

ANEJO Nº 9. INSTALACIONES ELÉCTRICAS Y MONITORIZACIÓN

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	4
2. NORMATIVA	4
3. INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE BAJA TENSIÓN EN CORRIENTE CONTINUA	5
3.1. GENERALIDADES	5
3.2. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS DE LA INSTALACIÓN.....	5
3.2.1. SERIES DE MÓDULOS.....	5
3.2.2. INVERSORES	5
3.2.3. CONDUCTOR DE BAJA TENSIÓN EN CORRIENTE CONTINUA	6
3.3. CÁLCULO DE CONDUCTORES DE BAJA TENSIÓN EN CORRIENTE CONTINUA.....	7
3.3.1. CÁLCULO DE SECCIÓN POR INTENSIDAD ADMISIBLE	7
3.3.2. CRITERIO DE CAÍDA DE TENSIÓN	9
3.3.3. CRITERIO DE INTENSIDAD DE CORTOCIRCUITO	10
3.3.4. RESULTADO DEL CÁLCULO	10
3.4. PROTECCIONES	12
3.4.1. ESQUEMA DE CONEXIÓN	12
3.4.2. PROTECCIÓN CONTRA SOBRETENSIONES.....	12
3.4.3. INTERRUPTOR SECCIONADOR EN CARGA.....	13
3.4.4. PUESTA A TIERRA	13
4. INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE BAJA TENSIÓN EN CORRIENTE ALTERNA	14
4.1. CÁLCULO DE SECCIÓN POR INTENSIDAD ADMISIBLE	15
4.1.1. INTENSIDAD MÁXIMA ADMISIBLE	15
4.1.2. FACTOR DE CORRECCIÓN POR TEMPERATURA	15
4.1.3. FACTOR DE CORRECCIÓN POR RESISTIVIDAD TÉRMICA DEL TERRENO.....	16
4.1.4. FACTOR DE CORRECCIÓN POR AGRUPAMIENTO	16
4.2. CRITERIO DE CAÍDA DE TENSIÓN	17
4.3. CRITERIO DE INTENSIDAD DE CORTOCIRCUITO	18
4.4. RESULTADO DE CÁLCULO	18
5. ALIMENTACIÓN DE LOS GRUPOS DE BOMBEO EXISTENTES	20
5.1. CÁLCULO DE SECCIÓN POR INTENSIDAD ADMISIBLE	20
5.2. CRITERIO DE CAÍDA DE TENSIÓN	20
5.3. CRITERIO DE INTENSIDAD DE CORTOCIRCUITO	21
5.4. RESULTADO DEL CÁLCULO	22
6. PUNTO DE CONEXIÓN	24
6.1. DESCRIPCIÓN	24
7. SISTEMA ANTIVERTIDO	24
8. SISTEMA DE MONITORIZACIÓN	25
9. SISTEMA AUTOMATIZACIÓN Y TELECONTROL	27
9.1. ANTECEDENTES	27
Anejo nº 9. Instalaciones Eléctricas y Monitorización	2
PROYECTO DE INSTALACIÓN DE ENERGÍA RENOVABLE EN LA COMUNIDAD DE REGANTES CERRO DE LA ENCINA (MÁLAGA)	

9.2. OBJETO DE LA AUTOMATIZACIÓN Y TELECONTROL.....	27
9.3. NORMATIVA APLICABLE	27
9.4. DESCRIPCIÓN Y ESTRUCTURA BÁSICA DEL SISTEMA DE COMUNICACIONES. ARQUITECTURA.....	27
9.4.1. ESTUDIO DE COBERTURAS	27
9.4.2. DESCRIPCIÓN DE ELEMENTOS DE COMUNICACIÓN.....	28
9.4.3. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE COMUNICACIONES PROPUESTO	28
9.5. EQUIPOS.....	28
9.6. FUTURAS ACTUACIONES	30
9.6.1. DEPÓSITO CERRO DE LA ENCINA.....	30
9.6.2. VÁLVULA 1 Y VÁLVULA 2	31
9.6.3. Balsa 1	31
9.6.4. DEPÓSITO “PEPE CAMPOS”	31
APÉNDICE 1. CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS	33
APÉNDICE 2. MEDICIONES.....	39

LISTADO DE FIGURAS

Imagen 1. Factor de reducción para circuitos enterrados en suelo	8
Imagen 2. Factor de reducción para circuitos enterrados en suelo	17
Imagen 3. Esquema de conexión antivertido	25
Imagen 4. Esquema de conexión telecontrol	30
Imagen 5. Esquema actuaciones telecontrol	32

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Factor de corrección por temperatura.....	7
Tabla 2. Factor de corrección por resistividad térmica del terreno	8
Tabla 3. Cálculos conductores de baja tensión en corriente continua.....	11
Tabla 4. Resistencia de electrodos	13
Tabla 5. Factor de corrección por temperatura.....	16
Tabla 6. Factor de corrección por resistividad térmica del terreno	16
Tabla 7. Cálculos conductores de baja tensión en corriente alterna	19
Tabla 8. Cálculos conductores de equipo de bombeo	23
Tabla 9. Señales que integran el sistema de monitorización independiente	26
Tabla 10. Características del router de comunicaciones	28
Tabla 11. Características del PLC.....	29
Tabla 12. Señales que integran el sistema de automatización y telecontrol	29

1. INTRODUCCIÓN

En el presente anejo se justifican y definen las obras e instalaciones eléctricas necesarias para el establecimiento de la instalación fotovoltaica proyectada y las instalaciones eléctricas necesarias para alimentar los equipos de bombeo existentes.

Desde el punto de vista eléctrico, en la instalación eléctrica proyectada podemos distinguir las siguientes partes bien diferenciadas:

- Instalación eléctrica de Baja Tensión (BT) en corriente continua.
- Instalación eléctrica de Baja Tensión (BT) en corriente alterna.
- Línea de evacuación en Baja Tensión.
- Alimentación de los grupos de bombeo existentes.
- Sistema antivertido.
- Sistema de control y monitorización.

En este tipo de instalaciones se tendrán en cuenta principalmente el REBT, el RAT (incluyendo sus normas UNE correspondientes) y especialmente el ITC-BT-040 Instalaciones Generadoras de BT.

2. NORMATIVA

Para la realización de los cálculos que se desarrollan a continuación se ha tenido en cuenta la siguiente normativa:

- Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión R.D. 842/2.002 y en particular, su instrucción técnica complementaria ITC-BT-40 (Instalaciones Generadoras de Baja Tensión).
- Reglamento sobre condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Líneas Eléctricas de Media Tensión y sus instrucciones técnicas complementarias ITCLAT 01 a 09, aprobadas según Real Decreto 223/2.008, de 15 de febrero. En especial la ITC-LAS 06 (líneas subterráneas con cables aislados).
- Norma UNE HD 60364-5-52:2.011 (Instalaciones Eléctricas de Edificios. Parte 5: Selección e Instalación de Equipos Eléctricos. Capítulo 52: Canalizaciones. Sección 523: Corrientes Admisibles).

- Pliego de Condiciones Técnicas del Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE).
- Orden de 26 de marzo de 2.007, por la que se aprueban las especificaciones técnicas de las instalaciones fotovoltaicas andaluzas.
- Resolución de 26 de marzo de 2.018, de la Dirección General de Industria, Energía y Minas, por la que se aprueba la Instrucción Técnica Componentes (ITC-FV-04) de la Orden de marzo de 2.007, por la que se aprueban las especificaciones técnicas de las instalaciones fotovoltaicas andaluzas.
- Real Decreto 337/2.014, de 9 de mayo, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITC-RAT 01 a 23, en especial la ITC-RAT 14 sobre “instalaciones eléctricas de interior” y la ITCRAT 16 sobre “conjuntos prefabricados de aparamenta bajo envolvente metálica hasta 52 kV”.

3. INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE BAJA TENSIÓN EN CORRIENTE CONTINUA

3.1. GENERALIDADES

La instalación eléctrica de baja tensión en corriente continua comprende todo el sistema de cableado desde los módulos fotovoltaicos hasta los inversores.

3.2. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS DE LA INSTALACIÓN

3.2.1. SERIES DE MÓDULOS

Los módulos fotovoltaicos irán conectados en series de 18 módulos, desde donde partirá un conductor en corriente continua hasta su correspondiente inversor.

3.2.2. INVERSORES

Los inversores irán fijados junto a la estructura sobre pie metálico o de hormigón prefabricado. Estos se colocarán bajo los módulos fotovoltaicos con la finalidad de protegerlos ante condiciones meteorológicas adversas.

Los inversores son los encargados de poner en paralelo las agrupaciones de series. En nuestro caso, se eligen inversores de un mínimo de 10 entradas (bipolares +/-).

Los inversores tendrán un grado de protección mínima de IP66 y estarán dotados en su interior de los siguientes elementos:

- Dispositivos de desconexión del lado de corriente continua.
- Protección anti-isla.
- Protección contra sobreintensidades de corriente alterna.
- Protección contra polaridad inversa de corriente continua.
- Monitorización de fallas en strings de sistemas fotovoltaicos.
- Protección contra sobretensiones de corriente continua tipo II.
- Protección contra sobretensiones de corriente alterna tipo II.
- Detección de aislamiento de corriente continua.
- Unidad de monitorización de la intensidad residual.

3.2.3. CONDUCTOR DE BAJA TENSIÓN EN CORRIENTE CONTINUA

Para la elección y el dimensionamiento de los conductores se han aplicado los siguientes criterios:

- Caída de tensión máxima admisible hasta la entrada a los inversores <1,5%.
- Intensidad de cálculo maximizada un 25%.

El conductor empleado en el cableado que une los módulos fotovoltaicos y los inversores, será de las siguientes características:

- Conductor: Cobre
- Sección: 6 mm².
- Tensión de servicio: 0,6/1 kV DC.
- Tensión máxima permitida: 1,8kV DC.

- Aislamiento y cubierta exterior: Elastómero termoestable.

La conexión se realizará mediante conectores tipo MC4 con las siguientes características:

- Corriente nominal: hasta 30A.
- Tensión máxima: 1,8 kV
- Grado de protección: IP67.
- Rango de temperatura: -40°C hasta +90°C.

3.3. CÁLCULO DE CONDUCTORES DE BAJA TENSIÓN EN CORRIENTE CONTINUA

El resultado del cálculo para determinar y validar la sección de los conductores de baja tensión en corriente continua, según el criterio térmico y de caída de tensión, se recoge a continuación:

3.3.1. CÁLCULO DE SECCIÓN POR INTENSIDAD ADMISIBLE

Se instalará un conductor diseñado según el estándar europeo EN 50618 y el estándar internacional IEC 62930, que garantiza una calidad a lo largo de la vida útil de la instalación fotovoltaica.

Con el valor de intensidad de cortocircuito en condiciones STC (Condiciones de Prueba Estándares) para realizar el cálculo obtendremos la sección por intensidad admisible y por intensidad de cortocircuito en un solo cálculo.

3.3.1.1. Factor de corrección por temperatura

Cuando la temperatura del terreno es distinta a los 25°C, las intensidades admisibles se deberán multiplicar por un factor de corrección que tenga en cuenta el distinto salto térmico.

$$F_{ct} = \sqrt{\frac{\theta_s - \theta_t}{\theta_s - 25}}$$

En la tabla siguiente se reflejan los valores correspondientes a las distintas temperaturas del terreno, según la fórmula indicada:

Tabla 1. Factor de corrección por temperatura

Temperatura máxima de conducto (°C)	Temperatura del terreno, en °C, t								
	10	15	20	25	30	35	40	45	50

90	1,11	1,07	1,04	1,00	0,96	0,92	0,88	0,83	0,78
----	------	------	------	------	------	------	------	------	------

En este caso, se tomará un factor de corrección por temperatura de 0,97.

3.3.1.2. Factor de corrección por resistividad térmica del terreno

Un factor a considerar es la resistividad estándar del terreno, la cual influye en la intensidad admisible en cables enterrados en instalaciones interiores o receptoras, frente al método que se venía utilizando hasta 2004 proveniente de la ITC-BT-07, que a su vez ha sido redactada basándose en la UNE 20435.

Tabla 2. Factor de corrección por resistividad térmica del terreno

Resistividad térmica del terreno K.m/W	0,5	0,7	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
Cables en conductos enterrados (D1)	1,28	1,2	1,18	1,1	1,05	1	0,96

En este caso se tomará el valor 1,0.

3.3.1.3. Factor de corrección por agrupación

El calentamiento mutuo de los cables, cuando varios circuitos coinciden en la misma canalización, obliga a considerar un factor de corrección adicional para tener en cuenta la mayor dificultad para disipar el calor generado, ya que esta situación equivale a una mayor temperatura ambiente.

Por esta razón, la norma UNE-HD 60364-5-52 incluye la tabla B.52.19 en la que se reseñan los factores de corrección a considerar cuando en una canalización se encuentran juntos varios circuitos o varios cables multiconductores. Estos factores deben utilizarse para modificar las intensidades indicadas en la mencionada tabla.

Imagen 1. Factor de reducción para circuitos enterrados en suelo

Tabla B.52.19 – Factores de reducción para más de un circuito, cables en conductos enterrados en el suelo – Método de instalación D1 de las tablas B.52.2 a B.52.5

A) Cables multipolares en conductos individuales				
Número de cables	Distancia entre conductos ^a			
	Nula (conductos en contacto)	0,25 m	0,5 m	1,0 m
2	0,85	0,90	0,95	0,95
3	0,75	0,85	0,90	0,95
4	0,70	0,80	0,85	0,90
5	0,65	0,80	0,85	0,90
6	0,60	0,80	0,80	0,90
7	0,57	0,76	0,80	0,88
8	0,54	0,74	0,78	0,88
9	0,52	0,73	0,77	0,87
10	0,49	0,72	0,76	0,86
11	0,47	0,70	0,75	0,86
12	0,45	0,69	0,74	0,85
13	0,44	0,68	0,73	0,85
14	0,42	0,68	0,72	0,84
15	0,41	0,67	0,72	0,84
16	0,39	0,66	0,71	0,83
17	0,38	0,65	0,70	0,83
18	0,37	0,65	0,70	0,83
19	0,35	0,64	0,69	0,82
20	0,34	0,63	0,68	0,82

En este caso, el valor de este coeficiente depende del número de circuitos que vayan alojados en la misma zanja, lo cual queda recogido en la tabla de cálculo.

3.3.2. CRITERIO DE CAÍDA DE TENSIÓN

Para el criterio de caída de tensión se tendrán en cuenta la siguiente fórmula.

$$\Delta V = \frac{2 \cdot \rho \cdot L \cdot I}{S \cdot n}$$

Siendo:

ΔV = Caída de tensión en V.

ρ = Resistividad del conductor.

L = Longitud del conductor.

I = Intensidad de servicio permanente.

S = Sección del conductor.

n = Número de conductores por fase.

Según el punto 5 de la ITC-BT40 del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (REBT), la caída de tensión entre el generador y el punto de conexión a la red interior debe de ser como máximo del 1,5%.

Se considerará, por tanto, el 1,5% de caída de tensión entre los paneles y el inversor.

En valor absoluto:

$$\% \Delta V = \frac{\Delta V}{V} \cdot 100$$

En el cuadro de cálculo de secciones se detallan las distintas caídas de tensión de la red de corriente continua de la planta.

3.3.3. CRITERIO DE INTENSIDAD DE CORTOCIRCUITO

Este cálculo es implícito al criterio de la intensidad admisible, pues se ha partido de la intensidad de cortocircuito de los módulos fotovoltaicos para calcular la sección.

3.3.4. RESULTADO DEL CÁLCULO

A continuación, se muestra el resultado del cálculo de los conductores de baja tensión en corriente continua

Tabla 3. Cálculos conductores de baja tensión en corriente continua

CORRIENTE CONTÍNUA																				
BAJA TENSIÓN																				
TRAMO							PREDIMENSIONAMIENTO			CRITERIO TÉRMICO						CRITERIO CAÍDA DE TENSIÓN			CRIT. INT. COROTOCIRCUITO	
Tramo	L(m)	Método	I (A)	Coef	Ic (A)	V (V)	Cu / Al	S (mm²)	Cond./Fase	Iadm (A)	Coef. T²	Coef. Res.	Coef. Agr.	Iadm*(A)	¿Cumple?	ΔV (V)	ΔV (%)	ΔV acum. (%)	Icc adm	Icc en kA
STRING 1 - INV 1	80,66	D1	13,92	1,25	17,4	752,4	Cu	6	1	53	0,97	1	0,85	43,70	CUMPLE	8,047	1,070	1,070	No Aplica	No Aplica
STRING 2 - INV 1	67,78	D1	13,92	1,25	17,4	752,4	Cu	6	1	53	0,97	1	0,85	43,70	CUMPLE	6,761	0,899	0,899	No Aplica	No Aplica
STRING 3 - INV 1	82,92	D1	13,92	1,25	17,4	752,4	Cu	6	1	53	0,97	1	0,75	38,56	CUMPLE	8,272	1,099	1,099	No Aplica	No Aplica
STRING 4 - INV 1	70,01	D1	13,92	1,25	17,4	752,4	Cu	6	1	53	0,97	1	0,75	38,56	CUMPLE	6,984	0,928	0,928	No Aplica	No Aplica
STRING 5 - INV 1	57,12	D1	13,92	1,25	17,4	752,4	Cu	6	1	53	0,97	1	0,75	38,56	CUMPLE	5,698	0,757	0,757	No Aplica	No Aplica
STRING 6 - INV 1	71,16	D1	13,92	1,25	17,4	752,4	Cu	6	1	53	0,97	1	0,75	38,56	CUMPLE	7,099	0,944	0,944	No Aplica	No Aplica
STRING 7 - INV 1	58,25	D1	13,92	1,25	17,4	752,4	Cu	6	1	53	0,97	1	0,75	38,56	CUMPLE	5,811	0,772	0,772	No Aplica	No Aplica
STRING 8 - INV 1	45,37	D1	13,92	1,25	17,4	752,4	Cu	6	1	53	0,97	1	0,75	38,56	CUMPLE	4,526	0,602	0,602	No Aplica	No Aplica
STRING 9 - INV 1	56,12	D1	13,92	1,25	17,4	752,4	Cu	6	1	53	0,97	1	0,85	43,70	CUMPLE	5,599	0,744	0,744	No Aplica	No Aplica
STRING 10 - INV 1	43,32	D1	13,92	1,25	17,4	752,4	Cu	6	1	53	0,97	1	0,85	43,70	CUMPLE	4,322	0,574	0,574	No Aplica	No Aplica
STRING 1 - INV 2	45,19	D1	13,92	1,25	17,4	752,4	Cu	6	1	53	0,97	1	0,85	43,70	CUMPLE	4,508	0,599	0,599	No Aplica	No Aplica
STRING 2 - INV 2	55,97	D1	13,92	1,25	17,4	752,4	Cu	6	1	53	0,97	1	0,75	38,56	CUMPLE	5,583	0,742	0,742	No Aplica	No Aplica
STRING 3 - INV 2	43,08	D1	13,92	1,25	17,4	752,4	Cu	6	1	53	0,97	1	0,75	38,56	CUMPLE	4,298	0,571	0,571	No Aplica	No Aplica
STRING 4 - INV 2	30,19	D1	13,92	1,25	17,4	752,4	Cu	6	1	53	0,97	1	0,75	38,56	CUMPLE	3,012	0,400	0,400	No Aplica	No Aplica
STRING 5 - INV 2	40,98	D1	13,92	1,25	17,4	752,4	Cu	6	1	53	0,97	1	0,75	38,56	CUMPLE	4,088	0,543	0,543	No Aplica	No Aplica
STRING 6 - INV 2	28,09	D1	13,92	1,25	17,4	752,4	Cu	6	1	53	0,97	1	0,75	38,56	CUMPLE	2,802	0,372	0,372	No Aplica	No Aplica
STRING 7 - INV 2	15,20	D1	13,92	1,25	17,4	752,4	Cu	6	1	53	0,97	1	0,75	38,56	CUMPLE	1,517	0,202	0,202	No Aplica	No Aplica
STRING 8 - INV 2	26,12	D1	13,92	1,25	17,4	752,4	Cu	6	1	53	0,97	1	0,75	38,56	CUMPLE	2,606	0,346	0,346	No Aplica	No Aplica
STRING 9 - INV 2	13,20	D1	13,92	1,25	17,4	752,4	Cu	6	1	53	0,97	1	0,75	38,56	CUMPLE	1,317	0,175	0,175	No Aplica	No Aplica
STRING 10 - INV 2	2,40	D1	13,92	1,25	17,4	752,4	Cu	6	1	53	0,97	1	0,75	38,56	CUMPLE	0,239	0,032	0,032	No Aplica	No Aplica

3.4. PROTECCIONES

3.4.1. ESQUEMA DE CONEXIÓN

Para proteger a las personas frente a derivaciones en el lado de corriente continua de la instalación se contemplan las siguientes soluciones:

- Configuración Flotante del Generador: Tanto el polo positivo como el negativo están aislados de tierra.
- Vigilancia permanente del aislamiento: Detecta los fallos de aislamiento a tierra de los polos (+) o (-). Esta protección está incorporada en los inversores.
- Se procurará separar lo máximo posible los cables de corriente positivos de los negativos para que, en el caso de fallos de aislamientos, el daño sea el mínimo.

3.4.2. PROTECCIÓN CONTRA SOBRETENSIONES

En la parte de corriente continua, los inversores irán provistos, en su interior, de descargador de sobretensiones Tipo 2, con una tensión máxima de funcionamiento de 1.500 Vdc.

La norma que regula las protecciones contra las sobretensiones es la IEC 61643-11, que establece los criterios para dimensionar el equipo capaz de limitar las sobretensiones a un valor que protejan los equipos. Para la protección del campo fotovoltaico el dispositivo a instalar debe cumplir:

- Nivel de protección (Up) < 2,5 kV, pues se considera que los equipos que se protegen se corresponden con la Categoría II (equipos destinados a conectarse a una instalación eléctrica fija).
- Tensión aplicada al dispositivo de protección en servicio permanente debe ser menor que la máxima tensión soportada por éste de manera continuada.
- Intensidad nominal de descarga deberá ser mayor de 5 kA, al ser de Tipo 2 la forma de onda de la corriente estará caracterizada por 8/20µs.
- La conexión entre dicho dispositivo y tierra deberá realizarse con un conductor de cobre de sección no inferior a 6 mm².

3.4.3. INTERRUPTOR SECCIONADOR EN CARGA

Este interruptor es un dispositivo no automático de dos posiciones (abierto/cerrado), de accionamiento manual. Se utiliza para cerrar y abrir circuitos cargados en condiciones normales de circuitos, sin defectos.

Por lo tanto, no proporciona ninguna protección a los circuitos que controla. La norma que debe cumplir es la IEC 60947-3.

3.4.4. PUESTA A TIERRA

Para la puesta a tierra de la instalación se realizará un esquema IT donde se unirán al sistema de tierras las partes metálicas del marco de los módulos, la estructura soporte de los módulos, así como las carcasas de los inversores y todos los elementos metálicos con posibilidad de entrar en contacto con partes activas de la instalación. La descripción de la red de tierras es la siguiente:

- Se tratará de un hilo de cobre desnudo, de 35 mm² de sección, el cual discurrirá siguiendo el trazado de las zanjas de corriente continua. Se instalará a una profundidad mínima de 50 cm sobre la rasante. A este hilo se conectarán, en diferentes puntos y mediante cable aislado de las mismas características indicadas, las estructuras soportes de los módulos, así como todos los elementos metálicos con posibilidad de entrar en contacto con partes activas de la instalación.

El Reglamento, en su Instrucción ITC-RAT-13, apartado 4.2. establece las ecuaciones que se incluyen a continuación, para el cálculo de la resistencia de electrodos:

Tabla 4. Resistencia de electrodos

TIPO DE ELECTRODO	RESISTENCIA
Placa enterrada profunda	$R = 0,8 \frac{\rho}{P}$
Placa enterrada vertical	$R = 1,6 \frac{\rho}{P}$
Pica vertical	$R = \frac{\rho}{L}$
Conductor enterrado horizontalmente	$R = 2 \frac{\rho}{L}$
Malla de tierra	$R = \frac{\rho}{4r} + \frac{\rho}{L}$

Siendo:

R = Resistencia a tierra del electrodo, en ohmios.

ρ = Resistividad del terreno, en ohmios metro.

P = Perímetro de la placa, en metros.

L = Longitud en metros de la pica o del conductor, y en la malla la longitud total de los conductores enterrados.

r = Radio en metros de un círculo de la misma superficie del área cubierta por la malla.

En nuestro caso, el electrodo de puesta a tierra estará formado por un conjunto de picas verticales de acero cobrizado de 2 metros de longitud y 14,3 metros de diámetro.

Tomando una resistividad del terreno de 300 $\Omega \cdot m$, con una longitud de pica de 2 metros, se instalarán 18 picas para obtener una resistencia de puesta a tierra 2,21 Ω , con una separación entre picas de 2 metros.

- Total de picas de = 18 picas.
- Total conductor de cobre desnudo de 35 mm² = 200 metros

No obstante, de acuerdo con el punto 12 de la ITC-BT-18, y dada la importancia que ofrece, desde el punto de vista de la seguridad cualquier instalación de toma de tierra deberá ser obligatoriamente comprobada por el Director de la Obra, o Empresa instaladora, en el momento de dar de alta la instalación para su puesta en marcha o en funcionamiento.

4. INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE BAJA TENSIÓN EN CORRIENTE ALTERNA

La instalación eléctrica de baja tensión en corriente alterna comprende todo el sistema de cableado, canalización subterránea y protecciones eléctricas desde la salida de los inversores, hasta el punto de conexión de baja tensión ubicado en el interior del Centro de Transformación de Media Tensión (CMT). En este centro de transformación se aloja el transformador de 250 kVA existente de la Comunidad de Regantes ubicado junto al Depósito 1 del Cerro de la Encina. Para la elección y el dimensionamiento de los conductores se han aplicado los siguientes criterios:

- Tensión de operación: 400 V
- Caída de tensión máxima admisible < 1,5%
- Intensidades de cálculo: maximizada un 25%

El conductor empleado en el cableado de corriente alterna desde los inversores hasta el cuadro de protecciones, será de las siguientes características:

- Conductor: Cobre.
- Tipología: RV-K
- Tensión de servicio: 0,6/1kV AC.
- Aislamiento: Polietileno reticulado (XLPE).
- Cubierta exterior: Poliolefina termoplástica.

El conductor empleado en el cableado de corriente alterna desde el cuadro de protecciones hasta el punto de conexión, será de las siguientes características:

- Conductor: Cobre.
- Tipología: RZ1-K(AS)
- Tensión de servicio: 0,6/1kV AC.
- Aislamiento: Polietileno reticulado (XLPE).
- Cubierta exterior: Poliolefina termoplástica

4.1. CÁLCULO DE SECCIÓN POR INTENSIDAD ADMISIBLE

4.1.1. INTENSIDAD MÁXIMA ADMISIBLE

La intensidad máxima admisible de las líneas de corriente alterna de salida de cada inversor se calculará teniendo en cuenta la potencia de este y que la instalación es trifásica:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos\varphi}$$

Se considera un $\cos \varphi$ igual a 1.

4.1.2. FACTOR DE CORRECCIÓN POR TEMPERATURA

Cuando la temperatura del terreno es distinta a los 25°C, las intensidades admisibles se deberán multiplicar por un factor de corrección que tenga en cuenta el distinto salto térmico.

$$F_{ct} = \sqrt{\frac{\theta_s - \theta_t}{\theta_s - 25}}$$

En la tabla siguiente se reflejan los valores correspondientes a las distintas temperaturas del terreno, según la fórmula indicada:

Tabla 5. Factor de corrección por temperatura

Temperatura máxima de conducto (°C)	Temperatura del terreno, en °C, t								
	10	15	20	25	30	35	40	45	50
90	1,11	1,07	1,04	1,00	0,96	0,92	0,88	0,83	0,78

En este caso, se tomará un factor de corrección por temperatura de 0,97.

4.1.3. FACTOR DE CORRECCIÓN POR RESISTIVIDAD TÉRMICA DEL TERRENO

Un factor a considerar es la resistividad estándar del terreno, la cual influye en la intensidad admisible en cables enterrados en instalaciones interiores o receptoras, frente al método que se venía utilizando hasta 2004 proveniente de la ITC-BT-07, que a su vez ha sido redactada basándose en la UNE 20435.

Tabla 6. Factor de corrección por resistividad térmica del terreno

Resistividad térmica del terreno K.m/W	0,5	0,7	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
Cables en conductos enterrados (D1)	1,28	1,2	1,18	1,1	1,05	1	0,96

En este caso se tomará el valor 1,0.

4.1.4. FACTOR DE CORRECCIÓN POR AGRUPAMIENTO

El calentamiento mutuo de los cables, cuando varios circuitos coinciden en la misma canalización, obliga a considerar un factor de corrección adicional para tener en cuenta la mayor dificultad para disipar el calor generado, ya que esta situación equivale a una mayor temperatura ambiente.

Imagen 2. Factor de reducción para circuitos enterrados en suelo

Tabla B.52.19 – Factores de reducción para más de un circuito, cables en conductos enterrados en el suelo – Método de instalación D1 de las tablas B.52.2 a B.52.5

Número de cables	A) Cables multipolares en conductos individuales			
	Distancia entre conductos *			
	Nula (conductos en contacto)	0,25 m	0,5 m	1,0 m
2	0,85	0,90	0,95	0,95
3	0,75	0,85	0,90	0,95
4	0,70	0,80	0,85	0,90
5	0,65	0,80	0,85	0,90
6	0,60	0,80	0,80	0,90
7	0,57	0,76	0,80	0,88
8	0,54	0,74	0,78	0,88
9	0,52	0,73	0,77	0,87
10	0,49	0,72	0,76	0,86
11	0,47	0,70	0,75	0,86
12	0,45	0,69	0,74	0,85
13	0,44	0,68	0,73	0,85
14	0,42	0,68	0,72	0,84
15	0,41	0,67	0,72	0,84
16	0,39	0,66	0,71	0,83
17	0,38	0,65	0,70	0,83
18	0,37	0,65	0,70	0,83
19	0,35	0,64	0,69	0,82
20	0,34	0,63	0,68	0,82

Por esta razón, la norma UNE-HD 60364-5-52 incluye la tabla B.52.19 en la que se reseñan los factores de corrección a considerar cuando en una canalización se encuentran juntos varios circuitos o varios cables multiconductores.

Estos factores deben utilizarse para modificar las intensidades indicadas en la mencionada tabla.

En este caso, el valor de este coeficiente depende del número de circuitos que vayan alojados en la misma zanja, lo cual queda recogido en la tabla de cálculo.

4.2. CRITERIO DE CAÍDA DE TENSIÓN

Para el criterio de caída de tensión se tendrá en cuenta la siguiente fórmula.

$$\Delta V = \frac{\sqrt{3} \cdot \rho \cdot L \cdot I \cdot \cos\varphi}{S \cdot n}$$

Siendo:

ρ = Resistividad del conductor.

L = Longitud de la Línea.

I = Intensidad nominal de la corriente.

S = Sección elegida del conductor.

n = Número de conductores por fase.

$\cos\varphi$ = Coseno de φ entre la tensión de fase e intensidad

En valor absoluto:

$$\%V = \frac{\Delta V}{V} \cdot 100$$

En nuestro caso consideraremos un $\cos \varphi$ igual a 1.

4.3. CRITERIO DE INTENSIDAD DE CORTOCIRCUITO

El criterio de verificación del cableado por criterio de cortocircuito, se basa en la premisa básica de que las protecciones eléctricas a instalar actuarán antes de poner en riesgo la integridad del mismo, ante este tipo de defectos. En el apartado posterior, se desarrolla la justificación del mismo.

4.4. RESULTADO DE CÁLCULO

El resultado de cálculo para determinar y validar la sección de los conductores de baja tensión en corriente alterna, según el criterio térmico y de caída de tensión, se recogen a continuación.

Para la conexión del cableado de alterna a los inversores, se conectará 1 cable por fase de 185 mm² RV-K, cuyo cuadro de protecciones se anclará en la pared exterior del Depósito 1 junto al Centro de Transformación existente, posteriormente se realizará la conexión con el cuadro de alimentación de los equipos de bombeo ubicado en el interior del Centro de Transformación.

Los resultados de los cálculos se presentan en las tablas posteriores y el Apéndice correspondiente.

- Elementos de protección del cuadro de baja tensión:
 - Interruptor general automático de 630 A en cabecera, tetrapolar, Térmico regulable.
 - Interruptor automático de 250 A para cada línea, tetrapolar, Térmico regulable relé y transf. (protección diferencial regulable 300 mA).

Cabe destacar que se incluirá protección diferencial regulable en el cuadro de protección de corriente alterna, suficiente para proteger a las personas contra contactos indirectos fortuitos, ya que este cuadro no se encontrará unido a la red de tierras del campo fotovoltaico mediante cable de protección.

Los cálculos justificativos de los elementos de protección se justifican en el Apéndice 1.

Tabla 7. Cálculos conductores de baja tensión en corriente alterna

CORRIENTE ALTERNA																		
BAJA TENSIÓN																		
TRAMO							PREDIMENSIONAMIENTO			CRITERIO TÉRMICO						CRITERIO CAÍDA DE TENSIÓN		
Tramo	L(m)	Método	I (A)	Coef	Ic (A)	V (V)	Cu / Al	S (mm ²)	Cond./Fase	Iadm (A)	Coef. T ²	Coef. Res.	Coef. Agr.	Iadm*(A)	¿Cumple?	ΔV (V)	ΔV (%)	ΔV acum. (%)
INV. 01 - CBT	152,20	Ent. Bajo Tubo	144,40	1,25	180,50	400	Cu	185	1	291	0,97	1	0,8	225,82	CUMPLE	4,424	1,106	1,106
INV. 02 - CBT	165,30	Ent. Bajo Tubo	144,40	1,25	180,50	400	Cu	185	1	291	0,97	1	0,8	225,82	CUMPLE	4,805	1,201	1,201

5. ALIMENTACIÓN DE LOS GRUPOS DE BOMBEO EXISTENTES

En la instalación existente de la estación de bombeo se encuentran 2 equipos de bombeo de 132 kW con su arrancador correspondiente que se instalan con una tipología de 1+1, es decir, que solamente puede trabajar una bomba de las dos. Con la intención de mejorar la eficiencia energética de la instalación de bombeo de la Comunidad de Regantes se sustituirá un arrancador existente por un variador de frecuencia para uno de los grupos de bombeo de 132 kW. De esta manera, se mejora el rendimiento y disminuye el consumo energético de la bomba, adaptando su funcionamiento al régimen de generación y consumo de energía eléctrica. El nuevo variador se instalará en la ubicación que antes ocupaba el arrancador sustituido.

En la alimentación del grupo de bombeo al que se va a acoplar un variador de frecuencia, se le deberán sustituirse los conductores existentes por otros adaptados a las necesidades del nuevo equipo, por lo que el conductor empleado cumplirá las siguientes características:

- Conductor: Cobre.
- Tipología: RV-K
- Tensión de servicio: 0,6/1kV AC.
- Aislamiento: Polietileno reticulado (XLPE).
- Cubierta exterior: Poliolefina termoplástica.

El variador incluye filtro EMC para eliminar las emisiones de interferencias a la vez que mejoran la inmunidad a las interferencias internas y externas. Además, como sistema de protección según directrices del fabricante, la sección del cableado de puesta a tierra del motor será igual que la de fase.

5.1. CÁLCULO DE SECCIÓN POR INTENSIDAD ADMISIBLE

La intensidad máxima admisible de las líneas de corriente alterna de salida de cada inversor se calculará teniendo en cuenta la potencia de este y que la instalación es trifásica:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos\varphi}$$

5.2. CRITERIO DE CAÍDA DE TENSIÓN

Para el criterio de caída de tensión se tendrá en cuenta la siguiente fórmula.

$$\Delta V = \frac{\sqrt{3} \cdot \rho \cdot L \cdot I \cdot \cos\varphi}{S \cdot n}$$

Siendo:

ρ = Resistividad del conductor.

L = Longitud de la Línea.

I = Intensidad nominal de la corriente.

S = Sección elegida del conductor.

n = Número de conductores por fase.

$\cos\varphi$ = Coseno de φ entre la tensión de fase e intensidad

En valor absoluto:

$$\%V = \frac{\Delta V}{V} \cdot 100$$

5.3. CRITERIO DE INTENSIDAD DE CORTOCIRCUITO

Por último, se comprueba el criterio de la intensidad de cortocircuito, que como se ha mencionado anteriormente, es muy superior a la intensidad que podría producirse en la instalación.

Recurrimos a la GUIA-BT-ANEXO 3 para la fórmula de cálculo aproximado.

Como generalmente se desconoce la impedancia del circuito de alimentación a la red, se admite que en caso de cortocircuito la tensión en el inicio de las instalaciones de los usuarios se puede considerar como 0,8 veces la tensión de suministro.

$$I_{cc} = \frac{0,8U}{Z_{max}}$$

Siendo:

I_{cc} = Intensidad de cortocircuito máxima en el punto considerado

U = Tensión de alimentación

$Z_{m\acute{a}x}$ = Resistencia del conductor

Se utilizará el valor de resistividad del cobre a 20 °C y tomando la fórmula de la UNE 20003 (IEC 28), se tendrá:

$$Z_{m\acute{a}x} = \frac{\rho_{cu} \cdot L}{S}$$

5.4. RESULTADO DEL CÁLCULO

El resultado de cálculo para determinar y validar la sección del conductor para alimentación del grupo de bombeo, se recoge a continuación

Tabla 8. Cálculos conductores de equipo de bombeo

INSTALACIONES EN MONTAJE SUPERFICIAL O EMPOTRADOS EN OBRAS															
Tramo	L(m)	cos (φ)	P (kW)	TRAMO							CRITERIO INT. MÁX. ADM		CRITERIO CAÍDA DE TENSIÓN		CRIT. INT. COROTOCIRCUITO
				V (V)	In (A)	I cal. (A)	Método	Cu/Al	S (mm2)	Cond./Fase	Iadm (A)	¿Cumple?	ΔV (V)	ΔV (%)	Icc en kA
CT - VAR. 132kW	50	0,8	132	400	264	330	B1	Cu	185	1	341	CUMPLE	2,60	0,65	39,58

6. PUNTO DE CONEXIÓN

Para la ubicación de los armarios de baja tensión en alterna, así como todos los elementos necesarios para el sistema de monitorización y seguridad, se ha optado por instalarlos en un armario eléctrico prefabricado estanco para intemperie ubicado en la pared del Depósito 1 junto al edificio prefabricado existente donde se ubica el transformador propiedad de la Comunidad de Regantes.

6.1. DESCRIPCIÓN

El edificio existente de alojamiento del transformador y de la paramenta eléctrica consta de una envolvente de hormigón, de estructura monobloque, en cuyo interior se ubican todos los componentes eléctricos, desde los cuadros de baja tensión de protección de los equipos de bombeo, arrancadores, embarrado, dispositivos de control e interconexiones entre los diversos elementos.

La principal ventaja que presentan estos edificios es que tanto la construcción como el montaje y equipamiento interior pueden ser realizados íntegramente en fábrica, garantizando con ello una calidad uniforme y reduciendo considerablemente los trabajos de obra civil y montaje en el punto de instalación.

El espacio en el interior del centro de transformación es limitado por lo que se pretende instalar en el exterior un armario eléctrico estanco para intemperie donde se alojarán los elementos de control y protección de la planta fotovoltaica. A la salida de este cuadro se conectará con el cuadro general de protección de los equipos de bombeo existentes en el interior del centro de transformación.

7. SISTEMA ANTIVERTIDO

Como la instalación fotovoltaica proyectada es una instalación de autoconsumo, conectada a red sin vertido de excedentes, y de acuerdo al *Real Decreto 244/2019, de 5 de abril, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica*, este tipo de instalaciones fotovoltaicas deberán de disponer de un sistema antivertido que garantice que no se vierta energía a la red de distribución.

El sistema antivertido deberá de cumplir lo especificado en el citado Real Decreto, así como la *ITC-BT-40 Anexo I: Sistemas para evitar el vertido de energía a la red*.

El sistema antivertido estará conectado a la red de baja tensión, y estará compuesto en primera instancia por un analizador de redes inteligente que será el encargado de medir la energía de consumo total en baja tensión a través de unos transformadores de medida de corriente colocados aguas arriba del interruptor general de la instalación.

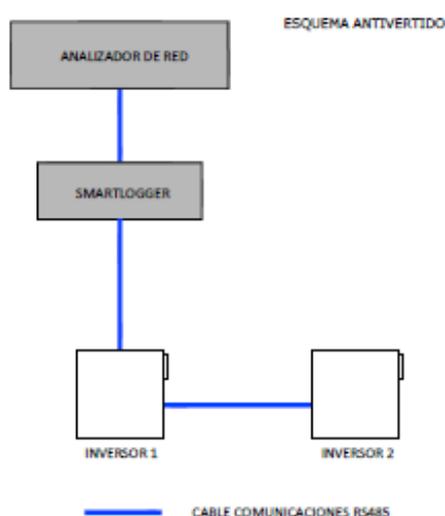
Se instalará un controlador Smartlogger que junto con el mecanismo de antivertido del inversor, se encargará de asegurar en todo momento que la potencia medida en el punto de consumo sea superior a la potencia generada por la planta fotovoltaica, de tal forma que la diferencia entre consumo y generación no supere el valor de tolerancia del sistema de medida.

Los equipos inversores ubicados en el campo fotovoltaico se conectarán en cascada al Smartlogger, que a su vez se conectará con el analizador de red mediante cable de conexión RS-485 ya que permite la velocidad de comunicación suficiente para corregir cualquier valor que incumpla el requisito anterior en un tiempo inferior a 2 segundos. Gracias a esto el sistema de control del inversor puede regular la energía que genera, de forma que siempre se ajuste a la energía que demanda la instalación.

Además, el sistema antivertido deberá impedir el vertido de energía a la red cuando se produzca un fallo en las comunicaciones, como salvaguarda de cumplimiento de la normativa.

De forma complementaria, el smartlogger se conectará mediante cable RS-485 al equipo PLC de control de la estación de bombeo, aportando las variables de interés para el correcto funcionamiento del sistema de telecontrol.

Imagen 3. Esquema de conexión antivertido



8. SISTEMA DE MONITORIZACIÓN

La instalación fotovoltaica proyectada incluirá un sistema de monitorización independiente, capaz de mostrar sinópticos con valores instantáneos, gráficas de tendencia, históricos, registros y sistema de gestión de alarmas

Para ello, a través del propio smartlogger instalado para controlar el vertido a red, se realizará la convergencia de todos los puertos, la conversión de protocolos, la obtención y el almacenamiento de datos, y la monitorización y el mantenimiento centralizado de los dispositivos de los sistemas.

El smartlogger admitirá las siguientes funciones:

- Operaciones locales usando la aplicación para teléfonos móviles a través de la WLAN integrada del fabricante.
- Conexión en red RS485 de los siguientes dispositivos:
 - Inversores solares.
 - Instrumentos de monitorización del entorno (EMI).
 - Analizadores de red.
- Conexión a sistemas de gestión.

Tabla 9. Señales que integran el sistema de monitorización independiente

OBRA CIVIL	DESCRIPCIÓN
INVERSORES	Tensión CC de entrada String
	Tensión CC de entrada String
	Tensión CA de salida entre fases
	Corriente CA de salida de cada fase
	Potencia activa
	Potencia reactiva
	Cos phi
	Energía suministrada en kWh
	Emisión reducida en CO ₂
MEDIDOR DE POTENCA	Energía total generada
	Energía total consumida
INSTRUMENTO DE MONITORIZACIÓN DEL ENTORNO	Radiación solar
	Temperatura de célula de referencia

Las señales gestionadas por el smartlogger, podrán ser monitorizadas desde una aplicación móvil o desde una aplicación web.

9. SISTEMA AUTOMATIZACIÓN Y TELECONTROL

9.1. ANTECEDENTES

Actualmente la Comunidad de Regantes Cerro de la Encina no cuenta con ningún sistema de telecontrol de las instalaciones existentes.

9.2. OBJETO DE LA AUTOMATIZACIÓN Y TELECONTROL

El principal objetivo a alcanzar con el sistema de automatización y telecontrol es implementar un sistema de automatización que, en concordancia con los parámetros obtenidos por la planta fotovoltaica, permita reducir la dependencia energética de la Comunidad de Regantes.

Además, se establecerá un criterio de funcionamiento claro para los equipos motor bomba instalados en el depósito 1, maximizando el rendimiento de la planta fotovoltaica y permitiendo la autonomía de funcionamiento según los parámetros obtenidos de los diferentes sensores a instalar.

Debido a que se desconocen diferentes parámetros necesarios para la correcta automatización de la red de riego y llenado de los depósitos de la Comunidad de Regantes, el alcance del proyecto se establecerá en la automatización de los equipos del instalados en el depósito 1. Aunque para facilitar una futura modernización de las demás instalaciones de la Comunidad de Regantes, se implementará una instalación de automatización escalable que permita incorporar otras señales de control.

9.3. NORMATIVA APLICABLE

UNE-EN 15099-1:2007 ERRATUM:2008 Técnicas de riego. Telecontrol de zonas regables. Parte 1: Consideraciones generales.

9.4. DESCRIPCIÓN Y ESTRUCTURA BÁSICA DEL SISTEMA DE COMUNICACIONES. ARQUITECTURA

9.4.1. ESTUDIO DE COBERTURAS

La comunicación entre equipos se realizará mediante cable de comunicaciones apantallado RS-485, y la comunicación para realizar la subida de datos a la nube se realizará mediante 4G de tal manera que no se requiere de estudio de coberturas.

9.4.2. DESCRIPCIÓN DE ELEMENTOS DE COMUNICACIÓN

Fundamentalmente, la comunicación entre equipos instalados en el depósito 1 y la planta fotovoltaica se realizará mediante cableado de comunicaciones apantallado RS-485, mientras que el sistema para dotar al PLC de control de los equipos de bombeo de conectividad será mediante red 3G/4G, utilizando un router que irá instalado en las oficinas existentes junto al cuadro donde se encuentran los arrancadores.

El elemento de comunicación propuestos para dar conectividad al PLC de automatización del bombeo en el caso que se quiera registrar los históricos en una plataforma/nube donde, seguirá las siguientes características:

Tabla 10. Características del router de comunicaciones

Descripción	Router LTE CAT6 industrial con dos módems LTE
Bandas	4G (LTE-FDD): B1, B3, B5, B7, B8, B20, B28, B321 4G(LTE-TDD): B38, B40, B41 3G: B1, B3, B5, B8
Tecnología	LTE CAT6/CAT4/3G/2G
Puerto Serie	USB
Puertos Ethernet	5GE
WiFi	2.4GHz+5GHz
Velocidad de bajada	600Mbps (300x2)
Interfaz	Bluetooth 4.0

9.4.3. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE COMUNICACIONES PROPUESTO

El sistema de comunicación propuesto será mediante cableado de comunicaciones entre los equipos existentes en la instalación del depósito 1 y mediante red 3G/4G para realizar la comunicación con la plataforma online de almacenamiento de datos. El sistema de comunicación propuesto sigue el siguiente esquema:

9.5. EQUIPOS

Para el control de los equipos de bombeo, se seleccionará un PLC tipo compacto con las siguientes características:

Tabla 11. Características del PLC

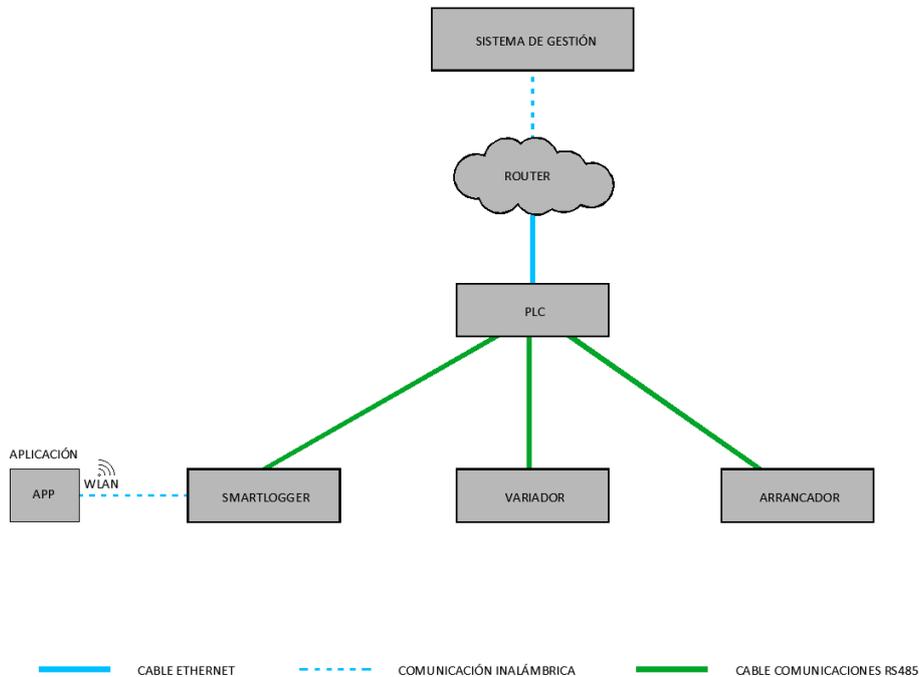
Descripción	PLC tipo compacto
Tipo Lenguaje IEC 61131-3	XEC
Velocidad de proceso	94ns/paso
Capacidad programa	15Kpasos/200KB
Tensión alimentación	11/240Vca
Entradas digitales	12
Salidas digitales	8
Entradas analógicas	4
Salidas analógicas	4
Comunicaciones	RS232, RS485, CANOpen, Ethernet
Control procesos PID	Sí (16 lazos)
Contaje rápido HSC	100KHz, 2 canales
Captura impulsos	10 ms, 2 puntos
Filtro de entrada	Sí
Interrupciones externas	10 ms, 2 puntos
Puerto programación	USB (Rev 1.1), RS-232C 1 canal (cargador)
Lenguaje programación	Ladder, SFC, ST
Módulos de expansión	2 módulos frontales / 7 módulos laterales
Dimensiones (An x Al x Pr)	135 x 90 x 64 mm

Tabla 12. Señales que integran el sistema de automatización y telecontrol

OBRA CIVIL	DESCRIPCIÓN
SMARTLOGGER	Tensión CA de salida entre fases
	Corriente CA de salida de cada fase
	Potencia activa
	Energía suministrada en kWh
	Emisión reducida en CO ₂
	Energía total generada
	Energía total consumida
	Radiación solar
	Temperatura de célula de referencia
VARIADOR	Control arranque/parada
ARRANCADOR	Control arranque/parada

OBRA CIVIL	DESCRIPCIÓN
INSTRUMENTACIÓN	Medidor de flujo / Sonda de nivel

Imagen 4. Esquema de conexión telecontrol



9.6. FUTURAS ACTUACIONES

La Comunidad de Regantes Cerro de la Encina cuenta con diferentes puntos de interés con un alto potencial para que los procesos de funcionamiento puedan ser automatizados, además de poder telecontrolar las infraestructuras con las que cuenta, por lo que en este apartado se pretende definir de carácter general las actuaciones a realizar, aunque estén fuera del alcance del proyecto.

Además de la estación de bombeo del depósito 1, existen otros cinco (5) puntos de interés que podrían ser automatizados.

9.6.1. DEPÓSITO CERRO DE LA ENCINA

Es el siguiente punto de interés que sigue el flujo de agua saliente de la estación de bombeo. Se ubica en las coordenadas **399.045, 4.067.252** según el sistema de referencia ETRS89 HUSO 30, y las actuaciones a contemplar son:

- Dotar de sistema de alimentación eléctrica

- Dotar de sistema de comunicación para la transmisión de datos
- Instalación de sonda de nivel para controlar el nivel del depósito

9.6.2. VÁLVULA 1 Y VÁLVULA 2

A la salida del depósito Cerro de la Encina se encuentra una bifurcación de la red de tuberías existente:

- En primer lugar, la **Válvula 1** se ubicada en las coordenadas **398.838, 4.067.586** según el sistema de referencia ETRS89 HUSO 30, que con su apertura el agua saliente del Depósito Cerro de la Encina se dirige mediante la misma tubería a la Balsa 1 o al Depósito Pepe Campos. Para automatizar este punto de interés se requiere realizar una instalación previa para dotar a este punto de alimentación eléctrica, además de realizar una instalación para comunicar el sistema de control de la válvula con el sistema de gestión de la Comunidad de Regantes, de tal forma que se pueda controlar su apertura y cierre.
- Y en segundo lugar, la **Válvula 2**, ubicada en las coordenadas **398.873, 4.067.547** según el sistema de referencia ETRS89 HUSO 30, que con la apertura de la misma se dota de agua a la red de riego. Las posibles actuaciones a realizar en este punto además de una instalación de alimentación eléctrica, se requiere instalar un sistema de control de la válvula y un sistema para comunicarlo con el sistema de gestión de la Comunidad de Regantes, de tal forma que se pueda controlar su apertura y cierre.

9.6.3. Balsa 1

La tubería a la salida de la Válvula 1 se conecta en primer lugar con la **balsa 1**, ubicada en las coordenadas **397.828, 4.068.183** según el sistema de referencia ETRS89 HUSO 30, utilizándose como sistema de almacenamiento de agua. Las posibles actuaciones a realizar en este punto serían la instalación de una sonda de nivel para medir el nivel de la balsa y comunicación con el sistema de gestión de la Comunidad de Regantes.

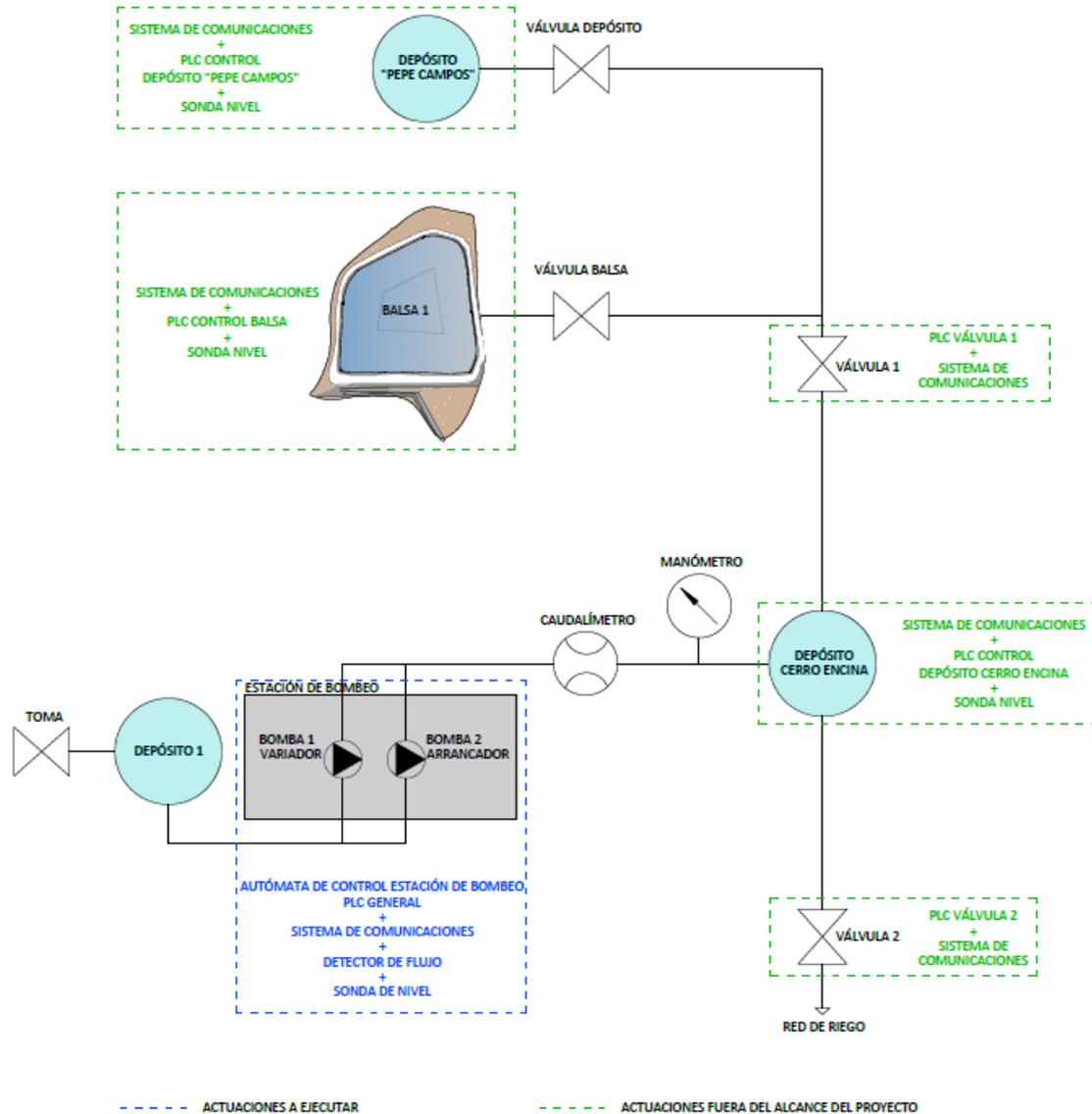
9.6.4. DEPÓSITO "PEPE CAMPOS"

La tubería a la salida de la Válvula 1 se conecta en segundo lugar con el **depósito Pepe Campos**, ubicado en las coordenadas **397.643, 4.067.961** según el sistema de referencia ETRS89 HUSO 30, utilizándose como sistema de almacenamiento de agua. Las posibles actuaciones a realizar en este punto serían la instalación de una sonda de nivel para medir el

nivel del depósito, instalación eléctrica para dotar este punto de alimentación eléctrica y instalación para comunicación con el sistema de gestión de la Comunidad de Regantes.

Se adjunta a continuación un esquema resumen de las instalaciones a realizar, junto con las posibles actuaciones futuras que quedan fuera del alcance de este proyecto.

Imagen 5. Esquema actuaciones telecontrol



APÉNDICE 1. CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

CUADRO GENERAL DE MANDO Y PROTECCION

Fórmulas

Emplearemos las siguientes:

Sistema Trifásico

$$I = Pc / 1,732 \times U \times \text{Cos}j \times R = \text{amp (A)}$$

$$e = (L \times Pc / k \times U \times n \times S \times R) + (L \times Pc \times Xu \times \text{Sen}j / 1000 \times U \times n \times R \times \text{Cos}j) = \text{voltios (V)}$$

Sistema Monofásico:

$$I = Pc / U \times \text{Cos}j \times R = \text{amp (A)}$$

$$e = (2 \times L \times Pc / k \times U \times n \times S \times R) + (2 \times L \times Pc \times Xu \times \text{Sen}j / 1000 \times U \times n \times R \times \text{Cos}j) = \text{voltios (V)}$$

En donde:

Pc = Potencia de Cálculo en Watios.

L = Longitud de Cálculo en metros.

e = Caída de tensión en Voltios.

K = Conductividad.

I = Intensidad en Amperios.

U = Tensión de Servicio en Voltios (Trifásica ó Monofásica).

S = Sección del conductor en mm².

Cos j = Coseno de fi. Factor de potencia.

R = Rendimiento. (Para líneas motor).

n = N^o de conductores por fase.

Xu = Reactancia por unidad de longitud en mW/m.

Fórmula Conductividad Eléctrica

$$K = 1/r$$

$$r = r_{20}[1+a(T-20)]$$

$$T = T_0 + [(T_{\text{max}}-T_0) (I/I_{\text{max}})^2]$$

Siendo,

K = Conductividad del conductor a la temperatura T.

r = Resistividad del conductor a la temperatura T.

r₂₀ = Resistividad del conductor a 20°C.

$$Cu = 0.018$$

$$Al = 0.029$$

a = Coeficiente de temperatura:

$$Cu = 0.00392$$

$$Al = 0.00403$$

T = Temperatura del conductor (°C).

T₀ = Temperatura ambiente (°C):

Cables enterrados = 25°C

Cables al aire = 40°C

T_{max} = Temperatura máxima admisible del conductor (°C):

XLPE, EPR = 90°C

PVC = 70°C

I = Intensidad prevista por el conductor (A).

I_{max} = Intensidad máxima admisible del conductor (A).

Fórmulas Sobrecargas

$$I_b \leq I_n \leq I_z$$
$$I_2 \leq 1,45 I_z$$

Donde:

I_b: intensidad utilizada en el circuito.

I_z: intensidad admisible de la canalización según la norma UNE 20-460/5-523.

I_n: intensidad nominal del dispositivo de protección. Para los dispositivos de protección regulables, I_n es la intensidad de regulación escogida.

I₂: intensidad que asegura efectivamente el funcionamiento del dispositivo de protección. En la práctica I₂ se toma igual:

- a la intensidad de funcionamiento en el tiempo convencional, para los interruptores automáticos (1,45 I_n como máximo).
- a la intensidad de fusión en el tiempo convencional, para los fusibles (1,6 I_n).

Fórmulas compensación energía reactiva

$$\cos\phi = P/\sqrt{P^2 + Q^2}$$

$$\tan\phi = Q/P$$

$$Q_c = P(\tan\phi_1 - \tan\phi_2)$$

$$C = Q_c \times 1000 / U^2 \times \omega; \text{ (Monofásico - Trifásico conexión estrella)}$$

$$C = Q_c \times 1000 / 3 \times U^2 \times \omega; \text{ (Trifásico conexión triángulo)}$$

Siendo:

P = Potencia activa instalación (kW).

Q = Potencia reactiva instalación (kVAr).

Q_c = Potencia reactiva a compensar (kVAr).

φ₁ = Angulo de desfase de la instalación sin compensar.

φ₂ = Angulo de desfase que se quiere conseguir.

U = Tensión compuesta (V).

ω = 2πf; f = 50 Hz.

C = Capacidad condensadores (F); cx1000000(μF).

DEMANDA DE POTENCIAS

- Potencia total instalada:

Inversor 1	100000 W
Inversor 2	100000 W
TOTAL....	200000 W

- Potencia Instalada Fuerza (W): 200000

- Potencia Máxima Admisible (W): 234443.53

Cálculo de la DERIVACION INDIVIDUAL

- Tensión de servicio: 400 V.

- Canalización: Enterrados Bajo Tubo (R.Subt)
- Longitud: 5 m; Cos j: 0.8; $Xu(mW/m)$: 0;
- Potencia a instalar: 200000 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-47):
 $100000 \times 1.25 + 100000 = 225000$ W. (Coef. de Simult.: 1)

$$I = 225000 / 1,732 \times 400 \times 0.8 = 405.96 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 4x240mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE+Pol - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida -. Desig. UNE: RZ1-K(AS)

I.ad. a 25°C (Fc=0.8) 440 A. según ITC-BT-07

Diámetro exterior tubo: 200 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 80.33

$$e(\text{parcial}) = 5 \times 225000 / 44.93 \times 400 \times 240 = 0.26 \text{ V.} = 0.07 \%$$

$$e(\text{total}) = 0.07\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Aut./Tet. In.: 630 A. Térmico reg. Int.Reg.: 423 A.

Cálculo de la Línea: Inversor 1

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: Enterrados Bajo Tubo (R.Subt)
- Longitud: 152.2 m; Cos j: 1; $Xu(mW/m)$: 0; R: 1
- Potencia a instalar: 100000 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-47):
 $100000 \times 1.25 = 125000$ W.

$$I = 125000 / 1,732 \times 400 \times 1 \times 1 = 180.43 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 4x185mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE. Desig. UNE: RV-K

I.ad. a 25°C (Fc=0.8) 384 A. según ITC-BT-07

Diámetro exterior tubo: 200 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 39.35

$$e(\text{parcial}) = 152.2 \times 125000 / 51.64 \times 400 \times 185 \times 1 = 4.98 \text{ V.} = 1.24 \%$$

$$e(\text{total}) = 1.31\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Aut./Tet. In.: 250 A. Térmico reg. Int.Reg.: 182 A.

Protección diferencial:

Relé y Transfor. Diferencial Sens.: 300 mA.

Cálculo de la Línea: Inversor 2

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: Enterrados Bajo Tubo (R.Subt)

- Longitud: 165.3 m; Cos j: 1; Xu(mW/m): 0; R: 1
- Potencia a instalar: 100000 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-47):
100000x1.25=125000 W.

$$I=125000/1,732 \times 400 \times 1 \times 1 = 180.43 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 4x185mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE. Desig. UNE: RV-K

I.ad. a 25°C (Fc=0.8) 384 A. según ITC-BT-07

Diámetro exterior tubo: 200 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 39.35

e(parcial)=165.3x125000/51.64x400x185x1=5.41 V.=1.35 %

e(total)=1.42% ADMIS (6.5% MAX.)

Prot. Térmica:

I. Aut./Tet. In.: 250 A. Térmico reg. Int.Reg.: 182 A.

Protección diferencial:

Relé y Transformador. Diferencial Sens.: 300 mA.

Los resultados obtenidos se reflejan en las siguientes tablas:

Cuadro General de Mando y Protección

Denominación	P.Cálculo (W)	Dist.Cálculo (m)	Sección (mm ²)	I.Cálculo (A)	I.Admi. (A)	C.T.Parc. (%)	C.T.Total (%)	Dimensiones(mm) Tubo,Canal,Band.
DERIVACION IND.	225000	5	4x240Cu	405.96	440	0.07	0.07	200
Inversor 1	125000	152.2	4x185Cu	180.43	384	1.24	1.31	200
Inversor 2	125000	165.3	4x185Cu	180.43	384	1.35	1.42	200

CALCULO DE LA PUESTA A TIERRA

- La resistividad del terreno es 300 ohmiosxm.
- El electrodo en la puesta a tierra del edificio, se constituye con los siguientes elementos:

M. conductor de Cu desnudo	35 mm ² 200 m.
M. conductor de Acero galvanizado	95 mm ²
Picas verticales de Cobre	14 mm
de Acero recubierto Cu	14 mm 18 picas de 2m.
de Acero galvanizado	25 mm

Con lo que se obtendrá una Resistencia de tierra de 2,21 ohmios.

Los conductores de protección, se calcularon adecuadamente y según la ITC-BT-18, en el apartado del cálculo de circuitos.

Así mismo cabe señalar que la línea principal de tierra no será inferior a 16 mm² en Cu, y la línea de enlace con tierra, no será inferior a 25 mm² en Cu.

APÉNDICE 2. MEDICIONES

MEDICION DEL PROYECTO

MEDICION DE CABLES

Sección(mm ²)	Metal	Design	Polaridad	Total(m)	Pu(Euros)	Ptotal(Euros)
185	Cu	RV-K	Unipolar	1270		
240	Cu	RZ1-K(AS)	Unipolar	20		

MEDICION DE TUBOS.

Diámetro(mm)	Total metros	Pu(Euros)	Ptotal(Euros)
200	322.5		

MEDICION DE MAGNETOTERMICOS, INTERRUPTORES AUTOMATICOS Y FUSIBLES.

Descripción	Intens(A)	Cantidad	Pu(Euros)	Ptotal(Euros)
I.Aut/Tetr.	250	2		

MEDICION DE DIFERENCIALES.

Descripción	Intens(A)	Sensibilidad(mA)	Cantidad	Pu(Euros)	Ptotal(Euros)
Relé y Transf.	250	300	2		

MEDICION DE RELES TERMICOS.

Descripción	Intens(A)	Cantidad	Pu(Euros)	Ptotal(Euros)
-------------	-----------	----------	-----------	---------------

MEDICION DE CONTACTORES.

Descripción	Intens(A)	Cantidad	Pu(Euros)	Ptotal(Euros)
-------------	-----------	----------	-----------	---------------

MEDICION DE PROTECCIONES LINEA GENERAL ALIMENTACION Y DERIVACION INDIVIDUAL.

Descripción	Intens(A)	Cantidad	Pu(Euros)	Ptotal(Euros)
I.Aut/Tetr.	630	1		