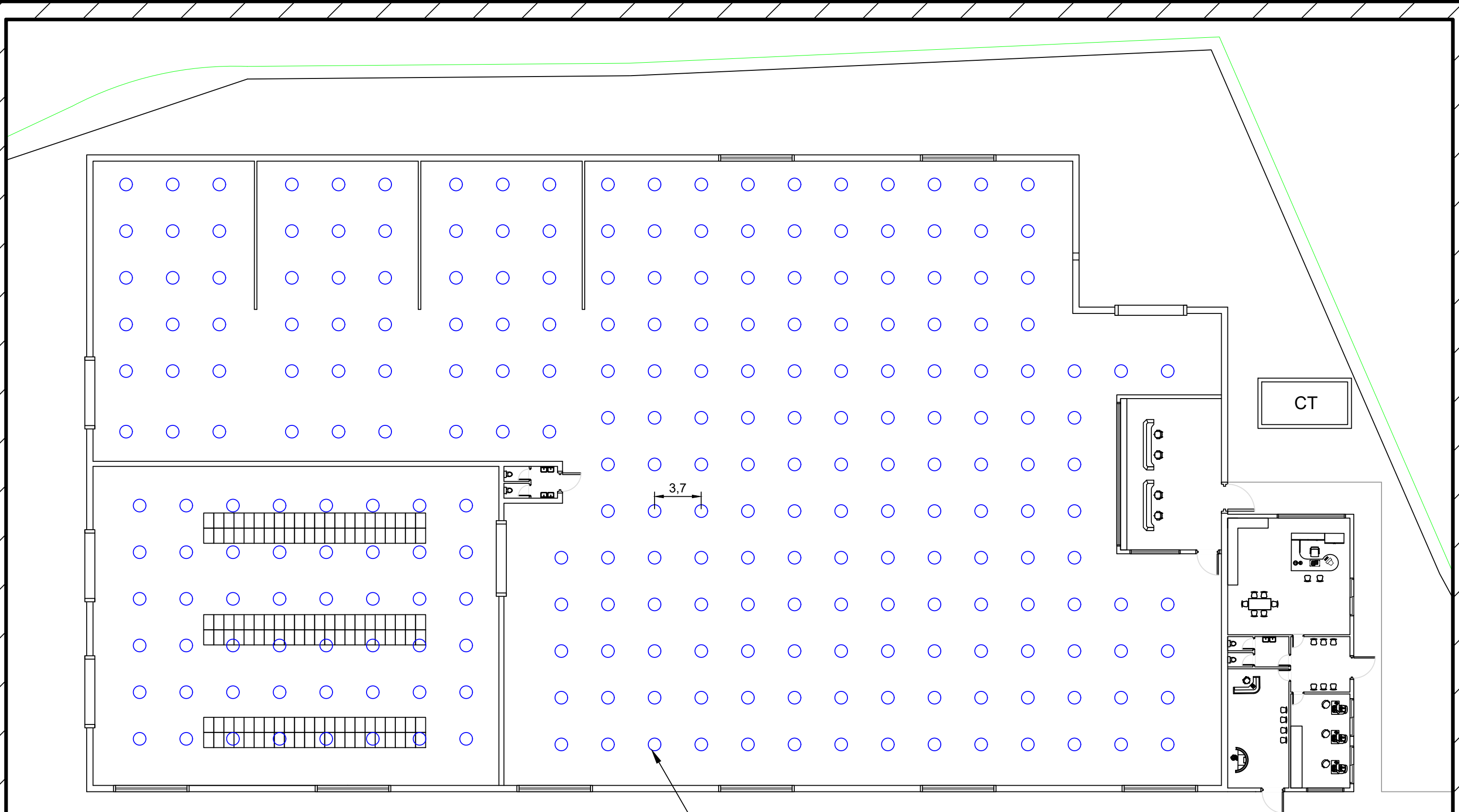
Ubicación: c/ Alcalde Ángel Izard 6, Béjar (Salamanca)

Plano: Detectores de incendio

Escala: 1/287

**SERGIO MARTÍN
MAESTRE**

PLANO
28



3,7

CT

Rocuator automático de agua

Los círculos amarillos representan la distancia máxima horizontal desde cualquier punto del techo hasta el detector.



**VNIVERSIDAD
D SALAMANCA**

CAMPUS DE EXCELENCIA INTERNACIONAL

INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA FÁBRICA DE PELLETS EN EL POLÍGONO INDUSTRIAL DE BÉJAR (SALAMANCA)

Fecha: Febrero 2023

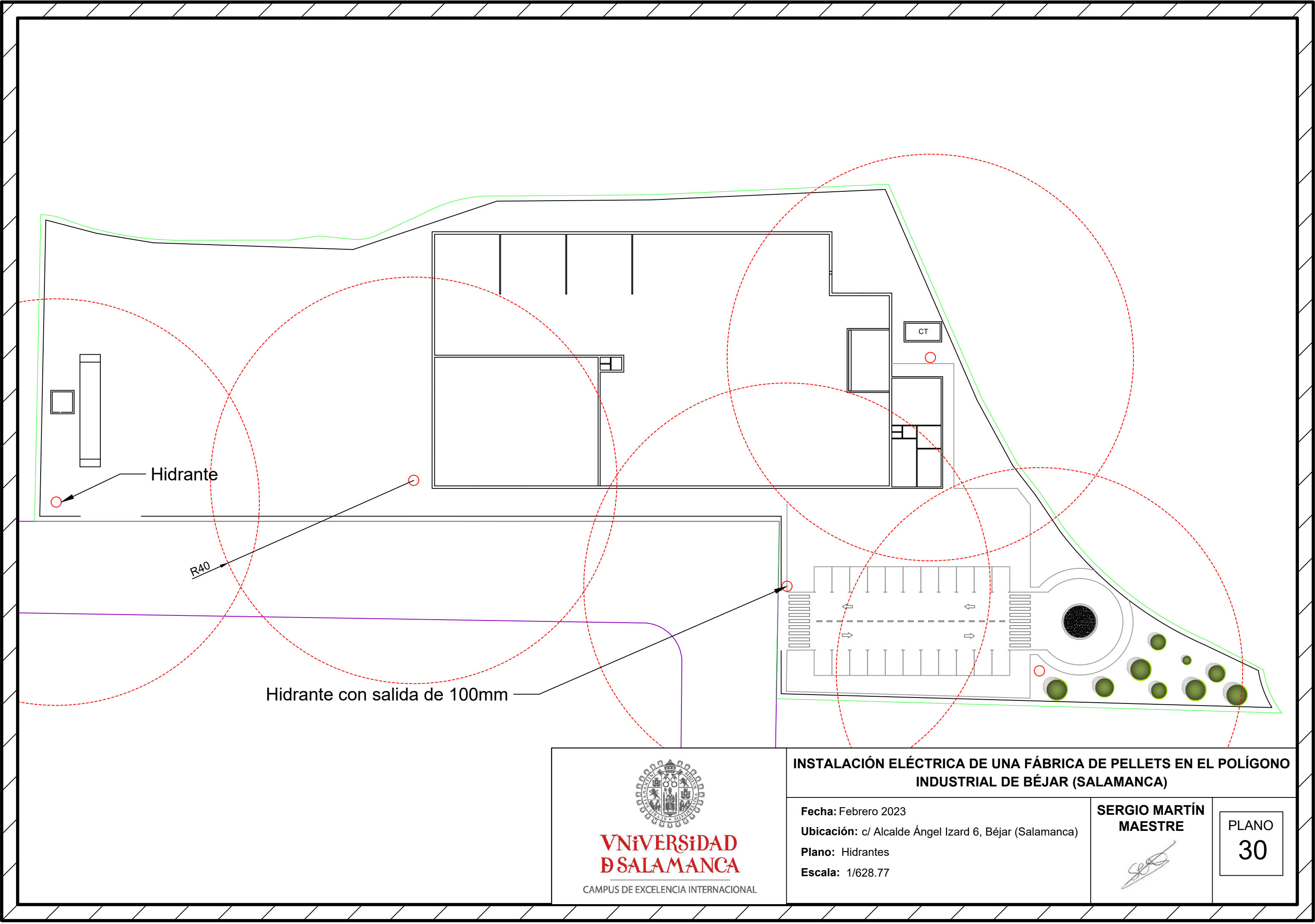
Ubicación: c/ Alcalde Ángel Izard 6, Béjar (Salamanca)

Plano: Rociadores automáticos de agua

Escala: 1/287

**SERGIO MARTÍN
MAESTRE**

PLANO
29



X.- Presupuesto

1.- PRESUPUESTO DESGLOSADO

Código	Descripción	Unidades	Cantidad	Precio (€/Ud..)	Importe (€)
1	INSTALACIÓN MEDIA TENSIÓN				
1.1	LÍNEA AÉREA				
	Materiales				
1.101	Apoyo C-3000-12-L2. Apoyo metálico de celosía, de 12 m de altura y 3000 daN de esfuerzo nominal, compuesto de cabeza prismática y fuste troncopiramidal de sección cuadrada, según UNE 207017. Cruceta metálica galvanizada modelo L2. Fabricante IME-DEXSA.	Ud.	3,00	2.746,00	8.238,00
1.102	Apoyo C-3000-12-B1. Apoyo metálico de celosía, de 12 m de altura y 3000 daN de esfuerzo nominal, compuesto de cabeza prismática y fuste troncopiramidal de sección cuadrada, según UNE 207017. Cruceta metálica galvanizada modelo B1. Fabricante IME-DEXSA.	Ud.	2,00	2.532,00	5.064,00
1.103	Cadena de amarre 3xU40B	Ud.	9,00	20,00	180,00
1.104	Cadena suspensión 2xU40B	Ud.	6,00	20,00	120,00
1.105	Hormigón HM-25/B/20/X0, fabricado en central para cimentaciones apoyo nº1.	m³	4,30	76,49	328,91
1.106	Hormigón HM-25/B/20/X0, fabricado en central para cimentaciones apoyo nº2.	m³	1,77	76,49	135,39
1.107	Hormigón HM-25/B/20/X0, fabricado en central para cimentaciones apoyo nº3.	m³	1,38	76,49	105,56
1.108	Hormigón HM-25/B/20/X0, fabricado en central para cimentaciones apoyo nº4.	m³	1,77	76,49	135,39
1.109	Hormigón HM-25/B/20/X0, fabricado en central para cimentaciones apoyo nº5.	m³	4,31	76,49	329,67
1.110	Seccionador EMP-SELA (UNIDAD) 24 KV NIVEL III	Ud.	3,00	103,45	310,35
1.111	Cortacircuitos fusible de expulsión seccionador modelo P-CFE 24	Ud.	3,00	302,30	906,90
1.112	Cortacircuitos fusible de expulsión seccionador modelo FE-20 24 kV	Ud.	3,00	272,02	816,06
1.113	Pararrayos de óxido metálico sin explosor con envolverte polimérica modelo POM-P 21/10	Ud.	1,00	133,41	133,41

Código	Descripción	Unidades	Cantidad	Precio (€/Ud..)	Importe (€)
1.114	Terminal exterior de intemperie para cable de 12/20 kV., tubo de acero galvanizado de 6" de diámetro, para protección mecánica de los cables, provisto de capuchón de protección en su parte superior	Ud.	3,00	177,19	531,57
1.115	Conductor de cobre desnudo de 50 mm ² , para puesta a tierra de apoyos y del pararrayos.	m	45,00	9,87	444,15
1.116	Conjunto Grapa KU1616 y Pica De Tierra 2 m UNE202006 Cobre	Ud.	10,00	18,30	183,00
1.117	Conductor desnudo de aluminio-acero para líneas eléctricas de alta tensión modelo 47-AL1/8-ST1A (LA 56)	m	1.680,00	0,58	980,95
Subtotales materiales:					18.943,30
Equipo y maquinaria					
1.118	Miniretroexcavadora sobre neumáticos, de 37,5 kW.	h	4,00	52,19	208,76
1.119	Camión con grúa de hasta 6 t.	h	10,00	56,47	564,70
Subtotal equipo y maq:					773,46
Mano de obra					
1.120	Oficial de 1ª construcción	h	17,00	21,41	363,97
1.121	Ayudante 1ª construcción	h	34,00	20,34	691,56
	Oficial 1ª electricista.	h	20,00	22,00	440,00
	Ayudante electricista.	h	20,00	20,30	406,00
Subtotal mano de obra:					1.901,53
Subtotal LÍNEA AÉREA:					21.618,29
1.2 LÍNEA SUBTERRÁNEA					
Materiales					
1.201	Arena de 0 a 5 mm de diámetro, limpia.	m ³	3,90	14,61	56,98
1.202	Tubo curvable, suministrado en rollo, de polietileno de doble pared (interior liso y exterior corrugado), de color naranja, de 160 mm de diámetro nominal, para canalización enterrada, resistencia a la compresión 450 N, resistencia al impacto 40 julios, con grado de protección IP549 según UNE 20324, con hilo guía incorporado. Según UNE-EN 61386-1, UNE-EN 61386-22 y UNE-EN 50086-2-4.	m	120,00	4,78	573,60

Código	Descripción	Unidades	Cantidad	Precio (€/Ud..)	Importe (€)
1.203	Cable unipolar HEPRZ1, siendo su tensión asignada de 12/20 kV, reacción al fuego clase Fca. según UNE-EN 50575, con conductor de aluminio clase 2 de 240 mm ² de sección, con aislamiento de etileno propileno de alto módulo (HEPR), pantalla de corona de hilos de cobre y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos (Z1). Según UNE-HD 620-9E.	m	180,00	25,30	4.554,00
1.204	Cinta de señalización de polietileno, de 150 mm de anchura, color amarillo, con la inscripción "¡ATENCIÓN! DEBAJO HAY CABLES ELÉCTRICOS" y triángulo de riesgo eléctrico.	m	120,00	0,26	31,20
1.205	Material auxiliar para instalaciones eléctricas.	Ud.	30,00	1,51	45,30
Subtotales materiales:					5.261,08
Equipo y maquinaria					
1.206	Dumper de descarga frontal de 2 t de carga útil.	h	8,00	10,58	84,64
1.207	Pisón vibrante de guiado manual, de 80 kg, con placa de 30x30 cm, tipo rana.	h	8,00	4,00	32,00
1.208	Camión cisterna, de 8 m ³ de capacidad.	h	4,00	121,25	485,00
Subtotal equipo y maq:					601,64
Mano de obra					
1.209	Oficial 1ª construcción.	h	5,46	21,41	116,90
1.210	Peón ordinario construcción.	h	5,46	20,10	109,75
1.211	Oficial 1ª electricista.	h	22,02	22,00	484,44
1.212	Ayudante electricista.	h	19,14	20,30	388,54
Subtotal mano de obra:					1.099,63
Subtotal LÍNEA SUBT.:					6.962,35
1.3 CENTRO DE TRANSFORMACIÓN					
Materiales					
1.301	Edificio prefabricado constituido por una envolvente, de estructura monobloque, de hormigón armado, tipo pfu.4/20, de dimensiones generales aproximadas 4460 mm de largo por 2380 mm de fondo por 3045 mm de alto. Incluye el edificio y todos sus elementos exteriores según CEI 622171-202	Ud.	1,00	8.400,00	8.400,00

Código	Descripción	Unidades	Cantidad	Precio (€/Ud..)	Importe (€)
1.302	cgmcosmos-l: Módulo metálico de corte y aislamiento íntegro en gas, preparado para una eventual inmersión, fabricado por ORMAZABAL y con las características especificadas en el proyecto.	Ud.	1,00	3.675,00	3675,00
1.303	cgmcosmos-p: Módulo metálico de corte y aislamiento íntegro en gas, preparado para una eventual inmersión, fabricado por ORMAZABAL y con las características especificadas en el proyecto.	Ud.	1,00	5.200,00	5.200,00
1.304	cgmcosmos-m: Módulo metálico, conteniendo en su interior debidamente montados y conexiados los aparatos y materiales adecuados, fabricado por ORMAZABAL y con las características especificadas en el proyecto	Ud.	1,00	6.150,00	6.150,00
1.305	Puentes MT: Cables MT 12/20 kV del tipo HEPRZ1, unipolares, con conductores de sección y material 1x50 Al, y terminaciones EUROMOLD de 24 kV del tipo enchufable acodada y modelo K158LR. En el otro extremo son del tipo atornillable y modelo K430TB.	m	30,00	39,17	1.175,10
1.306	Interconexión enchufable apantallada no accesible de la función de protección MT y de la función transformador mediante conjuntos de unión unipolares de aislamiento 36 kV ORMALINK de Ormazabal	Ud.	1,00	1.175,00	1.175,00
1.307	Transformador trifásico reductor de tensión marca ORMAZABAL, con neutro accesible en el secundario, de potencia 400 kVA y refrigeración natural aceite, de tensión primaria 20 kV y tensión secundaria 420 V en vacío (B2), grupo de conexión Dyn11, de tensión de cortocircuito de 4% y regulación primaria de +/- 5%, +/- 2,5%. Se incluye una protección con termómetro	Ud.	1,00	17.389,06	17.389,06

Código	Descripción	Unidades	Cantidad	Precio (€/Ud..)	Importe (€)
1.308	Cuadros BT - B2 Transformador 1: Interruptor en carga + Fusibles. Interruptor en carga de 630 A. 1 salida formada por base portafusible. Tensión nominal 440 V. Aislamiento 10 kV. Dimensiones 1820x580x300 mm.	Ud.	1,00	2.700,00	2.700,00
1.309	Juego de puentes de cables de BT, de sección y material 0,6/1 kV tipo RZ1 de 1x240Al sin armadura, y todos los accesorios para la conexión, formados por un grupo de cables en la cantidad 3xfase + 2xneutro de 2,5 m de longitud.	Ud.	1,00	1.050,00	1.050,00
1.310	Contador tarifador electrónico multifunción, registrador electrónico y regleta de verificación.	Ud.	1,00	2.831,00	2.831,00
1.311	Conductor de cobre desnudo de 50 mm ² .	m	20,00	9,87	197,40
1.312	Conjunto Grapa KU1616 y Pica De Tierra 2 m UNE202006 Cobre	Ud.	6,00	18,30	109,80
1.313	Cable unipolar RZ1-K (AS), siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV, reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1 según UNE-EN 50575, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 50 mm ² de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1). Según UNE 21123-4.	m	15,00	10,88	163,20
1.314	Protección metálica para defensa del transformador	Ud.	1,00	283,00	283,00
1.315	Equipo de iluminación + iluminación emergencia	Ud.	1,00	200,00	200,00
1.316	Equipos de operación, maniobra y seguridad en el edificio de transformación. Banquillo aislante. Par de guantes aislantes. Extintor de eficacia 89B. Palanca de accionamiento	Ud.	1,00	475,00	475,00
Subtotales materiales:					51.173,56
Mano de obra					
1.317	Oficial 1ª electricista.	h	40,00	22,00	880,00
1.318	Ayudante electricista.	h	40,00	20,30	812,00
Subtotal mano de obra:					1.692,00
Subtotal CT:					52.865,56

Código	Descripción	Unidades	Cantidad	Precio (€/Ud..)	Importe (€)
2	INSTALACIÓN DE BAJA TENSIÓN				
	Materiales				
	Cables				
2.001	Cable unipolar RZ1-K (AS), siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV, reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1 según UNE-EN 50575, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 150 mm ² de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1). Según UNE 21123-4.	m	60,00	31,58	1.894,80
2.002	Cable unipolar RZ1-K (AS), siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV, reacción al fuego clase Cca-s1b,d1, a1 según UNE-EN 50575, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 120 mm ² de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1). Según UNE 21123-4.	m	120,00	25,69	3.082,80
2.003	Cable unipolar RZ1-K (AS), siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV, reacción al fuego clase Cca-s1b, d1,a1 según UNE-EN 50575, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 95 mm ² de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1). Según UNE 21123-4.	m	200,00	20,09	4.018,00

Código	Descripción	Unidades	Cantidad	Precio (€/Ud..)	Importe (€)
2.004	Cable unipolar RZ1-K (AS), siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV, reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1 según UNE-EN 50575, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 70 mm ² de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1). Según UNE 21123-4.	m	300,00	15,43	4.629,00
2.005	Cable unipolar RZ1-K (AS), siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV, reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1 según UNE-EN 50575, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 50 mm ² de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1). Según UNE 21123-4.	m	40,00	10,88	435,20
2.006	Cable unipolar RZ1-K (AS), siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV, reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1 según UNE-EN 50575, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 35 mm ² de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1). Según UNE 21123-4.	m	140,00	7,73	1.082,20
2.007	Cable unipolar RZ1-K (AS), siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV, reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1 según UNE-EN 50575, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 16 mm ² de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1). Según UNE 21123-4.	m	720,00	3,70	2.664,00

Código	Descripción	Unidades	Cantidad	Precio (€/Ud..)	Importe (€)
2.008	Cable unipolar RZ1-K (AS), siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV, reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1 según UNE-EN 50575, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 10 mm ² de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1). Según UNE 21123-4.	m	2.047,00	2,49	5.097,03
2.009	Cable unipolar RZ1-K (AS), siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV, reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1 según UNE-EN 50575, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 6 mm ² de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1). Según UNE 21123-4.	m	240,00	1,57	376,80
2.010	Cable unipolar RZ1-K (AS), siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV, reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1 según UNE-EN 50575, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 4 mm ² de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1). Según UNE 21123-4.	m	480,00	1,17	561,60
2.011	Cable unipolar RZ1-K (AS), siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV, reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1 según UNE-EN 50575, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 2,5 mm ² de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1). Según UNE 21123-4.	m	880,00	0,83	730,40

Código	Descripción	Unidades	Cantidad	Precio (€/Ud..)	Importe (€)
2.012	Cable unipolar RZ1-K (AS), siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV, reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1 según UNE-EN 50575, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 1,5 mm ² de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1). Según UNE 21123-4.	m	240,00	0,47	112,80
Cuadros					
2.013	Caja de distribución de plástico, de superficie, con puerta transparente, con grados de protección IP40 e IK07, aislamiento clase II, tensión nominal 400 V, para 48 módulos, en 4 filas, de 287x653x112 mm, con carril DIN, terminales de neutro y de tierra, tirador de apertura y tapas cubre módulos, incluso accesorios de montaje según UNE-EN 60670-1.	Ud..	1,00	84,51	84,51
2.014	Caja de distribución de plástico, de superficie, con puerta transparente, con grados de protección IP40 e IK07, aislamiento clase II, tensión nominal 400 V, para 18 módulos, de 396x236x112 mm, con carril DIN, terminales de neutro y de tierra, tirador de apertura y tapas cubre módulos, incluso accesorios de montaje según UNE-EN 60670-1.	Ud..	1,00	31,90	31,90
2.015	Caja de distribución de plástico, de superficie, con puerta transparente, con grados de protección IP40 e IK07, aislamiento clase II, tensión nominal 400 V, para 12 módulos, de 287x236x112 mm, con carril DIN, terminales de neutro y de tierra, tirador de apertura y tapas cubre módulos, incluso accesorios de montaje según UNE-EN 60670-1.	Ud..	2,00	24,77	49,54

Código	Descripción	Unidades	Cantidad	Precio (€/Ud..)	Importe (€)
2.016	Caja de distribución de plástico, de superficie, con puerta transparente, con grados de protección IP40 e IK07, aislamiento clase II, tensión nominal 400 V, para 8 módulos, de 215x236x112 mm, con carril DIN, terminales de neutro y de tierra, tirador de apertura y tapas cubre módulos, incluso accesorios de montaje según UNE-EN 60670-1.	Ud..	5,00	19,01	95,05
Aparamenta					
2.017	Interruptor diferencial instantáneo, de 2 módulos, bipolar (2P), intensidad nominal 25 A, sensibilidad 30 mA, poder de corte 6 kA, clase AC, de 36x80x77,8 mm, grado de protección IP20, montaje sobre carril DIN (35 mm) y fijación a carril mediante garras, según UNE-EN 61008-1.	Ud..	12,00	22,00	264,00
2.018	Interruptor diferencial instantáneo, de 4 módulos, tetrapolar (4P), intensidad nominal 25 A, sensibilidad 30 mA, poder de corte 6 kA, clase AC, de 72x80x77,8 mm, grado de protección IP20, montaje sobre carril DIN (35 mm) y fijación a carril mediante garras, según UNE-EN 61008-1.	Ud..	11,00	53,00	583,00
2.019	Interruptor diferencial instantáneo, de 4 módulos, tetrapolar (4P), intensidad nominal 40 A, sensibilidad 30 mA, poder de corte 6 kA, clase AC, de 72x80x77,8 mm, grado de protección IP20, montaje sobre carril DIN (35 mm) y fijación a carril mediante garras, según UNE-EN 61008-1.	Ud..	2,00	90,00	180,00
2.020	Interruptor diferencial instantáneo, de 4 módulos, tetrapolar (4P), intensidad nominal 63 A, sensibilidad 300 mA, poder de corte 6 kA, clase AC, de 72x80x77,8 mm, grado de protección IP20, montaje sobre carril DIN (35 mm) y fijación a carril mediante garras, según UNE-EN 61008-1.	Ud..	1,00	125,00	125,00

Código	Descripción	Unidades	Cantidad	Precio (€/Ud..)	Importe (€)
2.021	Interruptor diferencial instantáneo, de 4 módulos, tetrapolar (4P), intensidad nominal 125 A, sensibilidad 500 mA, poder de corte 6 kA, clase AC, de 72x80x77,8 mm, grado de protección IP20, montaje sobre carril DIN (35 mm) y fijación a carril mediante garras, según UNE-EN 61008-1.	Ud..	1,00	380,00	380,00
2.022	Interruptor diferencial instantáneo, de 4 módulos, tetrapolar (4P), intensidad nominal 160 A, sensibilidad 500 mA, poder de corte 6 kA, clase AC, de 72x80x77,8 mm, grado de protección IP20, montaje sobre carril DIN (35 mm) y fijación a carril mediante garras, según UNE-EN 61008-1.	Ud..	1,00	450,00	450,00
2.023	Interruptor horario programable.	Ud..	3,00	50,00	150,00
2.024	Interruptor automático magnetotérmico, de 2 módulos, bipolar (2P), intensidad nominal 10 A, poder de corte 6 kA, curva C, de 36x80x77,8 mm, grado de protección IP20, montaje sobre carril DIN (35 mm) y fijación a carril mediante garras, según UNE-EN 60898-1.	Ud..	10,00	25,00	250,00
2.025	Interruptor automático magnetotérmico, de 2 módulos, bipolar (2P), intensidad nominal 16 A, poder de corte 6 kA, curva C, de 36x80x77,8 mm, grado de protección IP20, montaje sobre carril DIN (35 mm) y fijación a carril mediante garras, según UNE-EN 60898-1.	Ud..	5,00	26,00	130,00
2.026	Interruptor automático magnetotérmico, de 2 módulos, bipolar (2P), intensidad nominal 20 A, poder de corte 6 kA, curva C, de 36x80x77,8 mm, grado de protección IP20, montaje sobre carril DIN (35 mm) y fijación a carril mediante garras, según UNE-EN 60898-1.	Ud..	5,00	26,00	130,00

Código	Descripción	Unidades	Cantidad	Precio (€/Ud..)	Importe (€)
2.027	Interruptor automático magnetotérmico, de 4 módulos, tetrapolar (4P), intensidad nominal 10 A, poder de corte 6 kA, curva C, de 72x80x77,8 mm, grado de protección IP20, montaje sobre carril DIN (35 mm) y fijación a carril mediante garras, según UNE-EN 60898-1.	Ud..	3,00	80,54	241,62
2.028	Interruptor automático magnetotérmico, de 4 módulos, tetrapolar (4P), intensidad nominal 16 A, poder de corte 6 kA, curva C, de 72x80x77,8 mm, grado de protección IP20, montaje sobre carril DIN (35 mm) y fijación a carril mediante garras, según UNE-EN 60898-1.	Ud..	1,00	80,54	80,54
2.029	Interruptor automático magnetotérmico, de 4 módulos, tetrapolar (4P), intensidad nominal 20 A, poder de corte 6 kA, curva C, de 72x80x77,8 mm, grado de protección IP20, montaje sobre carril DIN (35 mm) y fijación a carril mediante garras, según UNE-EN 60898-1.	Ud..	6,00	80,54	483,24
2.030	Interruptor automático magnetotérmico, de 4 módulos, tetrapolar (4P), intensidad nominal 25 A, poder de corte 6 kA, curva C, de 72x80x77,8 mm, grado de protección IP20, montaje sobre carril DIN (35 mm) y fijación a carril mediante garras, según UNE-EN 60898-1.	Ud..	5,00	80,54	402,70
2.031	Interruptor automático magnetotérmico, de 4 módulos, tetrapolar (4P), intensidad nominal 32 A, poder de corte 6 kA, curva C, de 72x80x77,8 mm, grado de protección IP20, montaje sobre carril DIN (35 mm) y fijación a carril mediante garras, según UNE-EN 60898-1.	Ud..	4,00	89,12	356,48

Código	Descripción	Unidades	Cantidad	Precio (€/Ud..)	Importe (€)
2.032	Interruptor automático magnetotérmico, de 4 módulos, tetrapolar (4P), intensidad nominal 40 A, poder de corte 6 kA, curva C, de 72x80x77,8 mm, grado de protección IP20, montaje sobre carril DIN (35 mm) y fijación a carril mediante garras, según UNE-EN 60898-1.	Ud..	2,00	118,37	236,74
2.033	Interruptor automático magnetotérmico, de 4 módulos, tetrapolar (4P), intensidad nominal 50 A, poder de corte 6 kA, curva ICP-M, de 72x80x77,8 mm, grado de protección IP20, montaje sobre carril DIN (35 mm) y fijación a carril mediante garras, según UNE 20317.	Ud..	1,00	128,32	128,32
2.034	Interruptor automático magnetotérmico, de 4 módulos, tetrapolar (4P), intensidad nominal 100 A, poder de corte 6 kA, curva ICP-M, de 81x108x73 mm, grado de protección IP20, montaje sobre carril DIN (35 mm) y fijación a carril mediante garras, según EN/IEC 60947-2EN/IEC 60898-1.	Ud..	1,00	172,00	172,00
2.035	Interruptor automático en caja moldeada 4 polos de 160A de intensidad nominal, con umbral de disparo de regulación térmica entre 128 a 160A y umbral magnético fijo. Poder de corte de 50kA y elevada vida eléctrica y mecánica.	Ud..	1,00	246,26	246,26
2.036	Interruptor compact NSX400N 2,3 400A 4P 4R	Ud..	2,00	1.842,82	3.685,64
2.037	Interruptor automático magnetotérmico DPX3 630MT 4P 630A 36kA	Ud..	1,00	3.152,46	3.152,46
2.038	Bloque diferencial electrónico de 400A, 4P, regulable. Montaje en la parte inferior de los aparatos. Señalización por LED o a distancia de la desconexión y del preaviso (50% IDn)	Ud..	1,00	1.097,94	1.097,94
2.039	Material auxiliar para conexiones (peines, bornas, etc.)	Ud..	50,00	2,00	100,00

Código	Descripción	Unidades	Cantidad	Precio (€/Ud..)	Importe (€)
Canalizaciones					
2.040	Bandeja perforada de compuesto termoplástico libre de halógenos, color gris RAL 7038, de 60x300 mm, resistencia al impacto 20 julios, propiedades eléctricas: aislante, no propagador de la llama, estable frente a los rayos UV y con buen comportamiento a la intemperie y frente a la acción de los agentes químicos, según UNE-EN 61537, para soporte y conducción de cables eléctricos.	m	238,00	13,80	3.284,40
2.041	Pieza de unión entre tramos de bandeja, de compuesto termoplástico libre de halógenos, color gris RAL 7038, de 60 mm de altura, incluso tornillos con tuerca de compuesto termoplástico libre de halógenos.	Ud..	82,00	4,97	407,54
2.042	Soporte horizontal, de compuesto termoplástico libre de halógenos, color gris RAL 7038, incluso tornillos con tuerca de compuesto termoplástico libre de halógenos.	Ud..	82,00	14,83	1.216,06
2.043	Tubo curvable de poliamida, exento de halógenos, transversalmente elástico, corrugado, de color gris, de 20 mm de diámetro nominal, para instalaciones eléctricas en edificios públicos y para evitar emisiones de humo y gases ácidos. Resistencia a la compresión 320 N, resistencia al impacto 2 julios, temperatura de trabajo -5°C hasta 90°C, con grado de protección IP547 según UNE 20324, no propagador de la llama. Según UNE-EN 61386-1 y UNE-EN 61386-22.	m	400,00	0,87	348,00

Código	Descripción	Unidades	Cantidad	Precio (€/Ud..)	Importe (€)
2.044	Tubo curvable de poliamida, exento de halógenos, transversalmente elástico, corrugado, de color gris, de 25 mm de diámetro nominal, para instalaciones eléctricas en edificios públicos y para evitar emisiones de humo y gases ácidos. Resistencia a la compresión 320 N, resistencia al impacto 2 julios, temperatura de trabajo -5°C hasta 90°C, con grado de protección IP547 según UNE 20324, no propagador de la llama. Según UNE-EN 61386-1 y UNE-EN 61386-22.	m	300,00	1,34	402,00
2.045	Tubo rígido de policarbonato, exento de halógenos según UNE-EN 50267-2-2, enchufable, curvable en caliente, de color gris, de 25 mm de diámetro nominal, para instalaciones eléctricas en edificios públicos y para evitar emisiones de humo y gases ácidos. Resistencia a la compresión 1250 N, resistencia al impacto 6 julios, temperatura de trabajo -5°C hasta 90°C, con grado de protección IP547 según UNE 20324, propiedades eléctricas: aislante, no propagador de la llama. Según UNE-EN 61386-1 y UNE-EN 61386-22. Incluso abrazaderas, elementos de sujeción y accesorios (curvas, manguitos, tes, codos y curvas flexibles).	m	800,00	4,30	3.440,00
2.046	Tubo curvable, suministrado en rollo, de polietileno de doble pared (interior liso y exterior corrugado), de color naranja, de 40 mm de diámetro nominal, para canalización enterrada, resistencia a la compresión 450 N, resistencia al impacto 15 julios, con grado de protección IP549 según UNE 20324. Según UNE-EN 61386-1, UNE-EN 61386-22 y UNE-EN 50086-2-4.	m	200,00	0,95	190,00
2.047	Cinta de señalización de polietileno, de 150 mm de anchura, color amarillo, con la inscripción "¡ATENCIÓN! DEBAJO HAY CABLES ELÉCTRICOS" y triángulo de riesgo eléctrico.	m	200,00	0,25	50,00
2.048	Arena de 0 a 5 mm de diámetro, limpia.	m ³	8,00	14,30	114,40

Código	Descripción	Unidades	Cantidad	Precio (€/Ud..)	Importe (€)
2.049	Caja universal para empotrar de 1 elemento, de plástico ABS auto extingible, libre de halógenos, enlazable por los cuatro lados, de 70x70x42 mm, con grados de protección IP30 e IK07, según IEC 60439, incluso tornillos de fijación del mecanismo.	Ud..	85,00	0,37	31,45
2.050	Caja de conexión estanca IP55 Redonda 100x100x mm	Ud..	150,00	1,69	253,50
2.051	Caja de derivación 30x20x6 cm	Ud..	50,00	5,39	269,50
Mecanismos					0,00
2.052	Interruptores para empotrar según EN 60669	Ud..	40,00	3,08	123,20
2.053	Conmutador para empotrar según EN 60669	Ud..	10,00	3,74	37,40
2.054	Conmutador de cruce para empotrar según EN 60669	Ud..	5,00	9,09	45,45
2.055	Tecla simple, para interruptor/conmutador, gama básica, de color blanco.	Ud..	55,00	1,69	92,95
2.056	Marco embellecedor para 1 elemento, gama básica, de color blanco.	Ud..	55,00	1,94	106,70
2.057	Base de toma de corriente con contacto de tierra (2P+T), tipo Schuko, para empotrar, gama básica, intensidad asignada 16 A, tensión asignada 250 V.	Ud..	30,00	2,73	81,90
2.058	Marco embellecedor para 1 elemento, gama básica, de color blanco.	Ud..	30,00	1,94	58,20
2.059	Caja de Distribución de Energía Eléctrica 290x170x190mm con Carcasa IP65. 2 x Enchufes Schuko 230 V, 16 A, Enchufes Azules ABL IP54; 1 x Enchufes CEE 400 V, 16 A, 5 Pines, Enchufes Rojos ABL IP44; 2 Disyuntores LS C16A de 1 pine; 1 Disyuntor LS C16A de 3 pines. Voltaje nominal de trabajo: CA 230 / 400 V; Número de pines del zócalo de salida: 3 pines/5 pines.	Ud..	9,00	55,00	495,00
Luminarias interiores y emergencia					
2.060	L 650 42W/840 DALI EP VSS 596X596 3F Filippi	Ud..	3,00	25,00	75,00
2.061	LSP44-2X54-011 ASTZ	Ud..	145,00	180,00	26.100,00
2.062	FCZ COOPER LIGHTING	Ud..	25,00	27,50	687,50
2.063	40071354877 Eaton Emergency Lighting	Ud..	22,00	27,50	605,00

Código	Descripción	Unidades	Cantidad	Precio (€/Ud..)	Importe (€)
2.064	BT1SD-B3 Eaton Emergency Lighting	Ud..	55,00	15,00	825,00
2.065	AG25-12U9F1TWWM LEDS-C4 S. A	Ud..	12,00	12,00	144,00
Puesta a tierra					
2.066	Conductor de cobre desnudo, de 35 mm ² . Construcción y resistencia eléctrica según clase 2 de la norma UNE 21022	m	720,00	2,81	2.051,30
2.067	Soldadura aluminotérmica del cable conductor a redondo.	Ud..	20,00	4,13	82,60
2.068	Arqueta de polipropileno para toma de tierra, de 300x300 mm, con tapa de registro.	Ud..	1,00	74,00	74,00
2.069	Puente para comprobación de puesta a tierra de la instalación eléctrica.	Ud..	1,00	46,00	46,00
2.070	Material auxiliar para instalaciones de toma de tierra.	Ud..	1,00	1,15	1,15
Batería de condensadores					
2.071	Batería automática de condensadores, para 210 kVAr de potencia reactiva, de 9 escalones con una relación de potencia entre condensadores de 1:2:2:2:2:2:2:2, para alimentación trifásica a 400 V de tensión y 50 Hz de frecuencia, compuesta por armario metálico con grado de protección IP21, de 1180x360x1340 mm; condensadores; regulador de energía reactiva con pantalla de cristal líquido; contactores con bloque de preinserción y resistencia de descarga rápida; y fusibles de alto poder de corte.	Ud..	1,00	4.383,55	4.383,55
2.072	Cable unipolar RZ1-K (AS), siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV, reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1 según UNE-EN 50575, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 95 mm ² de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1). Según UNE 21123-4.	m	20,00	20,09	401,80
Subtotales materiales:					84.496,12
Equipo y maquinaria					
2.073	Dumper de descarga frontal de 2 t de carga útil.	h	8,00	10,58	84,64

Código	Descripción	Unidades	Cantidad	Precio (€/Ud..)	Importe (€)
2.074	Pisón vibrante de guiado manual, de 80 kg, con placa de 30x30 cm, tipo rana.	h	8,00	4,00	32,00
Subtotal equipo y maq:					116,64
Mano de obra					
2.075	Oficial 1ª electricista.	h	540,00	22,00	11.880,00
2.076	Ayudante electricista.	h	490,00	20,30	9.947,00
2.077	Oficial 1ª construcción.	h	40,00	21,41	856,40
2.078	Peón ordinario construcción.	h	40,00	20,10	804,00
Subtotal mano de obra:					23.487,40
Subtotal Instalación BT:					108.100,16

3	ALUMBRADO EXTERIOR				
	Materiales				
3.001	DKU64-40-111 Premier RA 750	Ud.	30,00	50,35	1.510,50
3.002	Caja de conexión estanca IP55 Redonda 100x100x mm	Ud..	20,00	1,69	33,80
3.003	Farola de columna troncocónica de 8 m fabricada bajo norma UNE-EN 40-5 en chapa de acero y galvanizada por inmersión en caliente según norma UNE-EN ISO 1461.	Ud.	16,00	402,13	6.434,08
3.004	Conductores presupuestados en apartado 2				
3.005	Tubo curvable, suministrado en rollo, de polietileno de doble pared (interior lisa y exterior corrugada), de color naranja, de 40 mm de diámetro nominal, para canalización enterrada, resistencia a la compresión 750 N, resistencia al impacto 15 julios, con grado de protección IP549 según UNE 20324. Según UNE-EN 61386-1, UNE-EN 61386-22 y UNE-EN 50086-2-4.	m	300,00	0,95	285,00
3.006	Cinta de señalización de polietileno, de 150 mm de anchura, color amarillo, con la inscripción "¡ATENCIÓN! DEBAJO HAY CABLES ELÉCTRICOS" y triángulo de riesgo eléctrico.	m	300,00	0,25	75,00
3.007	Arena de 0 a 5 mm de diámetro, limpia.	m³	18,00	14,30	257,40
3.008	Arqueta de conexión eléctrica, prefabricada de hormigón, sin fondo, registrable, de 30x30x30 cm de medidas interiores, con paredes rebajadas para la entrada de tubos, capaz de soportar una carga de 400 kN.	Ud.	9,00	4,84	43,56

Código	Descripción	Unidades	Cantidad	Precio (€/Ud..)	Importe (€)
3.009	Marco de chapa galvanizada y tapa de hormigón armado aligerado, de 39,5x38,5 cm, para arqueta de conexión eléctrica, capaz de soportar una carga de 125 kN.	Ud.	9,00	12,15	109,35
3.010	Conjunto Grapa KU1616 y Pica De Tierra 2 m UNE202006 Cobre	Ud.	6,00	18,30	109,80
Subtotales materiales:					8.858,49
Equipo y maquinaria					
3.011	Dumper de descarga frontal de 2 t de carga útil.	h	2,00	10,58	21,16
3.012	Pisón vibrante de guiado manual, de 80 kg, con placa de 30x30 cm, tipo rana.	h	10,00	4,00	40,00
Subtotal equipo y maq:					61,16
Mano de obra					
3.013	Oficial 1ª electricista.	h	20,00	22,00	440,00
3.014	Ayudante electricista.	h	20,00	20,30	406,00
3.015	Oficial 1ª construcción.	h	20,00	21,41	428,20
3.016	Peón ordinario construcción.	h	20,00	20,10	402,00
Subtotal mano de obra:					1.676,20
Subtotal Alumbrado Ext:					10.595,85

4 INSTALACIÓN CONTRA INCENDIOS

Materiales					
4.001	Central de detección automática de incendios, convencional, micro procesada, de 2 zonas de detección, con caja metálica y tapa de ABS, con módulo de alimentación, rectificador de corriente y cargador de batería, panel de control con indicador de alarma y avería y conmutador de corte de zonas, según UNE 23007-2 y UNE 23007-4.	Ud.	1,00	195,55	195,55
4.002	Batería de 12 V y 7 Ah.	Ud.	2,00	20,86	41,72
4.003	Detector óptico de humos convencional, DPR-100, color blanco, formado por un elemento sensible a los humos claros, para alimentación de 12 a 30 Vcc, con doble led de activación e indicador de alarma color rojo, salida para piloto de señalización remota y base universal, según UNE-EN 54-7. Incluso elementos de fijación.	Ud.	60,00	19,11	1.146,60

Código	Descripción	Unidades	Cantidad	Precio (€/Ud..)	Importe (€)
4.004	Pulsador de alarma convencional de rearme manual, ROP-100/EU, color rojo, protección IP41, con led indicador de alarma color rojo y llave de rearme, según UNE-EN 54-11. Incluso elementos de fijación.	Ud.	8,00	11,64	93,12
4.005	Rociador automático montante, respuesta normal con ampolla fusible de vidrio frágil de 5 mm de diámetro y disolución alcohólica de color rojo, rotura a 68°C, de 1/2" DN 15 mm de diámetro de rosca, coeficiente de descarga K de 80 (métrico), presión de trabajo 12 bar, acabado lacado color bronce, según UNE-EN 12259-1.	Ud.	260,00	5,58	1.450,80
4.006	Accesorios y piezas especiales para conexión de rociador a red de distribución de agua	Ud.	260,00	2,71	704,60
4.007	Extintor portátil de polvo químico ABC polivalente anti brasa, con presión incorporada, de eficacia 21A-144B-C, con 6 kg de agente extintor, con manómetro y manguera con boquilla difusora, con accesorios de montaje, según UNE-EN 3.	Ud.	18,00	41,83	752,94
4.008	Boca de incendio equipada (BIE), de 25 mm (1") y de 740x560x215 mm, compuesta de: armario construido en acero de 1,2 mm de espesor, acabado con pintura epoxi color rojo RAL 3000 y puerta semiciega con ventana de metacrilato de acero de 1,2 mm de espesor, acabado con pintura epoxi color rojo RAL 3000; devanadera metálica giratoria fija, pintada en rojo epoxi, con alimentación axial; manguera semirrígida de 30 m de longitud.; lanza de tres efectos (cierre, pulverización y chorro compacto) construida en plástico ABS y válvula de cierre tipo esfera de 25 mm (1"), de latón, con manómetro 0-16 bar; para instalar en superficie. Coeficiente de descarga K de 42 (métrico). Incluso accesorios y elementos de fijación. Certificada por AENOR según UNE-EN 671-1.	Ud.	4,00	445,12	1.780,48

Código	Descripción	Unidades	Cantidad	Precio (€/Ud..)	Importe (€)
4.009	Hidrante bajo nivel de tierra, de 4" DN 100 mm de diámetro, con una salida de 4" DN 100 mm, racor, marco y tapa rectangular para acera. Incluso elementos de fijación. Certificada por AENOR según UNE-EN 14339.	Ud.	5,00	467,19	2.335,95
Subtotales materiales:					8.501,76
Mano de obra					
4.010	Oficial 1ª instalador de redes y equipos de detección y seguridad.	h	100,00	22,00	2.200,00
4.011	Ayudante instalador de redes y equipos de detección y seguridad.	h	100,00	20,30	2.030,00
Subtotal mano de obra:					4.230,00
Subtotal Incendios:					12.731,76

2.- CUADRO RESUMEN DEL PRESUPUESTO

RESUMEN DEL PRESUPUESTO

RESUMEN DEL PRESUPUESTO		Importe (€)		
	Materiales	Mano de obra	Equipos y maq.	Subtotal/cap.
1.INSTALACIÓN MEDIA TENSIÓN	78.761,43	4.693,16	1.375,10	84.829,69
1.1. Línea aérea	18.943,30	1.901,53	773,46	21.618,29
1.2. Línea subterránea	5.261,08	1.099,63	601,64	6.962,35
1.3. Centro de Transformación	54.557,05	1.692,00	*	56.249,05
2.INSTALACIÓN BAJA TENSIÓN	84.190,94	23.487,40	116,64	107.794,98
3.ALUMBRADO EXTERIOR	8.858,49	1.676,20	61,16	10.595,85
4. INSTALACIÓN CONTRA INCENDIOS	8.501,76	4.230,00	*	12.731,76
* incluidos en otros capítulos				
Total materiales:	177.234,31 €			
Total mano de obra	34.086,76 €			
Total equipos y maquinaria:	1.552,90 €			
TOTAL Mat+MO+EyM:		212.873,97 €		
Costes Directos Complementarios (2%)	4.257,48 €			
Costes Indirectos (2%)	4.257,48 €			
PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL (PEM):		221.388,93 €		
Gastos generales y de empresa (13% PEM)	28.780,56 €			
Beneficio industrial (7% PEM)	15.497,22 €			
Subtotal:		265.666,71 €		
IVA (21% Subtotal)	55.790,01 €			
PRESUPUESTO GENERAL DE EJECUCIÓN POR CONTRATA:		321.456,72 €		

Por tanto, el PRESUPUESTO GENERAL DE EJECUCIÓN POR CONTRATA asciende a **TRESCIENTOS VEINTIÚN MIL CUATROCIENTOS CINCUENTA Y SEIS EUROS CON SETENTA Y DOS CÉNTIMOS.**

3.- NOMBRE, FECHA Y FIRMA

Con todo lo expuesto anteriormente, el presupuesto queda elaborado en Béjar, en febrero de 2023.

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'S. Martín Maestre', written diagonally across the page.

Fdo: Sergio Martín Maestre