

ANEJO 13.- INSTALACIONES ELÉCTRICAS BAJA TENSIÓN Y AUTOMATIZACIÓN

ÍNDICE

ANEJO 13. INSTALACIONES ELÉCTRICAS. BT Y AUTOMATIZACIÓN

1	OBJETO DEL PROYECTO	1
2	LEGISLACIÓN APLICABLE	1
3	EMPLAZAMIENTO	3
4	POTENCIA CONTRATADA.....	3
5	JUSTIFICACIONES.....	3
6	POTENCIA A INSTALAR	4
6.1	INSTALACIÓN REBOMBEO	4
6.2	INSTALACIÓN TURBINA-BOMBA. AUTÓMATA	4
6.3	INSTALACIÓN TURBINA-BOMBA. EMERGENCIA GRUPO ELECTROGENERADOR.....	5
7	MATERIALES.....	6
7.1	NORMAS BÁSICAS.....	6
7.2	CONDUCTORES.....	6
7.3	CANALIZACIONES	6
7.4	INTERRUPTORES	6
7.5	FUSIBLES	7
8	EQUIPOS DE MEDIDA.....	7
9	DESCRIPCIÓN DEL MÓDULO DE PROTECCIÓN Y CONTROLES	7
9.1	EDIFICIO REBOMBEO.....	7
9.2	EDIFICIO TURBINA-BOMBA. FOTOVOLTAICA	8
9.3	EDIFICIO TURBINA-BOMBA. SUMINISTRO EMERGENCIA GRUPO ELECTROGENERADOR	8
10	DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN DE ALUMBRADO	9
11	DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA CANALIZADA INTERIOR.....	9
12	DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN CANALIZADA EXTERIOR.....	9
13	DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN DE ACOMETIDA	9
13.1	ESTACIÓN REBOMBEO	9
13.2	ESTACIÓN TURBINA-BOMBA.....	10
14	DESCRIPCIÓN DE LAS PUESTAS A TIERRA	10
15	ALUMBRADO DE EMERGENCIA Y SEÑALIZACIÓN.....	10
16	COMPENSACIÓN DE ENERGÍA REACTIVA	10
17	DESCRIPCIÓN DE LA VENTILACIÓN Y CLIMATIZACIÓN.....	11
17.1	ESTACIÓN REBOMBEO	11
17.2	ESTACIÓN TURBINA-BOMBA.....	12

18	CÁLCULOS ELÉCTRICOS	12
19	AUTOMATIZACIÓN	12
20	MEDIDAS PREVENTIVAS EN MATERIA DE SEGURIDAD Y SALUD	12

APÉNDICE 1 - CÁLCULOS ELÉCTRICOS REBOMBEO

APÉNDICE 2 – CÁLCULOS ELÉCTRICOS AUTÓMATA TURBINA-BOMBA

APÉNDICE 3 - AUTOMATIZACIÓN

APÉNDICE 4.- CÁLCULOS ELÉCTRICOS B.T. TURBINA-BOMBA CON GRUPO ELECTROGENERADOR

ANEJO 13. INSTALACIONES ELÉCTRICAS. BT Y AUTOMATIZACIÓN

1 OBJETO DEL PROYECTO

El presente Anejo forma parte del "Proyecto de modernización integral de la Comunidad de Regantes Cartuja – San Juan. Sectores XII y XIII del Canal de Monegros (Huesca)", y tiene por objeto cumplir los requisitos establecidos en el Pliego de Bases para la Contratación de la Asistencia Técnica objeto del mencionado proyecto.

Las actuaciones planteadas consisten en la definición de las características de la Instalación Eléctrica de Baja Tensión que proveerá de suministro eléctrico a las instalaciones y equipos eléctricos de la Estación de Rebombeo de Cartuja-San Juan (Huesca) y su automatización, así como la automatización de la estación de turbina-bomba y el suministro energético mediante instalación fotovoltaica al autómata y la válvula motorizada de este edificio.

La Red Eléctrica de Baja Tensión consistirá, en el caso del Rebombeo, en la instalación de la acometida subterránea desde el Centro de Transformación proyectado (detallado en el Anejo de la Línea de Media Tensión), a todos los puntos de consumo del Rebombeo. Del mismo modo, en el caso del edificio de turbina-bomba consistirá en el suministro desde las placas fotovoltaicas hasta todos los puntos de consumo.

En el presente proyecto se adjuntan los planos de la instalación eléctrica, situación y emplazamiento, esquemas unifilares y la planta de las instalaciones detallando la ubicación de los armarios, tomas de fuerza, puntos de alumbrado, luces de emergencia, extintores y salidas.

En el Apéndice 1 y 4 se incluyen los cálculos eléctricos, en el Apéndice 2 se incluyen los cálculos del autómata de la Turbina-Bomba, y en el Apéndice 3 la justificación de la automatización definida.

2 LEGISLACIÓN APLICABLE

Esta memoria descriptiva, es justificativa ante el Organismo competente de las Medidas y Normas a tener en cuenta al efectuar las instalaciones, en virtud de los siguiente Reglamentos y Normativas:

GENERALIDADES

- Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e instrucciones técnicas complementarias (ITC), (B.O.E. de 18-9-2002).
- Normas particulares de la Compañía Suministradora de energía eléctrica. ERZ-Endesa.
- Real Decreto 1955/2000 de 1 de diciembre, por el que se regulan las Actividades de Transporte, Distribución, Comercialización, Suministro y Procedimientos de Autorización de Instalaciones de Energía Eléctrica.
- Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios.
- Normas Técnicas para la accesibilidad y la eliminación de barreras arquitectónicas, urbanísticas y en el transporte.
- UNE 20406-5-523 (2004). Instalaciones eléctricas en edificios. Parte 5: selección e instalación de materiales eléctricos. Sección 523: Intensidades máximas admisibles en sistemas de conducción de cables.
- Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.
- Instrucción de Hormigón Estructural (EHE-08).
- UNE 20460-7-712. Instalaciones eléctricas en edificios. Reglas para las instalaciones y emplazamientos especiales. Sistemas de alimentación solar fotovoltaica (PV)
- UNE-HD 60364-7-712. Instalaciones eléctricas de baja tensión. Reglas para las instalaciones y emplazamientos especiales. Sistemas de alimentación solar fotovoltaica (PV)
- UNE 21302-826:2005 y IEC 60050-826. Vocabulario electrotécnico Internacional (VEI).
- UNE-EN 60439-1:2001 (1999) y A1:2005 (2004). Conjunto de aparataje de baja tensión. Parte 1: Conjuntos en serie y conjuntos derivados de serie.
- IEC/TR 60755 (1983). Reglas generales para los dispositivos de protección con corriente diferencial residual. Modificación 2 (1992).
- UNE-EN 60904-3:1994 (1993) y IEC 60904-3 (1989). Dispositivos fotovoltaicos. Parte 3: fundamentos de medida de dispositivos solares fotovoltaicos (PV) de uso terrestre con datos de irradiancia espectral de referencia.
- Directivas Europeas de seguridad y compatibilidad electromagnética
- Especificaciones Técnicas para Sistemas de Riego Fovotvoltaico editado por MASLOWATEN (MArket uptake of an innovative irrigation Solution based on LOW WATer-ENergy consumption)
- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.
- Real Decreto 1627/1997 de 24 de octubre de 1.997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras.

- Real Decreto 486/1997 de 14 de abril de 1997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
- Real Decreto 485/1997 de 14 de abril de 1997, sobre Disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.
- Real Decreto 1215/1997 de 18 de julio de 1997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.
- Real Decreto 773/1997 de 30 de mayo de 1997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.
- Real Decreto 1/1/2004 de 30 de enero. Desarrollo del artículo 24 de la ley 31/1995 sobre coordinación de actividades empresariales.

MERCADO ELÉCTRICO

- Ley 54/1997, de 27 de noviembre, del Sector Eléctrico.
- Real Decreto 900/2015, de 9 de octubre, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas de las modalidades de suministro de energía eléctrica con autoconsumo y de producción con autoconsumo.
- Real Decreto-ley 15/2018, de 5 de octubre, de medidas urgentes para la transición energética y la protección de los consumidores
- Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial.
- Real Decreto 1110/2007, de 24 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento Unificado de puntos de medida del sistema eléctrico.
- Real Decreto 1578/2008, de 26 de septiembre, de retribución de la actividad de producción de energía eléctrica mediante tecnología solar fotovoltaica para instalaciones posteriores a la fecha límite de mantenimiento de la retribución del Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo, para dicha tecnología.
- Norma UNE-EN 62466: Sistemas fotovoltaicos conectados a red. Requisitos mínimos de documentación, puesta en marcha e inspección de un sistema.
- Resolución de 31 de mayo de 2001 por la que se establecen modelo de contrato tipo y modelo de factura para las instalaciones solares fotovoltaicas conectadas a la red de baja tensión.
- Real Decreto 1663/2000, de 29 de septiembre, sobre conexión de instalaciones fotovoltaicas a la red de baja tensión.
- Real Decreto 1955/2000, de 1 de diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica.

- Real Decreto 1699/2011, de 18 de noviembre, por el que se regula la conexión a red de instalaciones de producción de energía eléctrica de pequeña potencia.
- Orden IET/931/2015, de 20 de mayo, por la que se modifica la Orden ITC/1522/2007, de 24 de mayo, por la que se establece la regulación de la garantía del origen de la electricidad procedente de fuentes de energía renovables y de cogeneración de alta eficiencia.
- Orden ETU/130/2017, de 17 de febrero, por la que se actualizan los parámetros retributivos de las instalaciones tipo aplicables a determinadas instalaciones de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables, cogeneración y residuos, a efectos de su aplicación al semiperiodo regulatorio que tiene su inicio el 1 de enero de 2017.

MÓDULOS

- UNE-EN 61730, armonizada para la Directiva 2006/95/CE, sobre cualificación de la seguridad de módulos fotovoltaicos
- UNE-EN 50380, sobre informaciones de las hojas de datos y de las placas de características para los módulos fotovoltaicos.
- UNE-EN 61215: Módulos fotovoltaicos (FV) de silicio cristalino para uso terrestre. Cualificación del diseño y homologación.
- UNE-EN 61646: Módulos fotovoltaicos (FV) de lámina delgada para aplicaciones terrestres. Cualificación del diseño y aprobación de tipo.
- UNE-EN 62108. Módulos y sistemas fotovoltaicos de concentración (CPV). Cualificación del diseño y homologación.
- Los módulos que se encuentren integrados en la edificación, aparte de que deben cumplir la normativa indicada anteriormente, además deberán cumplir con lo previsto en la Directiva 89/106/CEE del Consejo de 21 de diciembre de 1988 relativa a la aproximación de las disposiciones legales, reglamentarias y administrativas de los Estados miembros sobre los productos de construcción.

ESTRUCTURA MÓDULOS

- Si está construida con perfiles de acero laminado conformado en frío, cumplirán las normas UNE-EN 10219-1 y UNE-EN 10219-2 para garantizar todas sus características mecánicas y de composición química.
- Si es del tipo galvanizada en caliente, cumplirá las normas UNE-EN ISO 14713 (partes 1, 2 y 3) y UNE-EN ISO 10684 y los espesores cumplirán con los mínimos exigibles en la norma UNE-EN ISO 1461.

- En el caso de utilizarse seguidores solares, estos incorporarán el marcado CE y cumplirán lo previsto en la Directiva 98/37/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 22 de junio de 1998, relativa a la aproximación de legislaciones de los Estados miembros sobre máquinas, y su normativa de desarrollo, así como la Directiva 2006/42/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 17 de mayo de 2006 relativa a las máquinas.

INVERSORES

- UNE-EN 62093: Componentes de acumulación, conversión y gestión de energía de sistemas fotovoltaicos. Cualificación del diseño y ensayos ambientales.
- UNE-EN 61683: Sistemas fotovoltaicos. Acondicionadores de potencia. Procedimiento para la medida del rendimiento.
- IEC 62116. Testing procedure of islanding prevention measures for utility interactive photovoltaic inverters.

En general, cuantas Reglamentaciones vigentes afecten a este tipo de Actividad.

3 EMPLAZAMIENTO

La totalidad de las infraestructuras eléctricas proyectadas y documentadas en este anejo están situados en el T.M. de Sariñena (Huesca).

Para mayor información, consultar los Planos de "Situación y Emplazamiento".

4 POTENCIA CONTRATADA

Dada la potencia necesaria para el suministro eléctrico previsto en la Estación de Rebombado, se prevé la construcción de un centro de recepción, medida y transformación propio de la estación de rebombado, siendo la tensión de suministro normalizada de 15 kV a 50 Hz, propiedad de ERZ-ENDESA S.A.

La entrada al Centro de Seccionamiento y Transformación vendrá dada por la nueva derivación proyectada desde la línea de 15 kV existente. Esta derivación constará de una doble conversión aéreo-subterránea en el mismo apoyo de enganche, un tramo enterrado con doble circuito, hasta las celdas de entrada, salida, entrega y protección del centro de seccionamiento, y un tramo enterrado de salida del centro de seccionamiento hasta las celdas de entrada al centro de transformación.

De modo que, en el apoyo de entronque a sustituir, apoyo nº 113 de la Línea Aérea de Media Tensión "LANAJA", se planteará una doble conversión A/S, y una doble línea entre este apoyo y las celdas de entrada y salida del centro de seccionamiento.

En el Centro de seccionamiento, de acceso exclusivo para la compañía, se prevé la instalación de tres celdas de línea (entrada, salida y entrega a usuario) a partir de la cual comienza la instalación del usuario.

A continuación de esta celda, se instalará una celda de corte y protección por fusibles. A continuación, se distribuirá en media tensión hasta el edificio en el que se encuentra el transformador, en el cual encontraremos una celda de línea, una celda de protección por fusibles y una celda de medida y el transformador de 100 KVA.

Las tensiones de alimentación de los receptores, se determinan acordes a su potencia, siendo para esta instalación 400 V para las bombas y 400/230 V para los servicios auxiliares.

Aunque la potencia instalada es mayor, la contratación de la acometida se hará en media tensión 15 kV a 50 Hz y solo para los equipos de bombeo en funcionamiento simultaneo, y será de **44 kW, en caso de querer simultanear servicios auxiliares deberá aumentarse esta potencia** (recomendable aumentar a 50 kW).

En el caso del edificio de turbina bomba no se prevé el suministro energético a través de compañía eléctrica por lo que estará exento de contratación de potencia.

5 JUSTIFICACIONES

La red eléctrica de baja tensión que da servicio a los diversos receptores del edificio de rebombado previsto en proyecto está constituida por una red trifásica con neutro. La tensión entre fases es de 400V para alimentación de bombas, mientras que el resto de receptores son monofásicos a 230V o trifásicos a 400V.

En el caso del edificio turbina-bomba las tensiones de suministro serán como máximo a 140V en el tramo de corriente continua y de 220V en el tramo de corriente alterna.

A la hora de la selección de los conductores se ha realizado una unificación de sus secciones, verificando que los factores de dimensionamiento (intensidad admisible y caída de tensión) cumplen lo establecido en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (R.E.B.T). Esto nos aportará en la fase de ejecución de la obra, una mayor agilidad en la realización del pedido de material.

6 POTENCIA A INSTALAR

P. GRUA	5000 W
LINEA AUTOMATISMOS	1760 W
TOTAL....	64916 W

6.1 INSTALACIÓN REBOMBEO

En este proyecto contemplamos una instalación en baja tensión, concretamente la instalación de Baja Tensión de la Estación de Rebombeo.

La demanda energética por parte de todos los equipos de bombeo es totalmente trifásica a 400V, mientras que el resto de receptores son monofásicos a 230V o trifásicos a 400V.

Se realizará reparto equitativo en cuanto a consumo, a la hora de conectar los receptores monofásicos, tratando de conseguir un reparto de cargas lo más equilibrado posible.

La potencia total instalada corresponde a los siguientes consumos:

CUADRO GENERAL DE MANDO Y PROTECCIÓN

- Potencia total instalada:

BOMBA 1	22000 W
BOMBA 2	22000 W
EM CUADROS	8 W
PARED NO	288 W
CENTRAL 1	288 W
CENTRAL 2	288 W
BOMB DCHA	216 W
AL.EXT. NO	450 W
AL.EXT. SO	460 W
AL.EM. NO	16 W
AL.EM. SO	32 W
PARED SO	440 W
CUADROS	220 W
BASE III SO	5000 W
BASE II SO	3000 W
BASE II CUADROS	3000 W
CAUDALIMETRO	150 W
RB1	150 W
RB2	150 W

- Potencia Instalada Alumbrado (W): 2046
- Potencia Instalada Fuerza (W): 62870
- Potencia Máxima Admisible (kVA): 100

Todo esto conduce a una potencia instalada de 64,916 kW repartida entre los distintos usos como se refleja en el siguiente cuadro:

USO	POTENCIA
Fuerza Bombeo	18,87 kW
Alumbrado Bombeo	2,046 kW
Bombeo	44,000 kW
TOTAL	64,916 kW

En el caso de la instalación de la Estación de Bombeo, se considera un factor de simultaneidad de 1 para el alumbrado y 0,8 para fuerza, todas las bombas podrán funcionar a la vez, y se añade un 25% de la potencia de la bomba mayor.

Con estas consideraciones, la potencia transportada es la siguiente: 57,842 kW. En caso de considerar el 100% de la potencia instalada, 64,916 kW.

Tomando un factor de potencia de 0,9 (razonable en estas instalaciones), para la potencia transportada indicada con anterioridad, se obtiene la siguiente potencia aparente: 64,27 kVA. En caso del 100% de la potencia, este valor se incrementa hasta los 72,13 kVA.

Para ello se dispondrá de un trafo de 100 kVA/400 V.

6.2 INSTALACIÓN TURBINA-BOMBA. AUTÓMATA

A continuación se enumeran los principales condicionantes de diseño de la instalación fotovoltaica que debe suministrar energía al autómata del bombeo, su pantalla y puntualmente a las válvulas motorizadas de control de turbinado.

- Se estima un consumo constante de energía de 220 Wh para el conjunto del autómata.

- La configuración del autómatas será tal que la pantalla esté en modo ahorro de energía siempre que no se esté manipulando la pantalla.
- Este consumo deberá garantizarse durante los 12 meses del año ya que este elemento es el que gestionará y controlará el sistema turbina-bomba.
- Dispondrá de baterías de almacenamiento tipo Pb-Ca con una autonomía de al menos 2 días, y una tensión de carga de 48 V. La profundidad máxima de descarga será del 65%.
- El panel fotovoltaico a instalar y la tipología de la instalación será igual al instalado en la instalación de fuerza del bombeo, es decir, tipo monocristalino de 320 Wp de potencia con orientación sur, en disposición horizontal, y seguidor a 1 eje con desplazamiento E-O.
- Regulador de carga e inversor CC/CA.
- Dispondrá de un sistema automatizado de control de la instalación para garantizar un óptimo funcionamiento.
- Sistema automatizado mediante PLC y SCADA para el control total de la instalación, y gestión de bombas según energía fotovoltaica disponible.

Así pues, atendiendo a los condicionantes anteriores se debe satisfacer el consumo de del autómatas durante los 12 meses del año, fijando un consumo mínimo constante de 220 W del conjunto autómatas y pantalla.

6.3 INSTALACIÓN TURBINA-BOMBA. EMERGENCIA GRUPO ELECTROGENERADOR

En este proyecto contemplamos una instalación en baja tensión, concretamente la instalación de Baja Tensión de la Estación de Turbina-bomba, en la situación de suministro eléctrico de emergencia a partir de grupo electrogenerador.

Esta situación solo se dará en caso de averías o mantenimientos en el sistema turbina-bomba, posibilitando el accionamiento de dos grupos de bombeo con motor eléctrico suministrado por grupos electrogenerador.

Por ello los cuadros deberán estar preparados para realizar en caso de emergencia una conexión lo más rápida posible.

La demanda energética por parte de todos los equipos de bombeo es totalmente trifásica a 400V, mientras que el resto de receptores son monofásicos a 230V o trifásicos a 400V.

Se realizará reparto equitativo en cuanto a consumo, a la hora de conectar los receptores monofásicos, tratando de conseguir un reparto de cargas lo más equilibrado posible.

La potencia total instalada corresponde a los siguientes consumos:

CUADRO GENERAL DE MANDO Y PROTECCIÓN

- Potencia total instalada:

BOMBA 3	160000 W
BOMBA 2	160000 W
BOMBA 1	160000 W
LINEA AUTOMATISMOS	1760 W
EM CUADROS	8 W
PARED NE	288 W
CENTRAL NE	288 W
CENTRAL NO	288 W
PARED NO	216 W
AL.EM. NE	8 W
AL.EM. NO	8 W
CAUDALIMETRO ADM	150 W
CAUDALIMETRO IMP	150 W
RB1	150 W
RB2	150 W
RB2	150 W
PUENTE GRÚA	5000 W
G.OLEOHIDRÁULICO 1A	4000 W
G.OLEOHIDRÁULICO 1B	4000 W
G.OLEOHIDRÁULICO 2A	4000 W
G.OLEOHIDRÁULICO 2B	4000 W
TOTAL....	504614 W

- Potencia Instalada Alumbrado (W): 1104

- Potencia Instalada Fuerza (W): 503510

- Potencia Máxima Admisible (kVA): 500

Todo esto conduce a una potencia instalada de 504,614 kW repartida entre los distintos usos como se refleja en el siguiente cuadro:

USO	POTENCIA
Fuerza Bombeo	23,510 kW
Alumbrado Bombeo	1,104 kW
Bombeo	480,000 kW
TOTAL	483,614 kW

En el caso de la instalación de la Estación de Bombeo, se considera un factor de simultaneidad de 1 para el alumbrado y 0,8 para fuerza, tan solo dos de las tres bombas podrán funcionar a la vez, y se añade un 25% de la potencia de la bomba mayor.

Con estas consideraciones, la potencia transportada es la siguiente: 315,912 kW.

Tomando un factor de potencia de 0,8 (razonable en instalaciones con grupo electrogenerador), para la potencia transportada indicada con anterioridad, se obtiene la siguiente potencia aparente: 394,89 kVA.

Estimando un ratio de funcionamiento de entorno al 70% para el grupo electrogenerador, y teniendo en cuenta que para el cálculo de potencias se ha adoptado la potencia nominal del motor en lugar de la potencia real absorbida, que se sitúa un 15% por debajo de la nominal, se plantea la instalación de un grupo electrogenerador de 500 kVA/400 V.

7 MATERIALES

7.1 NORMAS BÁSICAS

En todos los casos se han tenido en cuenta las especificaciones contenidas en el vigente R.E.B.T.

Como medida primera y primordial todos los elementos metálicos de la instalación que no deban hallarse bajo tensión, estarán conectados a tierra.

Todos los materiales serán de marcas acreditadas y debidamente homologadas, de modo que aseguren su buen funcionamiento dentro de lo marcado por el R.E.B.T. y las prescripciones de la compañía suministradora.

7.2 CONDUCTORES

Serán unipolares de Cobre, aislados, para una tensión de aislamiento de 1000V. Serán de colores diferentes según lo establecido en el reglamento de tal forma que los haga fácilmente identificables.

En previsión de la existencia de cierto grado de humedad ocasionado por alguna fuga, todos los conductores por motivos de seguridad deben de cumplir la designación de RZ1 0'6/1 KV (Tensión soportable) y RV-K 0'6/1KV para la acometida.

7.3 CANALIZACIONES

Las cajas de derivación serán de un diámetro mínimo de 80 mm, no ocupando nunca los conductores y piezas de unión de los mismos una superficie superior al 60% en el interior de la caja.

En caso de proximidad de canalizaciones eléctricas con otras no eléctricas, se dispondrán de forma que entre las superficies exteriores de ambas se mantenga una distancia de, por lo menos, 5 cm. En caso de proximidad con conductos de calefacción, de aire caliente, o de humo, las canalizaciones eléctricas se establecerán de forma que no puedan alcanzar una temperatura peligrosa y, por consiguiente, se mantendrán separadas por una distancia conveniente o por medio de pantallas calorífugas.

Las canalizaciones eléctricas no se situarán paralelamente por debajo de otras canalizaciones que puedan dar lugar a condensaciones, tales como las destinadas a conducción de vapor, agua, etc., a menos que se tomen las disposiciones necesarias para proteger las canalizaciones eléctricas contra los efectos de estas condensaciones.

Las canalizaciones eléctricas y las no eléctricas sólo podrán ir dentro de un mismo canal o hueco en la construcción, cuando se cumplan simultáneamente las siguientes condiciones:

- La protección contra contactos indirectos estará asegurada por alguno de los sistemas señalados en el apartado 4.1.2 en la ITC-BT-24 del R.E.B.T., considerando a las conducciones no eléctricas, cuando sean metálicas, como elementos conductores.
- Las canalizaciones eléctricas estarán convenientemente protegidas contra los posibles peligros que pueda presentar su proximidad a canalizaciones.

7.4 INTERRUPTORES

Se instalarán interruptores de corte omnipolar y deberán soportar las 10.000 maniobras de vida útil.

7.5 FUSIBLES

Los fusibles serán en todo caso de tipo calibrado e irán acompañando a todas las tomas de corriente.

8 EQUIPOS DE MEDIDA

Debido a que el contrato de suministro está en media tensión no será necesario instalar caja general de protección ni equipo de medida en baja, ya que la medida se realizará en media tensión (el equipo de medida en media tensión deberá de cumplir las normas de la Compañía).

A modo de verificación de consumos y para el equilibrado de las fases, se prevé la instalación de una central de medida y analizador de redes en baja tensión. Este equipo de medida en baja irá alojado en el armario de protección general de la instalación.

En el caso de la instalación de turbina-bomba al no haber necesidad de contratación no se instalará equipo de medida propiamente dicho. Si que se implementará en el autómata la configuración para el registro de la energía producida por las turbinas, potencial y realmente producida.

9 DESCRIPCIÓN DEL MÓDULO DE PROTECCIÓN Y CONTROLES

9.1 EDIFICIO REBOMBEO

En el interior de la estación de bombeo, en la zona en que se refleja en el plano Nº 11.06 "Cuadros Eléctricos", se situará el Módulo de Protección y Control, capaz de albergar los siguientes equipos:

- PROTECCIÓN GENERAL
 - 1 Disyuntor General IV, In= 160A, Ireg. = 160A, P. de C.= 4.5 kA, curvas B, C.
 - Limitador de sobretensión, Up: 1,2 kV, Imáx.= 40 kA, I.A.=20 A, C, P. de C.=10 kA.
 - 1 Contactor 160A, con inductancia y temporizador para el control de la batería de condensadores de vacío del trafo.
 - 1 Batería de condensadores automática 2 kVAr
 - 1 analizador de redes, 160/5 A
- 2 PROTECCIONES PARA MOTOBOMBA DE 22 kW CON VARIADOR
 - 1 Interruptor Magnetotérmico. III, 50 A, P. de C: 4.5 kA. Curvas B, C, D
 - 1 Diferencial IV, 63A, sensibilidad 300 mA.
 - 1 Variador 22 kW, incluido inductancia de línea.

- 1 PROTECCIÓN GENERAL ALUMBRADO
 - 1 Diferencial IV, 40 A, sensibilidad 30 mA.
- 1 PROTECCIÓN ALUMBRADO SALA CUADROS
 - 1 Interruptor Magnetotérmico. II, 10 A, P. de C: 4.5 kA.
- 1 PROTECCIÓN ALUMBRADO BOMBEO 1
 - 1 Interruptor Magnetotérmico. II, 10 A, P. de C: 4.5 kA.
- 1 PROTECCIÓN ALUMBRADO BOMBEO 2
 - 1 Interruptor Magnetotérmico. II, 10 A, P. de C: 4.5 kA.
- 1 PROTECCIÓN ALUMBRADO EXTERIOR
 - 1 Interruptor Magnetotérmico. II, 10 A, P. de C: 4.5 kA.
- 1 PROTECCIÓN ALUMBRADO EMERGENCIA
 - 1 Interruptor Magnetotérmico. II, 10 A, P. de C: 4.5 kA.
 - 1 Diferencial II, 25 A, sensibilidad 30 mA.
- 1 PROTECCIÓN EMERGENCIA
 - 2 Interruptor Magnetotérmico. II, 10 A, P. de C: 4.5 kA.
- 1 PROTECCIÓN GENERAL PARA EXTRACCIÓN
 - 1 Diferencial IV, 40 A, sensibilidad 300 mA.
 - 1 Termostato.
- 2 PROTECCIÓN EXTRACCIÓN
 - 1 Interruptor Magnetotérmico. III, 16 A, Curvas B, C,D, P. de C: 22 kA.
 - 1 Contactor III 16 A.
- 1 PROTECCIÓN GENERAL BASES TRIFÁSICAS Y MONOFÁSICAS
 - 1 Diferencial IV, 40 A, sensibilidad 300 mA.
- 1 PROTECCIÓN BASES TRIFÁSICAS
 - 1 Interruptor Magnetotérmico. III, 16 A, Curvas B,C,D, P. de C: 4.5 kA.
- 2 PROTECCIÓN GENERAL BASES MONOFÁSICAS
 - 1 Interruptor Magnetotérmico. III, 20 A, Curvas B,C,D, P. de C: 4.5 kA.

- 1 PROTECCIÓN CAUDALÍMETROS
 - 1 Diferencial IV, 25 A, sensibilidad 30 mA.
 - 1 Interruptor Magnetotérmico. II, 16 A, Curvas B, C, D , P. de C: 4.5 kA.
- 1 PROTECCIÓN GENERAL RESISTENCIA CALDEO BOMBAS
 - 1 Diferencial IV, 25 A, sensibilidad 30 mA.
- 2 PROTECCIONES RESISTENCIA CALDEO BOMBAS
 - 1 Interruptor Magnetotérmico. II, 16 A, Curvas B, C, D , P. de C: 4.5 kA.
 - 1 Contactor Bipolar 16 A
- 1 PROTECCIÓN PARA PUENTE GRÚA
 - 1 Interruptor Magnetotérmico. III, 16 A, curvas B, C, P. de C: 4.5 kA.
 - 1 Diferencial IV, 25 A, sensibilidad 300 mA.
- 1 PROTECCIÓN PARA LINEA AUTOMATISMOS
 - 1 Interruptor Magnetotérmico. II, 16 A, curvas B, C, D, P. de C: 4.5 kA.
 - 1 Diferencial II, 25 A, sensibilidad 30 mA.
 - 1 SAI Interactivo 2,2 kVA
- 1 PROTECCIÓN PARA AUTOMATISMOS
 - 1 Interruptor Magnetotérmico. II, 16 A, curvas B, C, D, P. de C: 4.5 kA.
- 1 PROTECCIÓN PARA FA 24VCC
 - 1 Interruptor Magnetotérmico. II, 16 A, curvas B, C, D, P. de C: 4.5 kA.
- PROTECCIÓN GENERAL
 - 1 Disyuntor General IV, In= 800A, Ireg. = 800A, P. de C.= 22 kA, curvas B, C.
 - Limitador de sobretensión, Up: 1,2 kV, Imáx.= 40 kA, I.A.=20 A, C, P. de C.=22 kA.
- 3 PROTECCIONES PARA MOTOBOMBA DE 160 kW CON ARRANCADOR
 - 1 Interruptor Automático. III, In= 400A,Ireg.= 382A, curvas B, C, D, P. de C: 22 kA.
 - 1 Relé y transf. Diferencial de sensibilidad 300 mA.
 - 1 Arrancador con by-pass interno de 160 kW,
- 1 PROTECCIÓN GENERAL ALUMBRADO
 - 1 Diferencial IV, 25 A, sensibilidad 30 mA.
- 1 PROTECCIÓN ALUMBRADO BOMBEO 1
 - 1 Interruptor Magnetotérmico. II, 10 A, P. de C: 15 kA.
- 1 PROTECCIÓN ALUMBRADO BOMBEO 2
 - 1 Interruptor Magnetotérmico. II, 10 A, P. de C: 15 kA.
- 1 PROTECCIÓN ALUMBRADO EMERGENCIA
 - 1 Diferencial II, 25 A, sensibilidad 30 mA.
- 1 PROTECCIÓN EMERGENCIA
 - 2 Interruptor Magnetotérmico. II, 10 A, P. de C: 15 kA.
- 1 PROTECCIÓN CAUDALÍMETROS
 - 1 Diferencial IV, 25 A, sensibilidad 30 mA.
 - 2 Interruptor Magnetotérmico. II, 16 A, Curvas B, C, D , P. de C: 22 kA.
- 1 PROTECCIÓN GENERAL RESISTENCIA CALDEO BOMBAS
 - 1 Diferencial IV, 25 A, sensibilidad 30 mA.
- 3 PROTECCIONES RESISTENCIA CALDEO BOMBAS
 - 1 Interruptor Magnetotérmico. II, 16 A, Curvas B, C, D , P. de C: 22 kA.
 - 1 Contactor Bipolar 16 A

9.2 EDIFICIO TURBINA-BOMBA. FOTOVOLTAICA

Ver protecciones en instalación fotovoltaica en Apéndice 2 del presente documento y en los planos de la Estación de impulsión Turbina-Bomba.

9.3 EDIFICIO TURBINA-BOMBA. SUMINISTRO EMERGENCIA GRUPO ELECTROGENERADOR

En el interior de la estación de bombeo, en la zona en que se refleja en el plano N° 08.06 "Cuadros Eléctricos", se situará el Módulo de Protección y Control, capaz de albergar los siguientes equipos:

- 1 PROTECCIÓN PARA LINEA AUTOMATISMOS
 - 1 Interruptor Magnetotérmico. II, 16 A, curvas B, C, D, P. de C: 22 kA.
 - 1 Diferencial II, 25 A, sensibilidad 30 mA.
 - 1 SAI Interactivo 2,2 kVA
- 1 PROTECCIÓN PARA AUTOMATISMOS
 - 1 Interruptor Magnetotérmico. II, 16 A, curvas B, C, D, P. de C: 22 kA.
- 1 PROTECCIÓN PARA FA 24VCC
 - 1 Interruptor Magnetotérmico. II, 16 A, curvas B, C, D, P. de C: 22 kA.
- 1 PROTECCIÓN PUENTE GRÚA
 - 1 Diferencial IV, 25 A, sensibilidad 30 mA.
 - 1 Interruptor Magnetotérmico. III, 16 A, Curvas B, C, D, P. de C: 22 kA.
- 1 PROTECCIÓN GRUPOS OLEOHIDRÁULICOS
 - 1 Diferencial IV, 40 A, sensibilidad 30 mA.
 - 4 Interruptor Magnetotérmico. III, 16 A, Curvas B, C, D, P. de C: 22 kA.
 - 4 Contactor Tripolar 16 A

10 DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN DE ALUMBRADO

El alumbrado en la Estación de Rebombeo va a constar de 15 pantallas estancas de 2 tubos fluorescentes de 36 W instalados en la sala de bombeo, y 6 lámparas de vapor de sodio de 150W instaladas en el exterior.

La alimentación de las pantallas se hará a 230V, tensión que obtendremos entre Fase y Neutro.

Las luminarias de 2x36W cumplen el grado de protección IP65.

En el plano Nº 8.6 y 11.6 "Instalaciones", se detallan los puntos de iluminación de la Estación de Turbina-bomba y Rebombeo.

Los conductores a emplear son 2x1,5+TTx1,5 mm² Cu. El nivel de aislamiento del conductor deberá tener la designación RZ1 0'6/1KV, ya que se prevé la existencia de humedad.

11 DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA CANALIZADA INTERIOR

Se prevé que los conductores que dan suministro a las bombas vayan alojados y canalizados bajo tubo por debajo de la solera. Al salir de la atarjea para dar conexión a cada motor de las bombas se protegerán con un cajón de chapa galvanizada de 3 mm de espesor, en forma de prisma rectangular hueco de 0,20x0,20 m y 1,5 m de altura, con sellado con material plástico o caucho entre la base y el suelo, y racor de acero con tubo galvanizado en curvatura, en la parte superior hasta conexión.

Los conductores que dan suministro al resto de los receptores de fuerza de la estación de bombeo irán canalizados en bandejas no perforadas de PVC con tapa, sobre solera. A los receptores que se encuentren a una distancia de esta, se dará suministro desde la bandeja mediante bandeja metálica tipo Rejiban con tapa de PVC y tubo de PVC.

Los conductores que den suministro a los Extractores, Bases Trifásicas y Alumbrado, irán canalizados por bandeja no perforada de PVC con tapa fijada a la pared a una altura de unos 3,5m sobre el suelo.

Los conductores que dan suministro al resto de los receptores de la Estación de Bombeo irán protegidos con un tubo rígido de PVC, colocados superficialmente mediante abrazaderas.

12 DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN CANALIZADA EXTERIOR

Los conductores destinados para dar servicio a los receptores exteriores irán canalizados interiormente, siendo su interconexión a través de la fachada, previa colocación de un tubo de PVC de dimensiones apropiadas, según marca el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.

13 DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN DE ACOMETIDA

13.1 ESTACIÓN REBOMBEO

La acometida estará formada por una línea de 3x95/50 mm² Al enterradas bajo tubo de D= 140mm, a un mínimo de 0,60 m de la superficie hasta la parte inferior del cable, que reposarán sobre un lecho de arena de río lavada de 5 cm de espesor mínimo, serán recubiertos los cables por arena hasta 10 cm de su parte superior. Ambas capas cubrirán la anchura total de la zanja, la cual será suficiente para mantener 0,05 m entre los tubos y las paredes laterales. Por encima de la arena todos los cables tendrán una protección mecánica de PE a un mínimo de 0,25 m desde la parte superior del tubo y 0,10 m de la superficie del terreno, que además servirá de señalización. El resto del relleno podrá ser de material

procedente de la propia excavación o de zahorras compactadas. Se instalará un tubo de reserva y un tubo para señales de trafo.

13.2 ESTACIÓN TURBINA-BOMBA

La acometida estará formada por una línea de 3(3x240/150) mm² Al enterradas bajo tubo de D= 3x225mm, a un mínimo de 0,60 m de la superficie hasta la parte inferior del cable, que reposarán sobre un lecho de arena de río lavada de 5 cm de espesor mínimo, serán recubiertos los cables por arena hasta 10 cm de su parte superior. Ambas capas cubrirán la anchura total de la zanja, la cual será suficiente para mantener 0,05 m entre los tubos y las paredes laterales. Por encima de la arena todos los cables tendrán una protección mecánica de PE a un mínimo de 0,25 m desde la parte superior del tubo y 0,10 m de la superficie del terreno, que además servirá de señalización. El resto del relleno podrá ser de material procedente de la propia excavación o de zahorras compactadas. Se instalará un tubo de reserva y un tubo para señales de trafo.

En este caso la línea de acometida no se instalará ya que solo se utilizará en casos de emergencia, no obstante lo anterior deberá suministrarse para que pueda ser montada por la CR cuando se precise.

14 DESCRIPCIÓN DE LAS PUESTAS A TIERRA

Las puestas a tierra se establecerán con objeto de limitar la tensión que con respecto a tierra pueden presentar en un momento dado las masas metálicas y así asegurar la actuación de las protecciones y eliminar o disminuir el riesgo que supone una avería en el material utilizado.

Emplearemos un mínimo de 4 picas en hilera, unidas entre sí por un conductor de cobre desnudo de 50 mm² de sección. Las dimensiones de las picas serán 14 mm de diámetro y longitud no inferior a 2 metros. La profundidad mínima a la que deberá alojarse el electrodo es de 0,5 metros. Deberemos seguir añadiendo tantas picas sean necesarias hasta garantizar que cualquier masa no pueda dar lugar a tensiones de contacto superiores a 24V. Estas mediciones se deberán realizar a continuación de la caja de seccionamiento.

La toma de tierra será la mínima que el terreno permita, pero no superando los 14 ohmios, y si fuera necesario se irán colocando más picas hasta conseguir los ohmios indicados.

Todas las partes metálicas de la instalación estarán conectadas a tierra, la sección del conductor de tierra dependerá de la sección del conductor que protege, tal y como indica la tabla 2 de la ITC BT - 18.

Para la instalación de toma de tierra se tendrán en cuenta las fórmulas dadas por la tabla 5, de la ITC-BT-18 y en lo que a picas verticales se refiere son las siguientes:

$$R = \rho/L$$

Siendo:

R: Resistencia de la toma de tierra

ρ : Resistencia del terreno

L: Longitud de la pica

15 ALUMBRADO DE EMERGENCIA Y SEÑALIZACIÓN

Con objeto de conseguir una fácil y segura evacuación del personal, en la estación de bombeo, en caso de fallo en el suministro habitual de alumbrado, se ha dispuesto de un sistema de iluminación autónoma capaz de abastecer, al menos durante una hora una intensidad luminosa de 1 lux que se deberán encender cuando exista un fallo en el suministro energético (ITC-BT-28).

A tal efecto, se situarán los diferentes elementos de emergencia indicados en los Planos adjuntos, compuestos cada uno de ellos por una batería recargable de níquel-cadmio.

Se ha distribuido de tal forma, que en todo momento señalicen de una manera permanente, las puertas del local y la ubicación de los extintores.

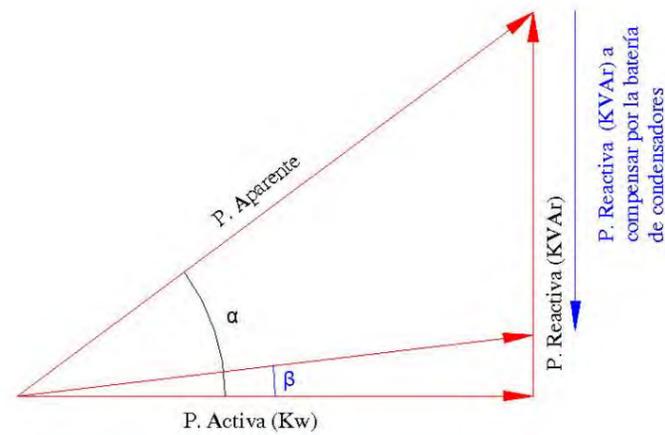
Las lámparas de emergencia a instalar son tipo fluorescente de 8W, batería estanca a baja temperatura (IP-4.IK04) y cada lámpara cubrirá una superficie de 59,20 m² (según normativa UNE 20-392-93, EN 60 598-2-22).

La salida quedará reflejada de forma serigrafiada junto a las luces de emergencias instaladas.

16 COMPENSACIÓN DE ENERGÍA REACTIVA

En la Estación de Bombeo, con el fin de obtener una compensación de energía reactiva y obtener una bonificación de la compañía suministradora, se instalarán equipos de compensación de energía reactiva. Por su parte, en la estación de Turbina-bomba no existirá compensación de reactiva por no tener suministro eléctrico convencional, y porque en caso de precisarse este se hará con grupo electrogenerador, no existiendo la necesidad de compensar la reactiva.

La compensación se realizará mediante batería automática. Se estima que factor de potencia de cada motor es 0,86, tratando de mejorarlo incrementándolo hasta valores comprendidos entre 0,98 y 1.



En el caso de las bombas no se prevé la instalación de una batería de condensadores ya que el variador compensa la energía reactiva que genere el motor de la motobomba.

En el caso de los trafos la compensación de reactiva vendrá dada para su funcionamiento en vacío, siendo de 2 kVAr/400V.

Los condensadores que se instalará será sólo para la compensación de energía reactiva de las motobombas con arrancador, ya que el variador compensa la energía reactiva que genere el motor de la motobomba.

Las características de los equipos son:

- Contactador
- Inductancia
- Temporizador en el caso de la compensación de vacío de los trafo
- Regulador digital
- Ventilación forzada por ventilador y termostato.
- Alojado todo ello en armario
- Grado de protección: IP30.
- Protección contra contactos indirectos.

Todos estos valores son de tipo orientativo ya que a la hora de realizar los cálculos se ha empleado un factor de potencia teórico ($\cos\phi = 0,9$). La elección de los condensadores fijos para realizar la compensación de energía reactiva, se realizará una vez este montada la instalación, verificándose posteriormente a la instalación del equipo rectificador de energía reactiva, que la compensación realizada es la deseada (factor de potencia deseado 0,98).

17 DESCRIPCIÓN DE LA VENTILACIÓN Y CLIMATIZACIÓN

La elección de los equipos de la instalación de ventilación se ha realizado basándose en los criterios establecidos por la norma DIN1946. Según esta norma se ha considerado a la estación de bombeo como una sala de máquinas en donde la renovación de aire recomendada está establecida entre 10 y 40 veces.

17.1 ESTACIÓN REBOMBEO

Se instalarán dos equipos extractores en los lugares indicados en el plano N° 11.6, cuyas características son:

Edificio	CANTIDAD DE VENTILADORES	CAUDAL MÁXIMO (m³/h)	VOLTAJE (V)	CONSUMO ELÉCTRICO (W)	VOLUMEN EDIFICIO	RENOVACIÓN (Nº/h)
Rebombeo	2 unidades	5400	400 (Trifásica)	220	990	10,91

La distribución de las DOS unidades se refleja en el plano correspondiente.

Rejillas de ventilación

Para favorecer la entrada de aire y poder generar una corriente de renovación adecuada se dispondrán de rejillas de ventilación en las fachadas de los edificios.

Accesorios de los ventiladores

Los accesorios que llevarán los ventiladores son los siguientes:

Base soporte HCT para cubiertas inclinadas.

Base atenuadora acústica: los ventiladores instalados son de gran capacidad, lo que conlleva a que generan un elevado nivel de presión sonora, por lo que se añade este accesorio.

Motores Sala de Bombeo:

Velocidad: 1.450 (rev/min)

Potencia absorbida: 220 W

Caudal máximo: 5.400 m³/h

Nivel sonoro: 60 dB

Ventilador:

- Marco soporte en chapa de acero.
- Soporte motor con rejilla de protección contra contactos, según normas UNE 100250.

- Hélice en poliamida 6 reforzada con fibra de vidrio.
- Acabado anticorrosión en resina de poliéster polimerizada a 190°C, previo desengrase, fosfatación y pasivado.

Motor:

- Motores asíncronos con rotor de jaula de ardilla.
- Tensión motor 380 - 415 V 50 Hz.
- Aislamiento clase F y protección IP-65.

Protección térmica:

- Protección térmica para proteger el motor contra sobrecalentamientos producidos por cualquier anomalía.

17.2 ESTACIÓN TURBINA-BOMBA

El hecho de que los equipos no disipen calor hace que no plantee la necesidad de colocar extractores para generar corrientes de aire que fuercen la renovación. No obstante, lo anterior, se colocan rejillas de ventilación que permitirán la renovación de aire y eliminarán la condensación.

18 CÁLCULOS ELÉCTRICOS

Los cálculos efectuados para el dimensionamiento de las instalaciones proyectadas se encuentran recogidos en el Apéndice 1, 2 y 4 del presente Anejo.

19 AUTOMATIZACIÓN

En el Apéndice 3 se incluye la definición detallada de los equipos a automatizar y las señales a integrar en el autómeta y el SCADA. Del mismo modo en los planos de instalaciones eléctricas de detalla el recorrido del cableado y la disposición de los equipos y cuadros.

20 MEDIDAS PREVENTIVAS EN MATERIA DE SEGURIDAD Y SALUD

Los riesgos para la salud de los trabajadores durante la fase de ejecución de las obras objeto del presente Anejo, así como la posterior valoración presupuestaria de las correspondientes medidas preventivas, han sido incluidos en un estudio independiente en el "Proyecto de Modernización del riego en la Comunidad de Regantes de "Cartuja-San Juan" (Huesca).

APÉNDICE 1.- CÁLCULOS ELÉCTRICOS B.T. REBOMBEO

ÍNDICE

APÉNDICE 1. CÁLCULOS ELÉCTRICOS. B.T. REBOMBEO

1. FÓRMULAS	1
1.1. FÓRMULAS GENERALES.....	1
1.2. FÓRMULA CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA.....	1
1.3. FÓRMULAS SOBRECARGAS	1
1.4. FÓRMULAS COMPENSACIÓN ENERGÍA REACTIVA.....	2
1.5. FÓRMULAS CORTOCIRCUITO	2
1.6. FÓRMULAS EMBARRADOS.....	3
2. DEMANDA DE POTENCIAS	3
3. CÁLCULOS ELÉCTRICOS	4
3.1. CÁLCULO DE LA LÍNEA: TRAFOS	4
3.2. CÁLCULO DE LA LÍNEA: VARIADOR B1	5
3.3. CÁLCULO DE LA LÍNEA: BOMBA 1	5
3.4. CÁLCULO DE LA LÍNEA: VARIADOR B2	5
3.5. CÁLCULO DE LA LÍNEA: BOMBA 2.....	5
3.6. CÁLCULO DE LA LÍNEA: ALUMBRADO.....	6
3.6.1. CÁLCULO DE LA LÍNEA: AL CUADROS	6
3.6.2. CÁLCULO DE LA LÍNEA: EM CUADROS.....	6
3.6.3. CÁLCULO DE LA LÍNEA: AL.BOMBEO.1	7
3.6.3.1. CÁLCULO DE LA LÍNEA: PARED NO	7
3.6.3.2. CÁLCULO DE LA LÍNEA: CENTRAL 1	7
3.6.4. CÁLCULO DE LA LÍNEA: AL.BOMBEO.2	8
3.6.4.1. CÁLCULO DE LA LÍNEA: CENTRAL 2	8
3.6.4.2. CÁLCULO DE LA LÍNEA: BOMB DCHA	8
3.6.5. CÁLCULO DE LA LÍNEA: AL EXTERIOR.....	8
3.6.5.1. CÁLCULO DE LA LÍNEA: AL.EXT. NO.....	9
3.6.5.2. CÁLCULO DE LA LÍNEA: AL.EXT. SO	9
3.6.6. CÁLCULO DE LA LÍNEA: AL EMERGENCIA	9
3.6.6.1. CÁLCULO DE LA LÍNEA: AL.EM. NO	10
3.6.6.2. CÁLCULO DE LA LÍNEA: AL.EM. SO	10
3.6.7. CÁLCULO DE LA LÍNEA: EXTRACCIÓN	10
3.6.7.1. CÁLCULO DE LA LÍNEA: PARED SO	11
3.6.7.2. CÁLCULO DE LA LÍNEA: CUADROS.....	11

3.6.8. CÁLCULO DE LA LÍNEA: BASES III Y II.....	11
3.6.8.1. CÁLCULO DE LA LÍNEA: BASE III SO.....	12
3.6.8.2. CÁLCULO DE LA LÍNEA: BASE II SO.....	12
3.6.8.3. CÁLCULO DE LA LÍNEA: BASE II CUADROS.....	12
3.6.9. CÁLCULO DE LA LÍNEA: CAUDALIMETROS.....	13
3.6.9.1. CÁLCULO DE LA LÍNEA: CAUDALIMETRO	13
3.6.10. CÁLCULO DE LA LÍNEA: RESIST CALDEO	13
3.6.10.1. CÁLCULO DE LA LÍNEA: RB1	13
3.6.10.2. CÁLCULO DE LA LÍNEA: RB2	14
3.6.11. CÁLCULO DE LA LÍNEA: P. GRUA.....	14
3.6.12. CÁLCULO DE LA LÍNEA: LINEA AUTOMATISMOS	14
3.6.12.1. CÁLCULO DE LA LÍNEA: FA 24VCC.....	15
3.6.12.2. CÁLCULO DE LA LÍNEA: AUTÓMATA	15
3.7. CÁLCULO DE EMBARRADO DESCARGA DIRECTA TRAFOS	16
4. TABLAS DE RESULTADOS	16
5. CÁLCULO DE LA PUESTA A TIERRA	17
6. CÁLCULO ILUMINACIÓN	18

APÉNDICE 1. CÁLCULOS ELÉCTRICOS. B.T. REBOMBEO

1. FÓRMULAS

1.1. FÓRMULAS GENERALES

Emplearemos las siguientes:

Sistema trifásico

$$I = \frac{Pc}{\sqrt{3} \times U \times \cos \varphi}$$

$$e = \frac{P \times L}{k \times S \times U \times n}$$

Sistema monofásico

$$I = \frac{Pc}{U \times \cos \varphi}$$

$$e = \frac{2 \times P \times L}{k \times S \times U \times n}$$

En donde:

Pc = Potencia de cálculo (W).

L = Longitud de cálculo en (m).

e = Caída de tensión en (V).

K = Conductividad.

I = Intensidad en (A).

U = Tensión de servicio, trifásica ó monofásica, (V).

S = Sección del conductor en (mm²).

Cos φ = Coseno de φ, factor de potencia.

n = Nº de conductores por fase.

1.2. FÓRMULA CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA

$$k = \frac{1}{\rho}$$

$$\rho = \rho_{20} [1 + \alpha(T - 20)]$$

$$T = T_0 + \left[(T_{\max} - T_0) \left(\frac{I}{I_{\max}} \right)^2 \right]$$

Siendo,

K = Conductividad del conductor a la temperatura T.

ρ = Resistividad del conductor a la temperatura T.

ρ₂₀ = Resistividad del conductor a 20°C.

Cu = 0.018

Al = 0.029

α = Coeficiente de temperatura:

Cu = 0.00392

Al = 0.00403

T = Temperatura del conductor (°C).

T₀ = Temperatura ambiente, condiciones normales (°C):

Cables enterrados = 25°C (ITC-BT-07 3.1.2.1.)

Cables al aire = 40°C (ITC-BT-06 4.2.1.)

T_{max} = Temperatura máxima admisible del conductor (°C): (ITC-BT-07 Tabla 2)

XLPE, EPR = 90°C

PVC = 70°C

I = Intensidad prevista por el conductor (A).

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

1.3. 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.

In: intensidad nominal del dispositivo de protección. Para los dispositivos de protección regulables, In 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

In como máximo).

- a la intensidad de fusión en el tiempo convencional, para los fusibles (1,6 In).

1.4. FÓRMULAS COMPENSACIÓN ENERGÍA REACTIVA

$$\cos \varphi = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}}$$

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{Q}{P}$$

$$Q_c = P \times (\operatorname{tg} \varphi_1 - \operatorname{tg} \varphi_2)$$

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

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

Siendo:

P = Potencia activa instalación (kW).

Q = Potencia reactiva instalación (kVAr).

Qc = Potencia reactiva a compensar (kVAr).

φ_1 = Angulo de desfase de la instalación sin compensar.

φ_2 = Angulo de desfase que se quiere conseguir.

U = Tensión compuesta (V).

$\omega = 2\pi \times f$; f = 50 Hz.

C = Capacidad condensadores (F)

1.5. FÓRMULAS CORTOCIRCUITO

$$* I_{pccI} = Ct U / \sqrt{3} Zt$$

Siendo,

I_{pccI}: intensidad permanente de c.c. en inicio de línea en kA.

Ct: Coeficiente de tensión.

U: Tensión trifásica en V.

Zt: Impedancia total en mohm, aguas arriba del punto de c.c. (sin incluir la línea o circuito en estudio).

$$* I_{pccF} = Ct U_F / 2 Zt$$

Siendo,

I_{pccF}: Intensidad permanente de c.c. en fin de línea en kA.

Ct: Coeficiente de tensión.

U_F: Tensión monofásica en V.

Zt: Impedancia total en mohm, incluyendo la propia de la línea o circuito (por tanto es igual a la impedancia en origen mas la propia del conductor o línea).

* La impedancia total hasta el punto de cortocircuito será:

$$Zt = (Rt^2 + Xt^2)^{1/2}$$

Siendo,

Rt: R₁ + R₂ + + R_n (suma de las resistencias de las líneas aguas arriba hasta el punto de c.c.)

Xt: X₁ + X₂ + + X_n (suma de las reactancias de las líneas aguas arriba hasta el punto de c.c.)

$$R = L \cdot 1000 \cdot C_R / K \cdot S \cdot n \quad (\text{mohm})$$

$$X = X_u \cdot L / n \quad (\text{mohm})$$

R: Resistencia de la línea en mohm.

X: Reactancia de la línea en mohm.

L: Longitud de la línea en m.

C_R: Coeficiente de resistividad.

K: Conductividad del metal.

S: Sección de la línea en mm².

X_u: Reactancia de la línea, en mohm por metro.

n: nº de conductores por fase.

$$* t_{mcc} = C_c \cdot S^2 / I_{pcc} F^2$$

Siendo,

t_{mcc} : Tiempo máximo en sg que un conductor soporta una I_{pcc} .

C_c = Constante que depende de la naturaleza del conductor y de su aislamiento.

S : Sección de la línea en mm².

$I_{pcc} F$: Intensidad permanente de c.c. en fin de línea en A.

$$* t_{ficc} = cte. fusible / I_{pcc} F^2$$

Siendo,

t_{ficc} : tiempo de fusión de un fusible para una determinada intensidad de cortocircuito.

$I_{pcc} F$: Intensidad permanente de c.c. en fin de línea en A.

$$* L_{max} = 0,8 U_F / 2 \cdot I_{F5} \cdot \sqrt{(1,5 / K \cdot S \cdot n)^2 + (X_u / n \cdot 1000)^2}$$

Siendo,

L_{max} : Longitud máxima de conductor protegido a c.c. (m) (para protección por fusibles)

U_F : Tensión de fase (V)

K : Conductividad

S : Sección del conductor (mm²)

X_u : Reactancia por unidad de longitud (mohm/m). En conductores aislados suele ser 0,1.

n : nº de conductores por fase

$C_t = 0,8$: Es el coeficiente de tensión.

$C_R = 1,5$: Es el coeficiente de resistencia.

I_{F5} = Intensidad de fusión en amperios de fusibles en 5 sg.

* Curvas válidas.(Para protección de Interruptores automáticos dotados de Relé electromagnético).

CURVA B	IMAG = 5 In
CURVA C	IMAG = 10 In
CURVA D Y MA	IMAG = 20 In

1.6. FÓRMULAS EMBARRADOS

Cálculo electrodinámico

$$\sigma_{max} = I_{pcc}^2 \cdot L^2 / (60 \cdot d \cdot W_y \cdot n)$$

Siendo,

σ_{max} : Tensión máxima en las pletinas (kg/cm²)

I_{pcc} : Intensidad permanente de c.c. (kA)

L : Separación entre apoyos (cm)

d : Separación entre pletinas (cm)

n : nº de pletinas por fase

W_y : Módulo resistente por pletina eje y-y (cm³)

σ_{adm} : Tensión admisible material (kg/cm²)

Comprobación por sollicitación térmica en cortocircuito

$$I_{cccs} = K_c \cdot S / (1000 \cdot \sqrt{t_{cc}}$$

Siendo,

I_{pcc} : Intensidad permanente de c.c. (kA)

I_{cccs} : Intensidad de c.c. soportada por el conductor durante el tiempo de duración del c.c. (kA)

S : Sección total de las pletinas (mm²)

t_{cc} : Tiempo de duración del cortocircuito (s)

K_c : Constante del conductor: Cu = 164, Al = 107

2. DEMANDA DE POTENCIAS

La potencia total instalada corresponde a los siguientes consumos:

CUADRO GENERAL DE MANDO Y PROTECCIÓN

- Potencia total instalada:

BOMBA 1	22000 W
BOMBA 2	22000 W
EM CUADROS	8 W
PARED NO	288 W
CENTRAL 1	288 W
CENTRAL 2	288 W
BOMB DCHA	216 W
AL.EXT. NO	450 W
AL.EXT. SO	460 W
AL.EM. NO	16 W
AL.EM. SO	32 W

PARED SO	440 W
CUADROS	220 W
BASE III SO	5000 W
BASE II SO	3000 W
BASE II CUADROS	3000 W
CAUDALIMETRO	150 W
RB1	150 W
RB2	150 W
P. GRUA	5000 W
LINEA AUTOMATISMOS	1760 W
TOTAL....	64916 W

- Potencia Instalada Alumbrado (W): 2046
- Potencia Instalada Fuerza (W): 62870
- Potencia Máxima Admisible (kVA): 100

Todo esto conduce a una potencia instalada de 64,916 kW repartida entre los distintos usos como se refleja en el siguiente cuadro:

USO	POTENCIA
Fuerza Bombeo	18,87 kW
Alumbrado Bombeo	2,046 kW
Bombeo	44,000 kW
TOTAL	64,916 kW

En el caso de la instalación de la Estación de Bombeo, se considera un factor de simultaneidad de 1 para el alumbrado y 0,8 para fuerza, todas las bombas podrán funcionar a la vez, y se añade un 25% de la potencia de la bomba mayor.

Con estas consideraciones, la potencia transportada es la siguiente: 57,842 kW. En caso de considerar el 100% de la potencia instalada, 64,916 kW.

Tomando un factor de potencia de 0,9 (razonable en estas instalaciones), para la potencia transportada indicada con anterioridad, se obtiene la siguiente potencia aparente: 64,27 kVA. En caso del 100% de la potencia, este valor se incrementa hasta los 72,13 kVA.

Para ello se dispondrá de un trafo de 100 kVA/400 V.

3. CÁLCULOS ELÉCTRICOS

Para los cálculos eléctricos se tomarán como base las condiciones más desfavorables, las cuales provocarán mayores caídas de tensión, obviándose el resto de los cálculos por entender que si cumplen unas, las demás también se ajustan a los criterios de funcionalidad establecidos.

De acuerdo con la ITC-BT-19 del R.E.B.T., en su apartado 2.2.2., la sección de los conductores a utilizar se determinará de forma que la caída de tensión entre el origen de la instalación y cualquier punto de utilización, sea menor del 4,5% de la tensión nominal en el origen de la instalación para alumbrado (siendo 1,5% la caída de tensión permitida por la acometida y un 3% la de la instalación interior), y del 6,5% para los demás usos (siendo 1,5% la caída de tensión permitida por la acometida y un 5% la de la instalación interior). Esta caída de tensión se calculará considerando alimentados todos los aparatos de utilización susceptibles de funcionar simultáneamente.

3.1. CÁLCULO DE LA LÍNEA: TRAFIO

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: Enterrados Bajo Tubo (R.Subt)
- Longitud: 15 m; Cos φ: 0.8; Xu(mΩ/m): 0.1;
- Potencia aparente trafo: 100 kVA.
- Índice carga c: 0.77.

$$I = Ct \times St \times 1000 / (1.732 \times U) = 1 \times 100 \times 1000 / (1.732 \times 400) = 144.34 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 3x95/50mm²Al

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

I.ad. a 25°C (Fc=1) 175 A. según ITC-BT-07

Diámetro exterior tubo: 140 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 69.22

$$e(\text{parcial}) = (15 \times 80000 / 28.78 \times 400 \times 95) + (15 \times 80000 \times 0.1 \times 0.6 / 1000 \times 400 \times 1 \times 0.8) = 1.32 \text{ V.} = 0.33 \%$$

$$e(\text{total}) = 0.33\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Aut./Tet. In.: 160 A. Térmico reg. Int.Reg.: 160 A.

3.2. CÁLCULO DE LA LÍNEA: VARIADOR B1

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: C-Unip.o Mult.sobre Pared
- Longitud: 6 m; Cos φ : 1; $X_u(m\Omega/m)$: 0;
- Potencia activa: 22 kW.
- Potencia aparente red: 33.3 kVA.

$$I = S_v \times 1000 / (1.732 \times U) = 33.3 \times 1000 / (1.732 \times 400) = 48.07 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 3x10+TTx10mm²Cu

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 40°C (Fc=1) 63 A. según ITC-BT-19

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 69.1

$$e(\text{parcial}) = 6 \times 33300 / 46.59 \times 400 \times 10 = 1.07 \text{ V.} = 0.27 \%$$

$$e(\text{total}) = 0.6\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Tripolar Int. 50 A.

Protección diferencial:

Inter. Dif. Tetrapolar Int.: 63 A. Sens. Int.: 300 mA. Clase AC.

3.3. CÁLCULO DE LA LÍNEA: BOMBA 1

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: D1-Unip.o Mult.Conduct.enterrad.
- Longitud: 10.2 m; Cos φ : 0.85; $X_u(m\Omega/m)$: 0; R: 1
- Potencia a instalar: 22000 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-47):
22000x1.25=27500 W.

$$I = 27500 / 1.732 \times 400 \times 0.85 \times 1 = 46.7 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 3x10+TTx10mm²Cu

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

I.ad. a 25°C (Fc=0.9) 52.2 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 63 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 80.02

$$e(\text{parcial}) = 10.2 \times 27500 / 44.97 \times 400 \times 10 \times 1 = 1.56 \text{ V.} = 0.39 \%$$

$$e(\text{total}) = 0.99\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$$

Protecciones a sobrecargas y c.c. integradas en variador

3.4. CÁLCULO DE LA LÍNEA: VARIADOR B2

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: C-Unip.o Mult.sobre Pared
- Longitud: 6 m; Cos φ : 1; $X_u(m\Omega/m)$: 0;
- Potencia activa: 22 kW.
- Potencia aparente red: 33.3 kVA.

$$I = S_v \times 1000 / (1.732 \times U) = 33.3 \times 1000 / (1.732 \times 400) = 48.07 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 3x10+TTx10mm²Cu

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 40°C (Fc=1) 63 A. según ITC-BT-19

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 69.1

$$e(\text{parcial}) = 6 \times 33300 / 46.59 \times 400 \times 10 = 1.07 \text{ V.} = 0.27 \%$$

$$e(\text{total}) = 0.6\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Tripolar Int. 50 A.

Protección diferencial:

Inter. Dif. Tetrapolar Int.: 63 A. Sens. Int.: 300 mA. Clase AC.

3.5. CÁLCULO DE LA LÍNEA: BOMBA 2

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: D1-Unip.o Mult.Conduct.enterrad.

- Longitud: 12.5 m; Cos φ : 0.85; $X_u(m\Omega/m)$: 0; R: 1
- Potencia a instalar: 22000 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-47):
22000x1.25=27500 W.

$$I=27500/1,732 \times 400 \times 0.85 \times 1 = 46.7 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 3x10+TTx10mm²Cu

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

I.ad. a 25°C (Fc=0.9) 52.2 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 63 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 80.02

$$e(\text{parcial})=12.5 \times 27500 / 44.97 \times 400 \times 10 \times 1 = 1.91 \text{ V.} = 0.48 \%$$

$$e(\text{total})=1.08\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$$

Protecciones a sobrecargas y c.c. integradas en variador

3.6. CÁLCULO DE LA LÍNEA: ALUMBRADO

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: C-Unip.o Mult.sobre Pared
- Longitud: 0.3 m; Cos φ : 0.8; $X_u(m\Omega/m)$: 0;
- Potencia a instalar: 1998 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44):
2868.4 W.(Coef. de Simult.: 1)

$$I=2868.4/1,732 \times 400 \times 0.8 = 5.18 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 4x1.5mm²Cu

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 40°C (Fc=1) 20 A. según ITC-BT-19

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 43.35

$$e(\text{parcial})=0.3 \times 2868.4 / 50.9 \times 400 \times 1.5 = 0.03 \text{ V.} = 0.01 \%$$

$$e(\text{total})=0.34\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$$

Protección diferencial:

Inter. Dif. Tetrapolar Int.: 25 A. Sens. Int.: 30 mA. Clase AC.

3.6.1. CÁLCULO DE LA LÍNEA: AL CUADROS

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: C-Unip.o Mult.sobre Pared
- Longitud: 7 m; Cos φ : 0.8; $X_u(m\Omega/m)$: 0;
- Potencia a instalar: 8 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44):
14.4 W.(Coef. de Simult.: 1)

$$I=14.4/230 \times 0.8 = 0.08 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 2x1.5mm²Cu

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 40°C (Fc=1) 21 A. según ITC-BT-19

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 40

$$e(\text{parcial})=2 \times 7 \times 14.4 / 51.52 \times 230 \times 1.5 = 0.01 \text{ V.} = 0 \%$$

$$e(\text{total})=0.34\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 10 A.

3.6.2. CÁLCULO DE LA LÍNEA: EM CUADROS

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 7 m; Cos φ : 1; $X_u(m\Omega/m)$: 0;
- Potencia a instalar: 8 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44):
8x1.8=14.4 W.

$$I=14.4/230 \times 1 = 0.06 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 2x1.5+TTx1.5mm²Cu

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 40°C (Fc=1) 20 A. según ITC-BT-19
 Diámetro exterior tubo: 16 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 40

$e(\text{parcial})=2 \times 7 \times 14.4 / 51.52 \times 230 \times 1.5 = 0.01 \text{ V.} = 0 \%$

$e(\text{total})=0.35\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$

3.6.3. CÁLCULO DE LA LÍNEA: AL.BOMBEO.1

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: C-Unip.o Mult.sobre Pared
- Longitud: 0.3 m; Cos φ : 0.8; $X_u(\text{m}\Omega/\text{m})$: 0;
- Potencia a instalar: 576 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44):
1036.8 W.(Coef. de Simult.: 1)

$I=1036.8/230 \times 0.8=5.63 \text{ A.}$

Se eligen conductores Unipolares 2x1.5mm²Cu

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 40°C (Fc=1) 21 A. según ITC-BT-19

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 43.6

$e(\text{parcial})=2 \times 0.3 \times 1036.8 / 50.85 \times 230 \times 1.5 = 0.04 \text{ V.} = 0.02 \%$

$e(\text{total})=0.35\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 10 A.

3.6.3.1. CÁLCULO DE LA LÍNEA: PARED NO

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: C-Unip.o Mult.Bandeja no Perfor

- Longitud: 37 m; Cos φ : 1; $X_u(\text{m}\Omega/\text{m})$: 0;

- Potencia a instalar: 288 W.

- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44):
 $288 \times 1.8 = 518.4 \text{ W.}$

$I=518.4/230 \times 1 = 2.25 \text{ A.}$

Se eligen conductores Unipolares 2x1.5+TTx1.5mm²Cu

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 40°C (Fc=0.57) 11.97 A. según ITC-BT-19

Dimensiones bandeja: 75x60 mm (Bandeja compartida: SSAA 1). Sección útil: 2910 mm².

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 41.77

$e(\text{parcial})=2 \times 37 \times 518.4 / 51.19 \times 230 \times 1.5 = 2.17 \text{ V.} = 0.94 \%$

$e(\text{total})=1.3\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$

3.6.3.2. CÁLCULO DE LA LÍNEA: CENTRAL 1

- Tensión de servicio: 230 V.

- Canalización: C-Unip.o Mult.Bandeja no Perfor

- Longitud: 34 m; Cos φ : 1; $X_u(\text{m}\Omega/\text{m})$: 0;

- Potencia a instalar: 288 W.

- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44):
 $288 \times 1.8 = 518.4 \text{ W.}$

$I=518.4/230 \times 1 = 2.25 \text{ A.}$

Se eligen conductores Unipolares 2x1.5+TTx1.5mm²Cu

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 40°C (Fc=0.57) 11.97 A. según ITC-BT-19

Dimensiones bandeja: 75x60 mm (Bandeja compartida: SSAA 1). Sección útil: 2910 mm².

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 41.77

$e(\text{parcial})=2 \times 34 \times 518.4 / 51.19 \times 230 \times 1.5 = 2 \text{ V.} = 0.87 \%$

$e(\text{total})=1.22\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$

3.6.4. CÁLCULO DE LA LÍNEA: AL BOMBEO.2

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: C-Unip.o Mult.sobre Pared
- Longitud: 0.3 m; Cos φ : 0.8; $X_u(m\Omega/m)$: 0;
- Potencia a instalar: 504 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44):
907.2 W.(Coef. de Simult.: 1)

$$I=907.2/230 \times 0.8=4.93 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 2x1.5mm²Cu

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 40°C (Fc=1) 21 A. según ITC-BT-19

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 42.76

$$e(\text{parcial})=2 \times 0.3 \times 907.2 / 51.01 \times 230 \times 1.5 = 0.03 \text{ V.} = 0.01 \%$$

$$e(\text{total})=0.35\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 10 A.

3.6.4.1. CÁLCULO DE LA LÍNEA: CENTRAL 2

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: C-Unip.o Mult.Bandeja no Perfor
- Longitud: 29 m; Cos φ : 1; $X_u(m\Omega/m)$: 0;
- Potencia a instalar: 288 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44):
288x1.8=518.4 W.

$$I=518.4/230 \times 1=2.25 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 2x1.5+TTx1.5mm²Cu

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 40°C (Fc=0.57) 11.97 A. según ITC-BT-19

Dimensiones bandeja: 75x60 mm (Bandeja compartida: SSAA 1). Sección útil: 2910 mm².

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 41.77

$$e(\text{parcial})=2 \times 29 \times 518.4 / 51.19 \times 230 \times 1.5 = 1.7 \text{ V.} = 0.74 \%$$

$$e(\text{total})=1.09\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$$

3.6.4.2. CÁLCULO DE LA LÍNEA: BOMB DCHA

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: C-Unip.o Mult.Bandeja no Perfor
- Longitud: 26.5 m; Cos φ : 1; $X_u(m\Omega/m)$: 0;
- Potencia a instalar: 216 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44):
216x1.8=388.8 W.

$$I=388.8/230 \times 1=1.69 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 2x1.5+TTx1.5mm²Cu

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 40°C (Fc=0.57) 11.97 A. según ITC-BT-19

Dimensiones bandeja: 75x60 mm (Bandeja compartida: SSAA 1). Sección útil: 2910 mm².

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 41

$$e(\text{parcial})=2 \times 26.5 \times 388.8 / 51.33 \times 230 \times 1.5 = 1.16 \text{ V.} = 0.51 \%$$

$$e(\text{total})=0.86\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$$

3.6.5. CÁLCULO DE LA LÍNEA: AL EXTERIOR

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: C-Unip.o Mult.sobre Pared
- Longitud: 0.3 m; Cos φ : 0.8; $X_u(m\Omega/m)$: 0;
- Potencia a instalar: 910 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44):
910 W.(Coef. de Simult.: 1)

$$I=910/230 \times 0.8=4.95 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 2x1.5mm²Cu

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 40°C (Fc=1) 21 A. según ITC-BT-19

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 42.77

$$e(\text{parcial})=2 \times 0.3 \times 910 / 51 \times 230 \times 1.5=0.03 \text{ V.}=0.01 \%$$

$$e(\text{total})=0.35\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 10 A.

3.6.5.1. CÁLCULO DE LA LÍNEA: AL.EXT. NO

- Tensión de servicio: 230 V.

- Canalización: C-Unip.o Mult.Bandeja no Perfor

- Longitud: 37 m; Cos φ: 1; Xu(mΩ/m): 0;

- Potencia a instalar: 450 W.

- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44):
450 W.

$$I=450/230 \times 1=1.96 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 2x1.5+TTx1.5mm²Cu

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 40°C (Fc=0.57) 11.97 A. según ITC-BT-19

Dimensiones bandeja: 75x60 mm (Bandeja compartida: SSAA 1). Sección útil: 2910 mm².

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 41.34

$$e(\text{parcial})=2 \times 37 \times 450 / 51.27 \times 230 \times 1.5=1.88 \text{ V.}=0.82 \%$$

$$e(\text{total})=1.17\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$$

3.6.5.2. CÁLCULO DE LA LÍNEA: AL.EXT. SO

- Tensión de servicio: 230 V.

- Canalización: C-Unip.o Mult.Bandeja no Perfor

- Longitud: 26.5 m; Cos φ: 1; Xu(mΩ/m): 0;

- Potencia a instalar: 460 W.

- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44):
460 W.

$$I=460/230 \times 1=2 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 2x1.5+TTx1.5mm²Cu

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 40°C (Fc=0.8) 16.8 A. según ITC-BT-19

Dimensiones bandeja: 75x60 mm (Bandeja compartida: SSAA 2). Sección útil: 2910 mm².

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 40.71

$$e(\text{parcial})=2 \times 26.5 \times 460 / 51.38 \times 230 \times 1.5=1.38 \text{ V.}=0.6 \%$$

$$e(\text{total})=0.95\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$$

3.6.6. CÁLCULO DE LA LÍNEA: AL EMERGENCIA

- Tensión de servicio: 230 V.

- Canalización: C-Unip.o Mult.sobre Pared

- Longitud: 0.3 m; Cos φ: 0.8; Xu(mΩ/m): 0;

- Potencia a instalar: 48 W.

- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44):
86.4 W.(Coef. de Simult.: 1)

$$I=86.4/230 \times 0.8=0.47 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 2x1.5mm²Cu

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 40°C (Fc=1) 21 A. según ITC-BT-19

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 40.02
 $e(\text{parcial})=2 \times 0.3 \times 86.4 / 51.51 \times 230 \times 1.5 = 0 \text{ V.} = 0 \%$
 $e(\text{total})=0.33\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 10 A.

Protección diferencial:

Inter. Dif. Bipolar Int.: 25 A. Sens. Int.: 30 mA. Clase AC.

3.6.6.1. CÁLCULO DE LA LÍNEA: AL.EM. NO

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: C-Unip.o Mult.Bandeja no Perfor
- Longitud: 33 m; $\text{Cos } \varphi: 1$; $X_u(\text{m}\Omega/\text{m}): 0$;
- Potencia a instalar: 16 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44):
 $16 \times 1.8 = 28.8 \text{ W.}$

$I = 28.8 / 230 \times 1 = 0.13 \text{ A.}$

Se eligen conductores Unipolares $2 \times 1.5 + \text{TT} \times 1.5 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$

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 40°C ($F_c=1$) 21 A. según ITC-BT-19

Dimensiones bandeja: 75x60 mm (Bandeja compartida: SSAA 1). Sección útil: 2910 mm².

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 40

$e(\text{parcial})=2 \times 33 \times 28.8 / 51.52 \times 230 \times 1.5 = 0.11 \text{ V.} = 0.05 \%$

$e(\text{total})=0.38\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 10 A.

3.6.6.2. CÁLCULO DE LA LÍNEA: AL.EM. SO

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: C-Unip.o Mult.Bandeja no Perfor

- Longitud: 26.5 m; $\text{Cos } \varphi: 1$; $X_u(\text{m}\Omega/\text{m}): 0$;

- Potencia a instalar: 32 W.

- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44):
 $32 \times 1.8 = 57.6 \text{ W.}$

$I = 57.6 / 230 \times 1 = 0.25 \text{ A.}$

Se eligen conductores Unipolares $2 \times 1.5 + \text{TT} \times 1.5 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$

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 40°C ($F_c=1$) 21 A. según ITC-BT-19

Dimensiones bandeja: 75x60 mm (Bandeja compartida: SSAA 2). Sección útil: 2910 mm².

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 40.01

$e(\text{parcial})=2 \times 26.5 \times 57.6 / 51.52 \times 230 \times 1.5 = 0.17 \text{ V.} = 0.07 \%$

$e(\text{total})=0.41\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 10 A.

3.6.7. CÁLCULO DE LA LÍNEA: EXTRACCIÓN

- Tensión de servicio: 400 V.

- Canalización: C-Unip.o Mult.sobre Pared

- Longitud: 0.3 m; $\text{Cos } \varphi: 0.8$; $X_u(\text{m}\Omega/\text{m}): 0$;

- Potencia a instalar: 660 W.

- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-47):

$440 \times 1.25 + 220 = 770 \text{ W. (Coef. de Simult.: 1)}$

$I = 770 / 1,732 \times 400 \times 0.8 = 1.39 \text{ A.}$

Se eligen conductores Unipolares $4 \times 4 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$

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 40°C ($F_c=1$) 36 A. según ITC-BT-19

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 40.07

$e(\text{parcial})=0.3 \times 770 / 51.5 \times 400 \times 4 = 0 \text{ V.} = 0 \%$

$e(\text{total})=0.33\%$ ADMIS (4.5% MAX.)

Protección diferencial:

Inter. Dif. Tetrapolar Int.: 40 A. Sens. Int.: 300 mA. Clase AC.

3.6.7.1. CÁLCULO DE LA LÍNEA: PARED SO

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: C-Unip.o Mult.Bandeja no Perfor
- Longitud: 18 m; $\cos \varphi$: 0.8; $X_u(m\Omega/m)$: 0; R: 1
- Potencia a instalar: 440 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-47):
 $440 \times 1.25 = 550$ W.

$I = 550 / 1,732 \times 400 \times 0.8 = 0.99$ A.

Se eligen conductores Unipolares 3x4+TTx4mm²Cu

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 40°C ($F_c=0.57$) 20.52 A. según ITC-BT-19

Dimensiones bandeja: 75x60 mm (Bandeja compartida: SSAA 1). Sección útil: 2910 mm².

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 40.12

$e(\text{parcial}) = 18 \times 550 / 51.49 \times 400 \times 4 = 0.12$ V. = 0.03 %

$e(\text{total}) = 0.36\%$ ADMIS (6.5% MAX.)

Prot. Térmica:

I. Mag. Tripolar Int. 16 A.

Elemento de Maniobra:

Contactor Tripolar In: 16 A.

3.6.7.2. CÁLCULO DE LA LÍNEA: CUADROS

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 5 m; $\cos \varphi$: 0.8; $X_u(m\Omega/m)$: 0; R: 1
- Potencia a instalar: 220 W.

- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-47):

$220 \times 1.25 = 275$ W.

$I = 275 / 230 \times 0.8 = 1.49$ A.

Se eligen conductores Unipolares 2x2.5+TTx2.5mm²Cu

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 40°C ($F_c=1$) 28 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 20 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 40.14

$e(\text{parcial}) = 2 \times 5 \times 275 / 51.49 \times 230 \times 2.5 = 0.09$ V. = 0.04 %

$e(\text{total}) = 0.37\%$ ADMIS (6.5% MAX.)

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 16 A.

Elemento de Maniobra:

Contactor Bipolar In: 16 A.

3.6.8. CÁLCULO DE LA LÍNEA: BASES III Y II

- Tensión de servicio: 400 V.

- Canalización: C-Unip.o Mult.sobre Pared

- Longitud: 0.3 m; $\cos \varphi$: 0.8; $X_u(m\Omega/m)$: 0;

- Potencia a instalar: 11000 W.

- Potencia de cálculo:

11000 W.(Coef. de Simult.: 1)

$I = 11000 / 1,732 \times 400 \times 0.8 = 19.85$ A.

Se eligen conductores Unipolares 4x4+TTx4mm²Cu

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 40°C ($F_c=1$) 36 A. según ITC-BT-19

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 55.2

$$e(\text{parcial})=0.3 \times 11000 / 48.82 \times 400 \times 4 = 0.04 \text{ V.} = 0.01 \%$$

$$e(\text{total})=0.34\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$$

Protección diferencial:

Inter. Dif. Tetrapolar Int.: 40 A. Sens. Int.: 300 mA. Clase AC.

3.6.8.1. CÁLCULO DE LA LÍNEA: BASE III SO

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: C-Unip.o Mult.Bandeja no Perfor
- Longitud: 17 m; Cos φ : 0.8; $X_u(\text{m}\Omega/\text{m})$: 0;
- Potencia a instalar: 5000 W.
- Potencia de cálculo: 5000 W.

$$I=5000/1,732 \times 400 \times 0.8=9.02 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 3x2.5+TTx2.5mm²Cu

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 40°C (Fc=0.8) 21.6 A. según ITC-BT-19

Dimensiones bandeja: 75x60 mm (Bandeja compartida: SSAA 2). Sección útil: 2910 mm².

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 48.72

$$e(\text{parcial})=17 \times 5000 / 49.93 \times 400 \times 2.5 = 1.7 \text{ V.} = 0.43 \%$$

$$e(\text{total})=0.77\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Tripolar Int. 16 A.

3.6.8.2. CÁLCULO DE LA LÍNEA: BASE II SO

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: C-Unip.o Mult.Bandeja no Perfor
- Longitud: 17 m; Cos φ : 0.8; $X_u(\text{m}\Omega/\text{m})$: 0;
- Potencia a instalar: 3000 W.
- Potencia de cálculo: 3000 W.

$$I=3000/230 \times 0.8=16.3 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 2x2.5+TTx2.5mm²Cu

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 40°C (Fc=0.8) 24 A. según ITC-BT-19

Dimensiones bandeja: 75x60 mm (Bandeja compartida: SSAA 2). Sección útil: 2910 mm².

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 63.08

$$e(\text{parcial})=2 \times 17 \times 3000 / 47.53 \times 230 \times 2.5 = 3.73 \text{ V.} = 1.62 \%$$

$$e(\text{total})=1.96\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 20 A.

3.6.8.3. CÁLCULO DE LA LÍNEA: BASE II CUADROS

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 9 m; Cos φ : 0.8; $X_u(\text{m}\Omega/\text{m})$: 0;
- Potencia a instalar: 3000 W.
- Potencia de cálculo: 3000 W.

$$I=3000/230 \times 0.8=16.3 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 2x2.5+TTx2.5mm²Cu

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 40°C (Fc=1) 28 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 20 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 56.95

$$e(\text{parcial})=2 \times 9 \times 3000 / 48.53 \times 230 \times 2.5 = 1.94 \text{ V.} = 0.84 \%$$

$$e(\text{total})=1.18\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 20 A.

3.6.9. CÁLCULO DE LA LÍNEA: CAUDALIMETROS

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: C-Unip.o Mult.sobre Pared
- Longitud: 0.3 m; Cos φ : 0.8; $X_u(m\Omega/m)$: 0;
- Potencia a instalar: 150 W.
- Potencia de cálculo:
150 W.(Coef. de Simult.: 1)

$$I=150/1,732 \times 400 \times 0.8=0.27 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 4x2.5mm²Cu

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 40°C (Fc=1) 27 A. según ITC-BT-19

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 40.01

$$e(\text{parcial})=0.3 \times 150 / 51.52 \times 400 \times 2.5=0 \text{ V.}=0 \%$$

$$e(\text{total})=0.33\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$$

Protección diferencial:

Inter. Dif. Tetrapolar Int.: 25 A. Sens. Int.: 30 mA. Clase AC.

3.6.9.1. CÁLCULO DE LA LÍNEA: CAUDALIMETRO

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: C-Unip.o Mult.Bandeja no Perfor
- Longitud: 7 m; Cos φ : 0.8; $X_u(m\Omega/m)$: 0;
- Potencia a instalar: 150 W.
- Potencia de cálculo: 150 W.

$$I=150/230 \times 0.8=0.82 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 2x2.5+TTx2.5mm²Cu

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

I.ad. a 40°C (Fc=0.7) 21 A. según ITC-BT-19

Dimensiones bandeja: 75x60 mm (Bandeja compartida: F.SSAA1). Sección útil: 2910 mm².

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 40.08

$$e(\text{parcial})=2 \times 7 \times 150 / 51.5 \times 230 \times 2.5=0.07 \text{ V.}=0.03 \%$$

$$e(\text{total})=0.36\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 16 A.

3.6.10. CÁLCULO DE LA LÍNEA: RESIST CALDEO

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: C-Unip.o Mult.sobre Pared
- Longitud: 0.3 m; Cos φ : 0.8; $X_u(m\Omega/m)$: 0;
- Potencia a instalar: 300 W.
- Potencia de cálculo:
300 W.(Coef. de Simult.: 1)

$$I=300/1,732 \times 400 \times 0.8=0.54 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 4x2.5mm²Cu

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 40°C (Fc=1) 27 A. según ITC-BT-19

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 40.02

$$e(\text{parcial})=0.3 \times 300 / 51.51 \times 400 \times 2.5=0 \text{ V.}=0 \%$$

$$e(\text{total})=0.33\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$$

Protección diferencial:

Inter. Dif. Tetrapolar Int.: 25 A. Sens. Int.: 30 mA. Clase AC.

3.6.10.1. CÁLCULO DE LA LÍNEA: RB1

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: C-Unip.o Mult.Bandeja no Perfor
- Longitud: 10.2 m; Cos φ : 0.8; $X_u(m\Omega/m)$: 0;
- Potencia a instalar: 150 W.

- Potencia de cálculo: 150 W.

$$I=150/230 \times 0.8=0.82 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 2x2.5+TTx2.5mm²Cu

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 40°C (Fc=0.7) 21 A. según ITC-BT-19

Dimensiones bandeja: 75x60 mm (Bandeja compartida: F.SSAA1). Sección útil: 2910 mm².

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 40.08

$$e(\text{parcial})=2 \times 10.2 \times 150 / 51.5 \times 230 \times 2.5=0.1 \text{ V.}=0.04 \%$$

$$e(\text{total})=0.38\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 16 A.

Elemento de Maniobra:

Contactor Bipolar In: 16 A.

3.6.10.2. CÁLCULO DE LA LÍNEA: RB2

- Tensión de servicio: 230 V.

- Canalización: C-Unip.o Mult.Bandeja no Perfor

- Longitud: 12.5 m; Cos φ: 0.8; Xu(mΩ/m): 0;

- Potencia a instalar: 150 W.

- Potencia de cálculo: 150 W.

$$I=150/230 \times 0.8=0.82 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 2x2.5+TTx2.5mm²Cu

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 40°C (Fc=0.7) 21 A. según ITC-BT-19

Dimensiones bandeja: 75x60 mm (Bandeja compartida: F.SSAA1). Sección útil: 2910 mm².

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 40.08

$$e(\text{parcial})=2 \times 12.5 \times 150 / 51.5 \times 230 \times 2.5=0.13 \text{ V.}=0.06 \%$$

$$e(\text{total})=0.39\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 16 A.

Elemento de Maniobra:

Contactor Bipolar In: 16 A.

3.6.11. CÁLCULO DE LA LÍNEA: P. GRUA

- Tensión de servicio: 400 V.

- Canalización: C-Unip.o Mult.Bandeja no Perfor

- Longitud: 13 m; Cos φ: 0.8; Xu(mΩ/m): 0; R: 1

- Potencia a instalar: 5000 W.

- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-47):

$$5000 \times 1.25=6250 \text{ W.}$$

$$I=6250/1,732 \times 400 \times 0.8 \times 1=11.28 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 3x4+TTx4mm²Cu

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 40°C (Fc=0.57) 20.52 A. según ITC-BT-19

Dimensiones bandeja: 75x60 mm (Bandeja compartida: SSAA 1). Sección útil: 2910 mm².

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 55.1

$$e(\text{parcial})=13 \times 6250 / 48.84 \times 400 \times 4 \times 1=1.04 \text{ V.}=0.26 \%$$

$$e(\text{total})=0.59\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Tripolar Int. 16 A.

Protección diferencial:

Inter. Dif. Tetrapolar Int.: 25 A. Sens. Int.: 300 mA. Clase AC.

3.6.12. CÁLCULO DE LA LÍNEA: LINEA AUTOMATISMOS

- Tensión de servicio: 230 V.

- Canalización: C-Unip.o Mult.sobre Pared

- Longitud: 2 m; Cos φ: 0.8; Xu(mΩ/m): 0;
- Potencia aparente: 2.2 kVA.
- Índice carga c: 0.966.

$$I = Cs \times Ss \times 1000 / U = 1.25 \times 2.2 \times 1000 / 230 = 11.96 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 2x4+TTx4mm²Cu

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 40°C (Fc=1) 40 A. según ITC-BT-19

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 44.47

$$e(\text{parcial}) = 2 \times 2 \times 2200 / 50.69 \times 230 \times 4 = 0.19 \text{ V.} = 0.08 \%$$

$$e(\text{total}) = 0.41\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 16 A.

Protección diferencial:

Inter. Dif. Bipolar Int.: 25 A. Sens. Int.: 30 mA. Clase AC.

SISTEMA ALIMENTACION ININTERRUMPIDA

LINEA AUTOMATISMOS

DEMANDA DE POTENCIAS

- Potencia total instalada:

FA 24VCC	200 W
AUTÓMATA	1500 W
TOTAL....	1700 W

- Potencia Instalada Fuerza (W): 1700

3.6.12.1. CÁLCULO DE LA LÍNEA: FA 24VCC

- Tensión de servicio: 230 V.

- Canalización: C-Unip.o Mult.sobre Pared
- Longitud: 6 m; Cos φ: 0.8; Xu(mΩ/m): 0;
- Potencia a instalar: 200 W.
- Potencia de cálculo: 200 W.

$$I = 200 / 230 \times 0.8 = 1.09 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 2x2.5+TTx2.5mm²Cu

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 40°C (Fc=1) 30 A. según ITC-BT-19

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 40.07

$$e(\text{parcial}) = 2 \times 6 \times 200 / 51.5 \times 230 \times 2.5 = 0.08 \text{ V.} = 0.04 \%$$

$$e(\text{total}) = 0.45\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 16 A.

3.6.12.2. CÁLCULO DE LA LÍNEA: AUTÓMATA

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: C-Unip.o Mult.sobre Pared
- Longitud: 6 m; Cos φ: 0.8; Xu(mΩ/m): 0;
- Potencia a instalar: 1500 W.
- Potencia de cálculo: 1500 W.

$$I = 1500 / 230 \times 0.8 = 8.15 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 2x2.5+TTx2.5mm²Cu

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 40°C (Fc=1) 30 A. según ITC-BT-19

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 43.69

$$e(\text{parcial}) = 2 \times 6 \times 1500 / 50.83 \times 230 \times 2.5 = 0.62 \text{ V.} = 0.27 \%$$

$$e(\text{total}) = 0.68\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$$

4. TABLAS DE RESULTADOS

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 16 A.

3.7. CALCULO DE EMBARRADO DESCARGA DIRECTA TRAFOS

Datos

- Metal: Cu
- Estado pletinas: desnudas
- nº pletinas por fase: 1
- Separación entre pletinas, d(cm): 10
- Separación entre apoyos, L(cm): 25
- Tiempo duración c.c. (s): 0.5

Pletina adoptada

- Sección (mm²): 45
- Ancho (mm): 15
- Espesor (mm): 3
- Wx, Ix, Wy, Iy (cm³,cm⁴) : 0.112, 0.084, 0.022, 0.003
- I. admisible del embarrado (A): 170

a) Cálculo electrodinámico

$$\sigma_{max} = I_{pcc}^2 \cdot L^2 / (60 \cdot d \cdot W_y \cdot n) = 3.34^2 \cdot 25^2 / (60 \cdot 10 \cdot 0.022 \cdot 1) = 527.718 \leq 1200 \text{ kg/cm}^2$$

Cu

b) Cálculo térmico, por intensidad admisible

$$I_{cal} = 144.34 \text{ A}$$

$$I_{adm} = 170 \text{ A}$$

c) Comprobación por sollicitación térmica en cortocircuito

$$I_{pcc} = 3.34 \text{ kA}$$

$$I_{cccs} = K_c \cdot S / (1000 \cdot \sqrt{t_{cc}}) = 164 \cdot 45 \cdot 1 / (1000 \cdot \sqrt{0.5}) = 10.44 \text{ kA}$$

Cuadro General de Mando y Protección

Denominación	P.Cálculo (W)	Dist.Cálc. (m)	Sección (mm ²)	I.Cálculo (A)	I.Adm. (A)	C.T.Parc. (%)	C.T.Total (%)	Dimensiones(mm) Tubo,Canal,Band.
TRAFO	80000	15	3x95/50Al	144.34	175	0.33	0.33	140
VARIADOR B1	33300	6	3x10+TTx10Cu	48.07	63	0.27	0.6	
BOMBA 1	27500	10.2	3x10+TTx10Cu	46.7	52.2	0.39	0.99	63
VARIADOR B1	33300	6	3x10+TTx10Cu	48.07	63	0.27	0.6	
BOMBA 2	27500	12.5	3x10+TTx10Cu	46.7	52.2	0.48	1.08	63
ALUMBRADO	2868.4	0.3	4x1.5Cu	5.18	20	0.01	0.34	
AL CUADROS	14.4	7	2x1.5Cu	0.08	21	0	0.34	
EM CUADROS	14.4	7	2x1.5+TTx1.5Cu	0.06	20	0	0.35	16
AL.BOMBEO.1	1036.8	0.3	2x1.5Cu	5.63	21	0.02	0.35	
PARED NO	518.4	37	2x1.5+TTx1.5Cu	2.25	11.97	0.94	1.3	75x60
CENTRAL 1	518.4	34	2x1.5+TTx1.5Cu	2.25	11.97	0.87	1.22	75x60
AL.BOMBEO.2	907.2	0.3	2x1.5Cu	4.93	21	0.01	0.35	
CENTRAL 2	518.4	29	2x1.5+TTx1.5Cu	2.25	11.97	0.74	1.09	75x60
BOMB DCHA	388.8	26.5	2x1.5+TTx1.5Cu	1.69	11.97	0.51	0.86	75x60
AL EXTERIOR	910	0.3	2x1.5Cu	4.95	21	0.01	0.35	
AL.EXT. NO	450	37	2x1.5+TTx1.5Cu	1.96	11.97	0.82	1.17	75x60
AL.EXT. SO	460	26.5	2x1.5+TTx1.5Cu	2	16.8	0.6	0.95	75x60
AL EMERGENCIA	86.4	0.3	2x1.5Cu	0.47	21	0	0.33	
AL.EM. NO	28.8	33	2x1.5+TTx1.5Cu	0.13	21	0.05	0.38	75x60
AL.EM. SO	57.6	26.5	2x1.5+TTx1.5Cu	0.25	21	0.07	0.41	75x60
EXTRACCIÓN	770	0.3	4x4Cu	1.39	36	0	0.33	
PARED SO	550	18	3x4+TTx4Cu	0.99	20.52	0.03	0.36	75x60
CUADROS	275	5	2x2.5+TTx2.5Cu	1.49	28	0.04	0.37	20
BASES III Y II	11000	0.3	4x4+TTx4Cu	19.85	36	0.01	0.34	
BASE III SO	5000	17	3x2.5+TTx2.5Cu	9.02	21.6	0.43	0.77	75x60
BASE II SO	3000	17	2x2.5+TTx2.5Cu	16.3	24	1.62	1.96	75x60
BASE II CUADROS	3000	9	2x2.5+TTx2.5Cu	16.3	28	0.84	1.18	20
CAUDALIMETROS	150	0.3	4x2.5Cu	0.27	27	0	0.33	
CAUDALIMETRO	150	7	2x2.5+TTx2.5Cu	0.82	21	0.03	0.36	75x60
RESIST CALDEO	300	0.3	4x2.5Cu	0.54	27	0	0.33	
RB1	150	10.2	2x2.5+TTx2.5Cu	0.82	21	0.04	0.38	75x60
RB2	150	12.5	2x2.5+TTx2.5Cu	0.82	21	0.06	0.39	75x60
P. GRUA	6250	13	3x4+TTx4Cu	11.28	20.52	0.26	0.59	75x60
LINEA AUTOMATISMOS	2200	2	2x4+TTx4Cu	11.96	40	0.08	0.41	
FA 24VCC	200	6	2x2.5+TTx2.5Cu	1.09	30	0.04	0.45	
AUTÓMATA	1500	6	2x2.5+TTx2.5Cu	8.15	30	0.27	0.68	

Cortocircuito

Denominación	Longitud (m)	Sección (mm ²)	I _{pccI} (kA)	P de C (kA)	I _{pccF} (A)	t _{mcc} (sg)	t _{ficc} (sg)	L _{máx} (m)	Curvas válidas
TRAFO	15	3x95/50Al	3.61	4.5	1669.24	28.62			160;B,C
VARIADOR B1	6	3x10+TTx10Cu	3.38	4.5	1464.28	0.95			50;B,C,D
BOMBA 1	10.2	3x10+TTx10Cu	2.94		1142.93	1.57			
VARIADOR B1	6	3x10+TTx10Cu	3.38	4.5	1464.28	0.95			50;B,C,D
BOMBA 2	12.5	3x10+TTx10Cu	2.94		1083.76	1.74			
ALUMBRADO	0.3	4x1.5Cu	3.38		1610.65	0.02			
AL CUADROS	7	2x1.5Cu	3.23	4.5	619.57	0.12			10
EM CUADROS	7	2x1.5+TTx1.5Cu	1.24		362.38	0.35			
AL.BOMBEO.1	0.3	2x1.5Cu	3.23	4.5	1536.88	0.02			10
PARED NO	37	2x1.5+TTx1.5Cu	3.09		150.09	2.04			
CENTRAL 1	34	2x1.5+TTx1.5Cu	3.09		162.39	1.74			
AL.BOMBEO.2	0.3	2x1.5Cu	3.23	4.5	1536.88	0.02			10
CENTRAL 2	29	2x1.5+TTx1.5Cu	3.09		188.05	1.3			
BOMB DCHA	26.5	2x1.5+TTx1.5Cu	3.09		204.16	1.1			
AL EXTERIOR	0.3	2x1.5Cu	3.23	4.5	1536.88	0.02			10
AL.EXT. NO	37	2x1.5+TTx1.5Cu	3.09		150.09	2.04			
AL.EXT. SO	26.5	2x1.5+TTx1.5Cu	3.09		204.16	1.1			
AL EMERGENCIA	0.3	2x1.5Cu	3.38	4.5	1610.65	0.02			10
AL.EM. NO	33	2x1.5+TTx1.5Cu	3.23	4.5	168.36	1.62			10;B,C
AL.EM. SO	26.5	2x1.5+TTx1.5Cu	3.23	4.5	206.28	1.08			10;B,C,D
EXTRACCIÓN	0.3	4x4Cu	3.38		1656.6	0.12			
PARED SO	18	3x4+TTx4Cu	3.33	4.5	647.57	0.78			16;B,C,D
CUADROS	5	2x2.5+TTx2.5Cu	3.33	4.5	1030.35	0.12			16;B,C,D
BASES III Y II	0.3	4x4+TTx4Cu	3.38		1656.6	0.12			
BASE III SO	17	3x2.5+TTx2.5Cu	3.33	4.5	475.7	0.56			16;B,C,D
BASE II SO	17	2x2.5+TTx2.5Cu	3.33	4.5	475.7	0.56			20;B,C,D
BASE II CUADROS	9	2x2.5+TTx2.5Cu	3.33	4.5	751.01	0.23			20;B,C,D
CAUDALIMETROS	0.3	4x2.5Cu	3.38		1640.12	0.05			
CAUDALIMETRO	7	2x2.5+TTx2.5Cu	3.29	4.5	863.87	0.17			16;B,C,D
RESIST CALDEO	0.3	4x2.5Cu	3.38		1640.12	0.05			
RB1	10.2	2x2.5+TTx2.5Cu	3.29	4.5	687.26	0.27			16;B,C,D
RB2	12.5	2x2.5+TTx2.5Cu	3.29	4.5	597.03	0.36			16;B,C,D
P. GRUA	13	3x4+TTx4Cu	3.38	4.5	811.03	0.5			16;B,C,D
LINEA AUTOMATISMOS	2	2x4+TTx4Cu	3.38	4.5	1500.34	0.15			16;B,C,D
FA 24VCC	6	2x2.5+TTx2.5Cu	3.01	4.5	867.27	0.17			16;B,C,D
AUTÓMATA	6	2x2.5+TTx2.5Cu	3.01	4.5	867.27	0.17			16;B,C,D

5. CÁLCULO 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 mm² 30 m.

M. conductor de Acero galvanizado 95 mm²

Picas verticales de Cobre 14 mm

de Acero recubierto Cu 14 mm 4 picas de 2m.

de Acero galvanizado 25 mm

Con lo que se obtendrá una Resistencia de tierra de 13.04 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.

6. CÁLCULO ILUMINACIÓN

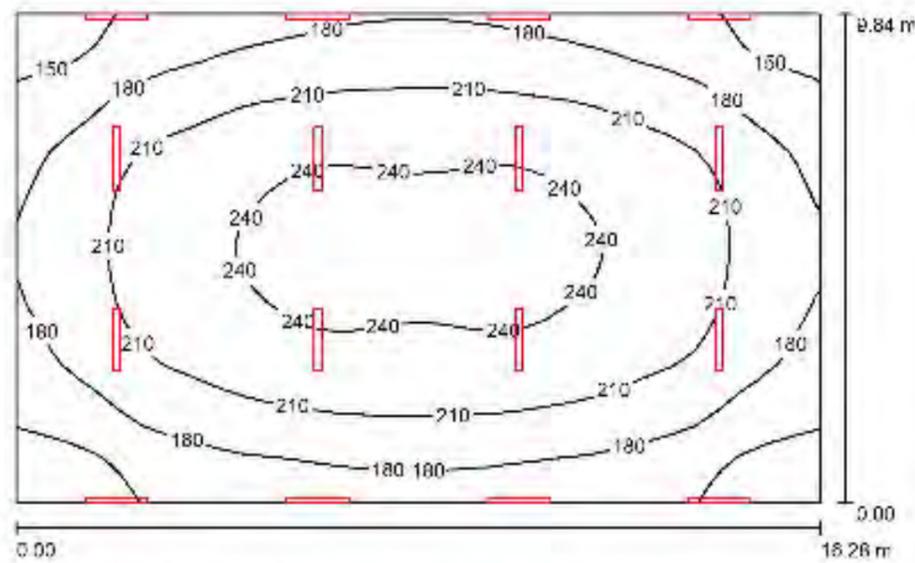
SALA BOMBEO

Rebombeo



Proyecto elaborado por CINGRAL
 Teléfono
 Fax
 e-Mail

REBOMBEO / Output en hoja simple



Altura del local: 6.000 m, Altura de montaje: 5.000 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:127

Superficie	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano útil	/	202	131	251	0.648
Suelo	27	183	120	229	0.654
Techo	70	147	93	303	0.638
Paredes (4)	47	173	104	857	/

Plano útil:

Altura: 0.850 m
 Trama: 32 x 32 Puntos
 Zona marginal: 0.000 m

Lista de piezas - Luminarias

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	Φ (Luminaria) [lm]	Φ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	16	PHILIPS TCW097 2xTL-D36W EBS_830 (1.000)	4485	6500	0.0
Total:			71760	104000	0.0

Valor de eficiencia energética: 0.00 W/m² = 0.00 W/m² / lx (Base: 160.26 m²)

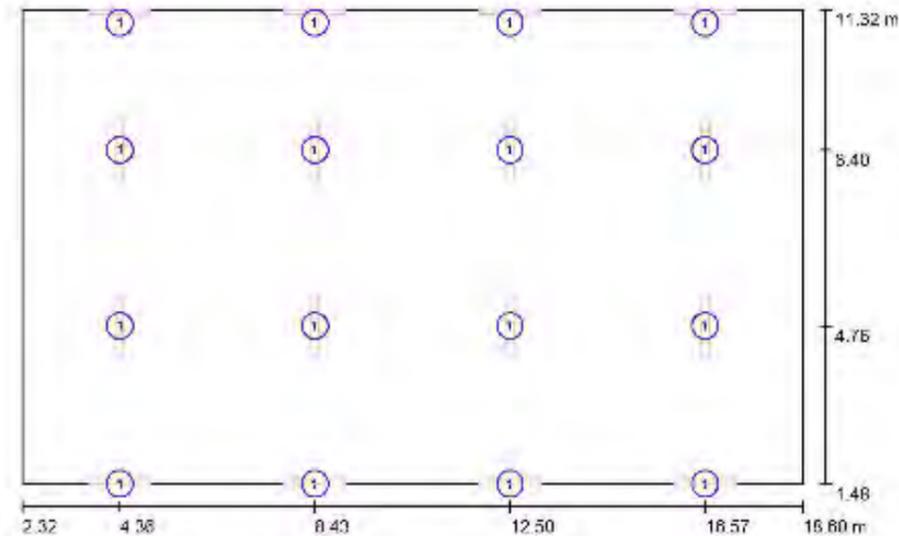
Ubicación Luminarias

EB2



Proyecto elaborado por CINGRAL
 Teléfono
 Fax
 e-Mail

EB2 / Luminarias (ubicación)



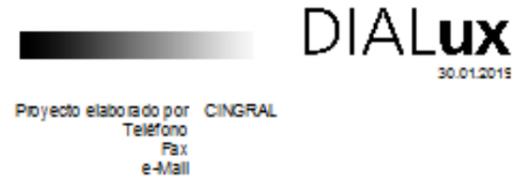
Escala 1 : 117

Lista de piezas - Luminarias

Nº	Pieza	Designación
1	16	PHILIPS TCW097 2xTL-D36W EBS_830

Resultados luminotécnicos

EB2



EB2 / Resultados luminotécnicos

Flujo luminoso total: 71760 lm
Potencia total: 0.0 W
Factor mantenimiento: 0.80
Zona marginal: 0.000 m

Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m²]
	directo	indirecto	total		
Plano útil	112	90	202	/	/
Suelo	97	86	183	27	16
Techo	76	70	147	70	33
Pared 1	93	80	173	47	26
Pared 2	93	78	170	47	25
Pared 3	98	79	177	47	27
Pared 4	93	75	168	47	25

Simetrías en el plano útil
E_{min} / E_m: 0.646 (1:2)
E_{min} / E_{max}: 0.522 (1:2)

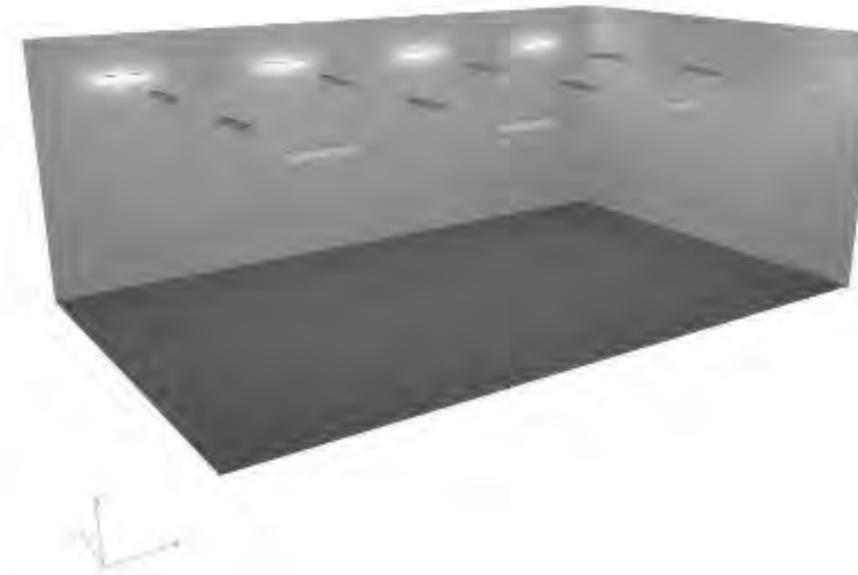
Valor de eficiencia energética: 0.00 W/m² = 0.00 W/m² / lx (Base: 160.26 m²)

Rendering procesado 3D

EB2



EB2 / Rendering (procesado) en 3D



ÍNDICE

APÉNDICE 3. AUTOMATIZACIÓN

1 GENERALIDADES	1
2 ESTACIÓN DE TURBINA-BOMBA	1
2.1 EQUIPOS INSTALADOS.....	1
2.2 ELEMENTOS A CONTROLAR	1
2.3 CONFIGURACIÓN NECESARIA	3
3 ESTACIÓN DE REBOMBEO	3
3.1 EQUIPOS INSTALADOS.....	3
3.2 ELEMENTOS A CONTROLAR	4
3.3 CONFIGURACIÓN NECESARIA	5
4 BALSAS BP1, BP2 Y BP3	6
4.1 EQUIPOS INSTALADOS.....	6
4.2 ELEMENTOS A CONTROLAR	6
4.3 CONFIGURACIÓN NECESARIA	7
5 COMUNICACIÓN	7
6 FUNCIONAMIENTO	8
6.1 ESTACIÓN DE TURBINA-BOMBA.....	8
6.1.1 VÁLVULAS MARIPOSA MOTORIZADA DE GUARDA.....	8
6.1.2 VÁLVULAS MARIPOSA MANUAL	8
6.1.3 FILTRO AUTOMÁTICO AUTOLIMPIABLE	8
6.1.4 FUNCIONAMIENTO DEL BOMBEO	8
6.2 ESTACIÓN DE REBOMBEO	9
6.2.1 VÁLVULAS MARIPOSA MANUAL	9
6.2.2 FUNCIONAMIENTO DEL BOMBEO	9
6.3 FUNCIONAMIENTO DEL CENTRO DE CONTROL	9
6.4 FUNCIONAMIENTO DE LAS VÁLVULAS MOTORIZADAS Y CAUDALÍMETROS EN LAS TOMAS DE FONDO DE LAS BALSAS	9

APÉNDICE 3. AUTOMATIZACIÓN

1 GENERALIDADES

El presente documento forma parte del "Proyecto de modernización integral de la comunidad de regantes Cartuja – San Juan. Sectores XII y XIII del Canal de Monegros (Huesca)", y tiene por objeto cumplir los requisitos establecidos en el Pliego de Bases para la Contratación de la Asistencia Técnica objeto del mencionado proyecto.

Las actuaciones planteadas consisten en la definición de las características de la Automatización que controlará la red de riego del regadío de la CR de Cartuja-San Juan (Huesca).

El sistema cuenta con los siguientes elementos:

- Estación de Turbina-bomba. Suministro fotovoltaico a autómatas y válvula motorizada
- Balsa BP1
- Balsa BP2
- Balsa BP3
- Estación de Rebombeo.
- Centro de Control. Situado en el núcleo urbano de San Juan del Flumen.

2 ESTACIÓN DE TURBINA-BOMBA Y Balsa BP1

2.1 EQUIPOS INSTALADOS

Los equipos instalados en la estación de bombeo serán los siguientes:

- 2 Turbinas Francis de eje horizontal.
- 2(+1 reserva) Bombas de cámara partida acopladas directamente a eje de turbina.
- 2 Caudalímetros, en admisión turbinas e impulsión
- 2 Transductores de presión, en admisión turbinas e impulsión a BP3.
- 2 Control de válvulas motorizadas de guarda en turbina, apertura o cierre total o parcial con control gradual según presión en colector y funcionamiento de las turbinas, control de motor y finales de carrera. Incluye control by-pass.
- 10 Finales de carrera NC, válvula mariposa Abierta
- 1 Finales de carrera NC, válvula alivio activa
- 1 Sensor de intrusismo en puerta acceso
- 1 Sensor de nivel por presión hidrostático.

- 1 Boya indicadora de nivel de máximo.
- PC con SCADA para control de la estación de bombeo y módulos remotos.

2.2 ELEMENTOS A CONTROLAR

Los parámetros a controlar en la Estación de Turbina-bomba y las entradas y salidas necesarias para cada elemento serán:

TURBINA

Elemento a controlar	Entradas/Salidas necesarias			
	ED	SD	EA	SA
Sonda Tª Devanados	0	0	3	0
Sonda Tª Rodamientos	0	0	2	0
Interruptor Automático	1	0	0	0
Automático/Manual	1	0	0	0
Marcha/Paro	0	1	0	0
Pulsador Emergencia	1	0	0	0
Apertura distribuidor	0	0	0	1
Velocidad giro eje turbina	0	0	1	0
Velocidad giro eje bomba	0	0	1	0
Vibraciones	0	0	1	0
Bloqueo	1	0	0	0
Sellado del eje. Temperatura	0	0	1	0
Sellado del eje. Presiones agua refrigeración	0	0	1	0
Sellado del eje. Presiones aceite refrigeración	0	0	1	0
Sistema oleohidráulico. Marcha/paro	0	1	0	0
Sistema oleohidráulico. Presión	0	0	1	0
Sistema oleohidráulico. Emergencia	1	0	0	0
TOTAL	5	2	12	1

MOTOBOMBAS

Elemento a controlar	Entradas/Salidas necesarias			
	ED	SD	EA	SA
Sonda Tª Devanados	0	0	3	0
Sonda Tª Rodamientos	0	0	2	0
Interruptor Automático	1	0	0	0
Automático/Manual	1	0	0	0
Marcha/Paro	0	1	0	0
Resistencia de Caldeo	0	1	0	0
Pulsador Emergencia	1	0	0	0
TOTAL	3	2	5	0

CAUDALÍMETRO

Elemento a controlar	Entradas/Salidas necesarias			
	ED	SD	EA	SA
Caudal	0	0	1	0
TOTAL	0	0	1	0

TRANSDUCTOR DE PRESIÓN

Elemento a controlar	Entradas/Salidas necesarias			
	ED	SD	EA	SA
Presión	0	0	1	0
TOTAL	0	0	1	0

VÁLVULA MARIPOSA MANUAL

Elemento a controlar	Entradas/Salidas necesarias			
	ED	SD	EA	SA
Válvula Mariposa Abierta	1	0	0	0
TOTAL	1	0	0	0

VÁLVULA MARIPOSA MOTORIZADA (VÁLVULA DE GUARDA EN TURBINA)

Elemento a controlar	Entradas/Salidas necesarias			
	ED	SD	EA	SA
Apertura válvula	0	1	0	0
Cierre válvula	0	1	0	0
Válvula Mariposa abierta	1	0	0	0
Válvula Mariposa cerrada	1	0	0	0
Selector Automático Válvula	1	0	0	0
Confirmación Abrir Válvula	1	0	0	0
Confirmación Cerrar Válvula	1	0	0	0
Limitador Par Abrir	1	0	0	0
Limitador Par Cerrar	1	0	0	0
Defecto Válvula	1	0	0	0
TOTAL	8	2	0	0

VÁLVULA HIDRÁULICA

Elemento a controlar	Entradas/Salidas necesarias			
	ED	SD	EA	SA
Válvula Hidráulica Abierta	1	0	0	0
Válvula Hidráulica Cerrada	1	0	0	0
Válvula Hidráulica Control	1	0	0	0
TOTAL	3	0	0	0

SENSOR INTRUSISMO

Elemento a controlar	Entradas/Salidas necesarias			
	ED	SD	EA	SA
Sensores de lámina (Anti-intrusión)	1	0	0	0
TOTAL	1	0	0	0

2.3 CONFIGURACIÓN NECESARIA

La configuración mínima de Entradas/Salidas que tendrá el PLC será:

Elemento a controlar	Entradas/Salidas Necesarias			
	ED	SD	EA	SA
MOTOBOMBA 1 KW	3	3	5	0
MOTOBOMBA 2 KW	3	3	5	0
MOTOBOMBA 3 KW	3	3	5	0
TURBINA (x2)	5	2	12	1
CAUDALÍMETRO	0	0	1	0
TRANSDUCTOR DE PRESIÓN (x2)	0	0	1	0
VÁLVULA MARIPOSA MOTORIZADA (x2)	8	2	0	0
VÁLVULA MARIPOSA MANUAL (x10)	1	0	0	0
VÁLVULA HIDRÁULICA ALIVIO	3	0	0	0
SENSOR INTRUSISMO	1	0	0	0
CONTROL BALSA BP1				
SENSOR DE NIVEL	0	0	1	0
BOYA DE NIVEL MÁXIMO	1	0	0	0
TOTAL	53	17	43	2

Para la conexión de las señales procedentes de la instrumentación de la estación de turbina-bomba como para el envío de órdenes a los elementos de maniobra, se utiliza un equipo de control basado en un autómata programable que realiza las siguientes funciones:

- Adquisición, tratamiento, supervisión y maniobra de señalización procedente de la instrumentación y equipos a controlar que componen la estación de turbina-bomba, a través de módulos de entradas/salidas digitales, analógicas y bus de campo.
- Comunicación mediante bus de campo, con protocolo Modbus RTU, con el modem radio para comunicación con las estaciones remotas ubicadas en las balsas BP1 y BP3, y el Centro de Control.
- Comunicación vía Ethernet con el SCADA del sistema turbina-bombeo, y vía radio con el PC del centro de control situado en el municipio de San Lorenzo del Flumen, en principio en la sede de la CR.

Los módulos mínimos necesarios para esta instalación son:

- CPU de 4.096 Kb de memoria de usuario interna, 3.584 Kb de memoria interna para el programa, puerto de programación USB, Puerto RS485/RS232 tipo RJ45, con protocolo MODBUS/RTU integrado para bus de datos y puerto Ethernet TCP, posibilidad de tarjeta de memoria de 8Mb para ampliación de memoria para registros del programa.
- 2 módulos de 32 Entradas Digitales
- 1 módulo de 32 Salidas Digitales
- 5 módulos de 8 Entradas Analógicas tipo ETemp.
- 1 módulo de 4 salidas analógicas
- 1 módulo de 8 Entradas analógicas
- Rack de 12 Emplazamientos
- 1 Fuente de Alimentación de 36W

Se prevé también la necesidad de:

- Consola de programación para introducir, modificar y supervisar el programa de usuario.
- Fuente de alimentación con baterías y paneles solares para alimentación de autómata y la consola.
- 1 Fuente de alimentación Redundantes 230/24Vcc
- Panel PC Universal – Flash Disk SSD 12". Procesador icore 3ª generación 827E cache 3MB, pantalla táctil de 12" LCD de color TFT con retroiluminación LED, resolución 1024x768 XGA, controlador de video Intel HD Graphics 3000, SO Ventanas 7 64 bits Ultimate Multilenguaje, memoria de 16 Gb RAM DDR3, disco flash disk >=60Gb SSD MLC. Puerto ethernet y conexiones integradas DVI, ethernet port 2 RJ45, USB 2.0 y 3.0, minijack y puertos COM
- Protecciones galvánicas
- Relés de mando
- Convertidor 24/12 Vcc para alimentación Unida maestra.
- Unidad Maestra Irrigation-IMU o similar.
- Antena Onmidireccional Colineal UHF, 3dB de ganancia, N Hembra, 405-455 MHz
- Protección de sobretensiones Nivel D.

3 ESTACIÓN DE REBOMBEO

3.1 EQUIPOS INSTALADOS

Los equipos instalados en la estación de bombeo serán los siguientes:

- 2 Motobombas. A piso 4, 2 de 22 kW.
- 2 Variadores de frecuencia con inductancia de línea y filtro dV/dt incluido.
- 1 Caudalímetro en la salida del colector al piso 4
- 2 Transductores de presión, en admisión e impulsión.

- 6 Finales de carrera NC, válvula mariposa Abierta
- 1 Finales de carrera NC, válvula alivio activa
- 1 Sensor de intrusismo en puerta acceso
- 1 sensor de termostato para temperatura ambiente edificio.
- 1 Control trafo.
- PC con SCADA para control de la estación de bombeo y módulos remotos.

3.2 ELEMENTOS A CONTROLAR

Los parámetros a controlar en la Estación de Rebombeo y las entradas y salidas necesarias para cada elemento serán:

GENERAL

Elemento a controlar	Entradas/Salidas necesarias			
	ED	SD	EA	SA
Parada de Emergencia General	1	0	0	0
Rearme de Bombeo	0	1	0	0
Sensores de lámina (Anti-intrusión)	2	0	0	0
Interruptor general	1	0	0	0
TOTAL	4	1	0	0

CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

Elemento a controlar	Entradas/Salidas necesarias			
	ED	SD	EA	SA
Seccionador General	1	0	0	0
Contador	1	0	0	0
Interruptor Transformador	1	0	0	0
Sensores de lámina (Anti-intrusión)	2	0	0	0
Alarma Tª transformador	1	0	0	0
TOTAL	6	0	0	0

CONDENSADOR REACTIVA. TRAF0 (vacío)

Elemento a controlar	Entradas/Salidas necesarias			
	ED	SD	EA	SA
Equipo activo	0	1	0	0
Equipo paro	0	1	0	0
TOTAL	0	2	0	0

MOTOBOMBAS

Elemento a controlar	Entradas/Salidas necesarias			
	ED	SD	EA	SA
Sonda Tª Devanados	0	0	3	0
Sonda Tª Rodamientos	0	0	2	0
Interruptor Automático	1	0	0	0
Automático/Manual	1	0	0	0
Marcha/Paro	0	1	0	0
Resistencia de Caldeo	0	1	0	0
Pulsador Emergencia	1	0	0	0
TOTAL	3	2	5	0

VARIADOR

Elemento a controlar	Entradas/Salidas necesarias			
	ED	SD	EA	SA
Consigna velocidad	0	0	0	1
Fin de Arranque	1	0	0	0
Fallo en variador	1	0	0	0
TOTAL	2	0	0	1

CAUDALÍMETRO

Elemento a controlar	Entradas/Salidas necesarias			
	ED	SD	EA	SA
Caudal	0	0	1	0
TOTAL	0	0	1	0

TRANSDUCTOR DE PRESIÓN

Elemento a controlar	Entradas/Salidas necesarias			
	ED	SD	EA	SA
Presión	0	0	1	0
TOTAL	0	0	1	0

VÁLVULA MARIPOSA MANUAL

Elemento a controlar	Entradas/Salidas necesarias			
	ED	SD	EA	SA
Válvula Mariposa Abierta	1	0	0	0
TOTAL	1	0	0	0

VÁLVULA HIDRÁULICA

Elemento a controlar	Entradas/Salidas necesarias			
	ED	SD	EA	SA
Válvula Hidráulica Abierta	1	0	0	0
Válvula Hidráulica Cerrada	1	0	0	0
Válvula Hidráulica Control	1	0	0	0
TOTAL	3	0	0	0

SENSOR INTRUSISMO

Elemento a controlar	Entradas/Salidas necesarias			
	ED	SD	EA	SA
Sensores de lámina (Anti-intrusión)	1	0	0	0
TOTAL	1	0	0	0

SENSOR TEMPERATURA CASETA CUADROS

Elemento a controlar	Entradas/Salidas necesarias			
	ED	SD	EA	SA
Sonda temperatura	0	0	1	0
TOTAL	0	0	1	0

3.3 CONFIGURACIÓN NECESARIA

La configuración mínima de Entradas/Salidas que tendrá el PLC será:

Elemento a controlar	Entradas/Salidas Necesarias			
	ED	SD	EA	SA
GENERAL	4	2	0	0
CENTRO DE TRANSFORMACIÓN	6	0	0	0
MOTOBOMBA 1 22 KW	3	3	5	0
MOTOBOMBA 2 22 KW	3	3	5	0
VARIADOR (x2)	2	0	0	1
CONDENSADORES	0	2	0	0
CAUDALÍMETRO	0	0	1	0
TRANSDUCTOR DE PRESIÓN (x2)	0	0	1	0
VÁLVULA MARIPOSA MANUAL (x6)	1	0	0	0
VÁLVULA HIDRÁULICA ALIVIO	3	0	0	0

Elemento a controlar	Entradas/Salidas Necesarias			
	ED	SD	EA	SA
SENSOR INTRUSISMO	1	0	0	0
SENSOR TERMOSTATO	0	0	1	0
TOTAL	30	10	14	2

Para la conexión de las señales procedentes de la instrumentación de la estación de bombeo como para el envío de órdenes a los elementos de maniobra, se utiliza un equipo de control basado en un autómatas programable que realiza las siguientes funciones:

- Adquisición, tratamiento, supervisión y maniobra de señalización procedente de la instrumentación y equipos a controlar que componen la estación de bombeo, a través de módulos de entradas/salidas digitales, analógicas y bus de campo.
- Comunicación mediante bus de campo, con protocolo Modbus RTU, con el analizador de redes, arrancadores, variadores, control de transformador y modem radio para comunicación con las estaciones remotas ubicadas en las balsas 1, 2 y 3, y el Centro de Control.
- Comunicación vía Ethernet con el SCADA del bombeo, y vía radio con el PC del centro de control situado en el municipio de San Juan de Flumen, en principio en la sede de la CR.

Los módulos mínimos necesarios para esta instalación son:

- CPU de 4.096 Kb de memoria de usuario interna, 3.584 Kb de memoria interna para el programa, puerto de programación USB, Puerto RS485/RS232 tipo RJ45, con protocolo MODBUS/RTU integrado para bus de datos y puerto Ethernet TCP, posibilidad de tarjeta de memoria de 8Mb para ampliación de memoria para registros del programa.
- 1 módulos de 32 Entradas Digitales
- 1 módulo de 32 Salidas Digitales
- 2 módulos de 8 Entradas Analógicas tipo ETemp.
- 1 módulo de 4 salidas analógicas
- 1 módulo de 8 Entradas analógicas
- Rack de 12 Emplazamientos
- 1 Fuente de Alimentación de 36W

Se prevé también la necesidad de:

- SAI de 2.2 KVA

- 1 Fuente de alimentación Redundantes 230/24Vcc
- Panel PC Universal – Flash Disk SSD 12". Procesador icore 3ª generación 827E cache 3MB, pantalla táctil de 12" LCD de color TFT con retroiluminación LED, resolución 1024x768 XGA, controlador de video Intel HD Graphics 3000, SO Ventanas 7 64 bits Ultimate Multilenguaje, memoria de 16 Gb RAM DDR3, disco flash disk >=60Gb SSD MLC. Puerto ethernet y conexiones integradas DVI, ethernet port 2 RJ45, USB 2.0 y 3.0, minijack y puertos COM
- PC con Windows 10, con procesador Core-Duo 3GHz de 4Gb RAM, disco duro de 250 Gb, tarjeta gráfica de 512 Mb y monitor de 22". Un PC Servidor con procesador Quad-core Xeon de 4 Gb de RAM disco duro redundante de 145 Gb con Cintas DAT72 de copia de seguridad.
- Impresora láser a color.
- SAI de 1900 VA
- Protecciones galvánicas
- Relés de mando
- Convertidor 24/12 Vcc para alimentación Unida maestra.
- Unidad Maestra Irrimation-IMU o similar.
- Antena Onmidireccional Colineal UHF, 3dB de ganancia, N Hembra, 405-455 MHz
- Protección de sobretensiones Nivel D.

4 BALSAS BP2, BP3 y EMBALSE SAN JUAN

4.1 EQUIPOS INSTALADOS

Los equipos instalados en la balsa BP3 y Embalse San Juan serán los siguientes:

- 1 Sensor de lámina en puerta de la arqueta.
- 1 Válvula motorizada, con alimentación fotovoltaica.
- 1 Caudalímetro electromagnético, con alimentación fotovoltaica.
- 1 Sensor de nivel por presión hidrostático.
- 1 Boya indicadora de nivel de máximo.

Los equipos instalados en la balsa BP2 serán los siguientes:

- 1 Válvula motorizada, con alimentación fotovoltaica.
- 1 Caudalímetro electromagnético, con alimentación fotovoltaica.
- 1 Sensor de nivel por presión hidrostático.
- 1 Boya indicadora de nivel de máximo.
- 1 Filtro automático autolimpiable, tipo W, con alimentación fotovoltaica.

4.2 ELEMENTOS A CONTROLAR

Los parámetros a controlar en la Estación de bombeo y las entradas y salidas necesarias para cada elemento serán:

SENSOR DE NIVEL

Elemento a controlar	Entradas/Salidas necesarias			
	ED	SD	EA	SA
Nivel de balsa	0	0	1	0
TOTAL	0	0	1	0

CAUDALÍMETRO

Elemento a controlar	Entradas/Salidas necesarias			
	ED	SD	EA	SA
Caudal	0	0	1	0
TOTAL	0	0	1	0

BOYA DE MÁXMO

Elemento a controlar	Entradas/Salidas necesarias			
	ED	SD	EA	SA
Alarma nivel máximo balsa	1	0	0	0
TOTAL	1	0	0	0

SENSOR LÁMINA PUERTA

Elemento a controlar	Entradas/Salidas necesarias			
	ED	SD	EA	SA
Puerta Arqueta Abierta	1	0	0	0
TOTAL	1	0	0	0

FILTRO AUTOMÁTICO AUTOLIMPIABLE

Elemento a controlar	Entradas/Salidas necesarias			
	ED	SD	EA	SA
Filtro en fallo	1	0	0	0
TOTAL	1	0	0	0

VÁLVULA MARIPOSA MOTORIZADA

Elemento a controlar	Entradas/Salidas necesarias			
	ED	SD	EA	SA
Válvula Mariposa abierta	1	0	0	0
Válvula Mariposa cerrada	1	0	0	0
TOTAL	2	0	0	0

4.3 CONFIGURACIÓN NECESARIA

La configuración mínima de Entradas/Salidas que tendrá el PLC para la Balsa BP3 y el Embalse San Juan será:

Elemento a controlar	Entradas/Salidas Necesarias			
	ED	SD	EA	SA
SENSOR DE NIVEL	0	0	1	0
BOYA DE NIVEL MÁXIMO	1	0	0	0
SENSOR LÁMINA PUERTA	1	0	0	0
VÁLVULA MARIPOSA MOTORIZADA	2	0	0	0
CAUDALÍMETRO	0	0	1	0
TOTAL	4	0	2	0

La configuración mínima de Entradas/Salidas que tendrá el PLC para la Balsa BP2 será:

Elemento a controlar	Entradas/Salidas Necesarias			
	ED	SD	EA	SA
SENSOR DE NIVEL	0	0	1	0
BOYA DE NIVEL MÁXIMO	1	0	0	0
VÁLVULA MARIPOSA MOTORIZADA	2	0	0	0
CAUDALÍMETRO	0	0	1	0
FILTRO AUTOLIMPIABLE	1	0	0	0
TOTAL	4	0	2	0

Para la conexión de las señales procedentes de la instrumentación de las balsas BP2, BP3 y Embalse San Juan, como para el envío de órdenes a los elementos de maniobra, se utiliza un equipo de control basado en un pequeño módulo remoto que realiza las siguientes funciones:

- Adquisición, tratamiento, supervisión y maniobra de señalización procedente de la instrumentación y equipos a controlar que componen la balsa, a través de módulos de entradas/salidas digitales, analógicas integradas en el propio módulo.
- Comunicación con la estación de turbina-bomba vía Radio.

Los módulos mínimos necesarios para esta instalación para las balsas BP2 y BP3, y el embalse de San Juan son:

- Unidad Remota Radio con 4 entradas digitales y 2 entradas analógicas y con comunicación vía radio con protocolo Modbus RTU con estación de bombeo.

Los Equipos al ser estancos con IP66, se montarán directamente en el interior de las arquetas sin necesidad de montaje en el interior de un cuadro.

5 COMUNICACIÓN

Habrán diferentes sistemas de comunicaciones:

COMUNICACIÓN RADIO

El sistema de comunicación de los equipos remotos con la estación de turbina-bomba y la de rebombeo se realizará mediante el envío y recepción de señales de radio. En los equipos remotos el módulo propuesto lleva integrada la comunicación vía radio. Del mismo modo, entre estos y el rebombeo y el Centro de Control ubicado en el municipio de San Juan de Flumen existirá conexión vía radio, desde donde se visualizará y gestionará telemáticamente toda la instalación (bombeo, balsas, tomas, red de riego, etc...).

Las comunicaciones con la unidad maestra (Concentradora) de la estación de turbina-bomba, se realizarán mediante comunicación Modbus RTU, y se unirán a una red Modbus RTU interior y se comunicarán con el PLC que procesará y gestionará las señales que le llegan de estos módulos remotos vía Unidad Maestra.

Este sistema es escalable, ya que la unidad maestra soporta hasta 128 módulos remotos, para futuras ampliaciones, con la condición que los módulos remotos deberán comunicar mediante el mismo protocolo Modbus RTU.

Dentro de este sistema la unidad maestra actuará como Maestra de las unidades Remotas, y a su vez como esclava del PLC de la Estación de turbina-bomba.

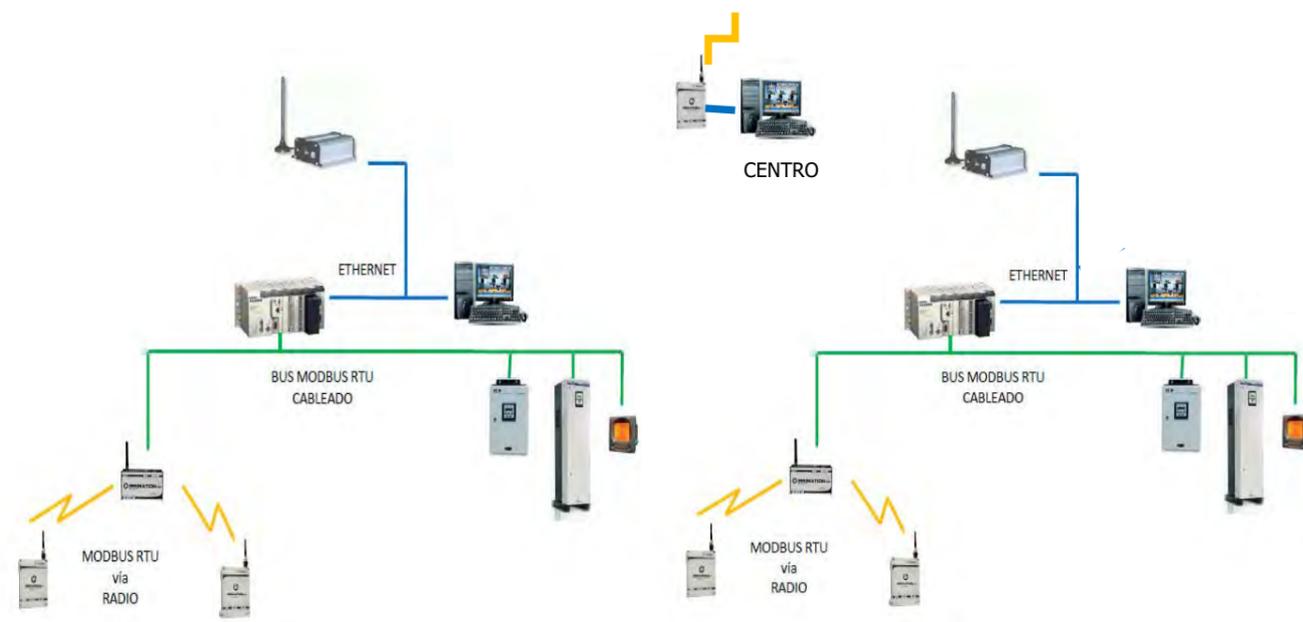
COMUNICACIÓN BUS DE CAMPO

En el caso del rebombeo para la comunicación del analizador de redes, arrancadores, variadores y centro de transformación, y el PLC, se prevé una red Modbus RTU. En este caso el PLC será el maestro de la red, siendo los demás equipos esclavos suyos. Para ello se prevén 2 switches de 8 bocas RJ45 para la intercomunicación.

En el caso de la instalación de turbina-bomba el autómatas recibirá y gestionará todas las señales de los equipos así como de las infraestructuras dependientes. Para ello se prevén 2 switches de 8 bocas RJ45 para la intercomunicación.

COMUNICACIÓN ETHERNET TCP

Se prevé la instalación de una red Ethernet que comunicará los PLC con el PC con el SCADA del edificio turbina-bomba y de rebombeo, y desde estos, y a través de una comunicación vía radio, comunicará con el Centro de Control ubicado en el municipio de San Juan del Flumen. En el rebombeo se incorporará un Modem GSM para otras comunicaciones. Para ello se prevé un switch Ethernet y una maestra radio tanto en la EB como en el Centro de Control.



Las comunicaciones entre sensores y elementos de control con el autómatas se realizarán vía cable de comunicaciones apantallado.

6 FUNCIONAMIENTO

6.1 ESTACIÓN DE TURBINA-BOMBA

6.1.1 VÁLVULAS MARIPOSA MOTORIZADA DE GUARDA

Será la encargada de controlar el caudal y la presión disponible en el sistema turbina-bomba. La apertura de esta válvula podrá ser total o parcial, debiendo ser capaz de regular la apertura o el cierre de la válvula en función de la presión existente en el colector y de la demanda de la turbina. Estos valores serán configurables por el usuario desde el SCADA. Tendrá accionamiento hidráulico e incorporará un by-pass motorizado con accionamiento hidráulico para compensar presiones en la fase de apertura de la válvula de guarda.

6.1.2 VÁLVULAS MARIPOSA MANUAL

Se colocarán válvulas manuales de tipo mariposa a la entrada de las turbinas, y a la entrada y salida de cada una de las bombas a la balsa BP3, así como de la válvula de alivio. Estas válvulas serán del tipo todo/nada, y de ellas se conocerá su estado, mediante un único final de carrera en cada una de las válvulas, el cual será del tipo NC, el cual indicará mediante falta de señal que la válvula está abierta. En el momento que se manipule dicha válvula y no se encuentre abierta, el PLC tendrá conocimiento mediante dicho Final de Carrera. También se señalará luminosamente en el armario y saltará una advertencia en el SCADA.

6.1.3 FILTRO AUTOMÁTICO AUTOLIMPIABLE

Estará situado en el colector de admisión del sistema turbina-bomba, justo al inicio de la tubería, para ser más concretos estará alojado en la arqueta de toma de fondo de la balsa BP2. Este equipo permitirá tener agua filtrada tanto en la balsa BP1 como en la BP3, y a su vez en las redes de los pisos 1, 2, 3 y 4. Desde el SCADA se controlará el funcionamiento del mismo, diferencial de presión y tiempo para su activación, estado, y funcionamiento manual o automático, pudiendo ponerlo en marcha o no desde el SCADA.

6.1.4 FUNCIONAMIENTO DEL BOMBEO

El funcionamiento general de la instalación se resume de la siguiente manera. Hay un colector de aspiración y un colector de impulsión. El colector de aspiración además de tener la función de aspiración de las bombas, abastecerá a las turbinas, para luego verter el agua que pase por las turbinas a la balsa

BP1. El colector de impulsión a la balsa 3 será bidireccional, permitiendo el llevado de la balsa BP3, y a su vez el suministro a la red de riego del Piso 3 y al rebombeo al Piso 4.

Para que esto suceda, será condición indispensable, que las válvulas mariposa de entrada a las turbinas y a las bombas del piso 3, estén completamente abiertas, así como las de salida de dichas bombas. También deberá estar abierta la válvula situada antes del filtro de mariposa y abierta la válvula de impulsión a la balsa BP3. Además de esto, las protecciones y los demás equipos de los que dependen deberán estar correctos. Si alguna de estas condiciones no se produjesen, no se pondrían en marcha las bombas cuyas protecciones y válvulas no estuviesen en la posición correcta, y ninguna de ellas si las válvulas del colector de aspiración estuviesen cerradas, ni en manual ni automático.

6.2 ESTACIÓN DE REBOMBEO

6.2.1 VÁLVULAS MARIPOSA MANUAL

Se colocarán válvulas manuales de tipo mariposa en la admisión de las bombas al piso 4, el colector de admisión, el by-pass y la válvula de alivio. Estas válvulas serán del tipo todo/nada, y de ellas se conocerá su estado, mediante un único final de carrera en cada una de las válvulas, el cual será del tipo NC, el cual indicará mediante falta de señal que la válvula está abierta. En el momento que se manipule dicha válvula y no se encuentre abierta, el PLC tendrá conocimiento mediante dicho Final de Carrera. También se señalará luminosamente en el armario y saltará una advertencia en el SCADA.

6.2.2 FUNCIONAMIENTO DEL BOMBEO

El funcionamiento general de la instalación se resume de la siguiente manera. Hay un colector de aspiración y un colector de impulsión. El colector de admisión coge el agua de la tubería de impulsión a la balsa BP3, la cual tiene la doble función de impulsión y distribución. El bombeo se prevé sea abastecido por gravedad desde la balsa BP3.

Como decimos las bombas al piso 4, aspirarán agua de la balsa BP3, desde el colector de impulsión de la balsa BP3, y la impulsarán por medio del colector de impulsión de piso 4 a la red de riego.

Para que esto suceda será condición indispensable, que las válvulas mariposa de entrada a las bombas estén completamente abiertas, también deberá estar abierta la válvula de la Balsa BP3. Además de esto, las protecciones y los demás equipos de los que dependen deberán estar correctos. Si alguna de estas condiciones no se produjesen, no se pondrían en marcha las bombas cuyas protecciones y válvulas no estuviesen en la posición correcta, y ninguna de ellas si la válvula de la Balsa BP3 estuviese cerrada,

ni en manual ni automático. En el caso de que el bombeo a la balsa BP3 estuviera activo, y la válvula de entrada a la balsa BP3 estuviera cerrada, y existiera demanda de riego en el piso 4, el rebombeo podría activarse ya que las bombas estarían alimentadas por el sistema turbina-bomba.

6.3 FUNCIONAMIENTO DEL CENTRO DE CONTROL

El sistema dispondrá de un centro de control local ubicado en el municipio de San Juan de Flumen para la supervisión y control de la estación turbina-bomba, la estación de rebombeo y de las unidades remotas de las balsas. Y, en su momento, también del telecontrol.

El Centro de control local, estará basado en una arquitectura compuesta por un PC, en el cual estará instalado el software de supervisión, control y adquisición de datos (SCADA). También habrá un modem GSM para el envío de SMS de alarmas.

6.4 FUNCIONAMIENTO DE LAS VÁLVULAS MOTORIZADAS Y CAUDALÍMETROS EN LAS TOMAS DE FONDO DE LAS BALSAS

En el caso de las balsas se ha previsto la instalación de válvulas motorizadas, gobernadas por un autómata, el cual, en función del caudal de paso por el caudalímetro, y de cambios súbitos en el caudal de paso pueda accionar el mecanismo de cierre de las válvulas. Este mecanismo se plantea para evitar daños por inundaciones en caso de roturas en las tuberías de la red de riego.

Para ello se motorizará la válvula prevista en la tubería de fondo, ubicada en la arqueta de fondo. Esta válvula quedará gobernada por un autómata que, en función de las lecturas de caudales proporcionadas por el caudalímetro que se instalarán aguas abajo, cerrará la válvula, evitando que se vacíe la balsa.

En la lectura del caudalímetro el autómata tendrá en cuenta tanto el caudal instantáneo como el aumento súbito de caudal, indicador de una posible rotura en la red.

El estado de la válvula y del caudal será remitido al centro de control a través de la remota existente en la balsa.

En estos casos, al no existir suministro eléctrico convencional, se prevé la instalación de un sistema autónomo de alimentación con placas solares y baterías, que dotará de suministro en corriente continua tanto a la válvula motorizada como al caudalímetro y al autómata. El autómata además incorporará la apertura y cierre manual para la realización de pruebas y puesta a punto.

ÍNDICE

APÉNDICE 4. CÁLCULOS ELÉCTRICOS. B.T. TURBINA-BOMBA CON GRUPO ELECTROGENERADOR

1. FÓRMULAS	1
1.1. FÓRMULAS GENERALES.....	1
1.2. FÓRMULA CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA.....	1
1.3. FÓRMULAS SOBRECARGAS	1
1.4. FÓRMULAS COMPENSACIÓN ENERGÍA REACTIVA.....	2
1.5. FÓRMULAS CORTOCIRCUITO	2
1.6. FÓRMULAS EMBARRADOS.....	3
2. DEMANDA DE POTENCIAS	3
3. CÁLCULOS ELÉCTRICOS	4
3.1. CÁLCULO DE LA LÍNEA: GRUPO ELECTROGENERADOR	4
3.2. CÁLCULO DE LA LÍNEA: BOMBA 3.....	5
3.3. CÁLCULO DE LA LÍNEA: BOMBA 2.....	5
3.4. CÁLCULO DE LA LÍNEA: BOMBA 1.....	5
3.5. CÁLCULO DE LA LÍNEA: LINEA AUTOMATISMOS	6
3.5.1. CÁLCULO DE LA LÍNEA: FA 24VCC	6
3.5.2. CÁLCULO DE LA LÍNEA: AUTÓMATA.....	6
3.6. CÁLCULO DE LA LÍNEA: ALUMBRADO.....	7
3.6.1. CÁLCULO DE LA LÍNEA: AL CUADROS	7
3.6.2. CÁLCULO DE LA LÍNEA: EM CUADROS.....	7
3.6.3. CÁLCULO DE LA LÍNEA: AL.BOMBEO.1	8
3.6.3.1. CÁLCULO DE LA LÍNEA: PARED NE	8
3.6.3.2. CÁLCULO DE LA LÍNEA: CENTRAL NE.....	8
3.6.4. CÁLCULO DE LA LÍNEA: AL.BOMBEO.2	8
3.6.4.1. CÁLCULO DE LA LÍNEA: CENTRAL NO	9
3.6.4.2. CÁLCULO DE LA LÍNEA: PARED NO	9
3.6.5. CÁLCULO DE LA LÍNEA: AL EMERGENCIA	9
3.6.5.1. CÁLCULO DE LA LÍNEA: AL.EM. NE	10
3.6.5.2. CÁLCULO DE LA LÍNEA: AL.EM. NO.....	10
3.6.6. CÁLCULO DE LA LÍNEA: CAUDALIMETROS	10
3.6.6.1. CÁLCULO DE LA LÍNEA: CAUDALIMETRO ADM	11
3.6.6.2. CÁLCULO DE LA LÍNEA: CAUDALIMETRO IMP	11

3.6.7. CÁLCULO DE LA LÍNEA: RESIST CALDEO.....	11
3.6.7.1. CÁLCULO DE LA LÍNEA: RB1	11
3.6.7.2. CÁLCULO DE LA LÍNEA: RB2	12
3.6.7.3. CÁLCULO DE LA LÍNEA: RB3	12
3.6.8. CÁLCULO DE LA LÍNEA: PUENTE GRÚA	12
3.6.9. CÁLCULO DE LA LÍNEA: G. OLEOHIDRÁULICOS	13
3.6.9.1. CÁLCULO DE LA LÍNEA: G.OLEOHIDRÁULICO 1A	13
3.6.9.2. CÁLCULO DE LA LÍNEA: G.OLEOHIDRÁULICO 1B	13
3.6.9.3. CÁLCULO DE LA LÍNEA: G.OLEOHIDRÁULICO 2A	14
3.6.9.4. CÁLCULO DE LA LÍNEA: G.OLEOHIDRÁULICO 2B	14
3.7. CÁLCULO DE EMBARRADO DESCARGA DIRECTA GRUPO.....	14
4. TABLAS DE RESULTADOS	15
5. CÁLCULO DE LA PUESTA A TIERRA	16
6. CÁLCULO ILUMINACIÓN	17

APÉNDICE 4. CÁLCULOS ELÉCTRICOS. B.T. TURBINA-BOMBA CON GRUPO ELECTROGENERADOR

1. FÓRMULAS

1.1. FÓRMULAS GENERALES

Emplearemos las siguientes:

Sistema trifásico

$$I = \frac{Pc}{\sqrt{3} \times U \times \cos\varphi}$$

$$e = \frac{P \times L}{k \times S \times U \times n}$$

Sistema monofásico

$$I = \frac{Pc}{U \times \cos\varphi}$$

$$e = \frac{2 \times P \times L}{k \times S \times U \times n}$$

En donde:

Pc = Potencia de cálculo (W).

L = Longitud de cálculo en (m).

e = Caída de tensión en (V).

K = Conductividad.

I = Intensidad en (A).

U = Tensión de servicio, trifásica ó monofásica, (V).

S = Sección del conductor en (mm²).

Cos φ = Coseno de φ, factor de potencia.

n = Nº de conductores por fase.

1.2. FÓRMULA CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA

$$k = \frac{1}{\rho}$$

$$\rho = \rho_{20} [1 + \alpha(T - 20)]$$

$$T = T_0 + \left[(T_{\max} - T_0) \left(\frac{I}{I_{\max}} \right)^2 \right]$$

Siendo,

K = Conductividad del conductor a la temperatura T.

ρ = Resistividad del conductor a la temperatura T.

ρ₂₀ = Resistividad del conductor a 20°C.

Cu = 0.018

Al = 0.029

α = Coeficiente de temperatura:

Cu = 0.00392

Al = 0.00403

T = Temperatura del conductor (°C).

T₀ = Temperatura ambiente, condiciones normales (°C):

Cables enterrados = 25°C (ITC-BT-07 3.1.2.1.)

Cables al aire = 40°C (ITC-BT-06 4.2.1.)

T_{max} = Temperatura máxima admisible del conductor (°C): (ITC-BT-07 Tabla 2)

XLPE, EPR = 90°C

PVC = 70°C

I = Intensidad prevista por el conductor (A).

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

1.3. FÓRMULAS SOBRECARGAS

$$I_b \leq I_n \leq I_z$$

$$I_2 \leq 1,45 I_z$$

Donde:

Ib: intensidad utilizada en el circuito.

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

In: intensidad nominal del dispositivo de protección. Para los dispositivos de protección regulables, In 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 In como máximo).
- a la intensidad de fusión en el tiempo convencional, para los fusibles (1,6 In).

1.4. FÓRMULAS COMPENSACIÓN ENERGÍA REACTIVA

$$\cos \varphi = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}}$$

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{Q}{P}$$

$$Q_c = P \times (\operatorname{tg} \varphi_1 - \operatorname{tg} \varphi_2)$$

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

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

Siendo:

P = Potencia activa instalación (kW).

Q = Potencia reactiva instalación (kVAr).

Qc = Potencia reactiva a compensar (kVAr).

φ_1 = Angulo de desfase de la instalación sin compensar.

φ_2 = Angulo de desfase que se quiere conseguir.

U = Tensión compuesta (V).

$\omega = 2\pi \times f$; f = 50 Hz.

C = Capacidad condensadores (F)

1.5. FÓRMULAS CORTOCIRCUITO

$$* I_{pccI} = C_t U / \sqrt{3} Z_t$$

Siendo,

I_{pccI}: intensidad permanente de c.c. en inicio de línea en kA.

C_t: Coeficiente de tensión.

U: Tensión trifásica en V.

Z_t: Impedancia total en mohm, aguas arriba del punto de c.c. (sin incluir la línea o circuito en estudio).

$$* I_{pccF} = C_t U_f / 2 Z_t$$

Siendo,

I_{pccF}: Intensidad permanente de c.c. en fin de línea en kA.

C_t: Coeficiente de tensión.

U_f: Tensión monofásica en V.

Z_t: Impedancia total en mohm, incluyendo la propia de la línea o circuito (por tanto es igual a la impedancia en origen mas la propia del conductor o línea).

* La impedancia total hasta el punto de cortocircuito será:

$$Z_t = (R_t^2 + X_t^2)^{1/2}$$

Siendo,

R_t: R₁ + R₂ + + R_n (suma de las resistencias de las líneas aguas arriba hasta el punto de c.c.)

X_t: X₁ + X₂ + + X_n (suma de las reactancias de las líneas aguas arriba hasta el punto de c.c.)

$$R = L \cdot 1000 \cdot C_R / K \cdot S \cdot n \quad (\text{mohm})$$

$$X = X_u \cdot L / n \quad (\text{mohm})$$

R: Resistencia de la línea en mohm.

X: Reactancia de la línea en mohm.

L: Longitud de la línea en m.

C_R: Coeficiente de resistividad.

K: Conductividad del metal.

S: Sección de la línea en mm².

X_u: Reactancia de la línea, en mohm por metro.

n: nº de conductores por fase.

$$* t_{mcc} = C_c \cdot S^2 / I_{pcc}^2$$

Siendo,

t_{mcc} : Tiempo máximo en sg que un conductor soporta una I_{pcc} .

C_c = Constante que depende de la naturaleza del conductor y de su aislamiento.

S: Sección de la línea en mm².

I_{pcc} : Intensidad permanente de c.c. en fin de línea en A.

$$* t_{ficc} = cte. fusible / I_{pcc}^2$$

Siendo,

t_{ficc} : tiempo de fusión de un fusible para una determinada intensidad de cortocircuito.

I_{pcc} : Intensidad permanente de c.c. en fin de línea en A.

$$* L_{max} = 0,8 U_F / 2 \cdot I_{F5} \cdot \sqrt{(1,5 / K \cdot S \cdot n)^2 + (X_u / n \cdot 1000)^2}$$

Siendo,

L_{max} : Longitud máxima de conductor protegido a c.c. (m) (para protección por fusibles)

U_F : Tensión de fase (V)

K: Conductividad

S: Sección del conductor (mm²)

X_u : Reactancia por unidad de longitud (mohm/m). En conductores aislados suele ser 0,1.

n: nº de conductores por fase

$C_t = 0,8$: Es el coeficiente de tensión.

$C_R = 1,5$: Es el coeficiente de resistencia.

I_{F5} = Intensidad de fusión en amperios de fusibles en 5 sg.

* Curvas válidas.(Para protección de Interruptores automáticos dotados de Relé electromagnético).

CURVA B	IMAG = 5 In
CURVA C	IMAG = 10 In
CURVA D Y MA	IMAG = 20 In

1.6. FÓRMULAS EMBARRADOS

Cálculo electrodinámico

$$\sigma_{max} = I_{pcc}^2 \cdot L^2 / (60 \cdot d \cdot W_y \cdot n)$$

Siendo,

σ_{max} : Tensión máxima en las pletinas (kg/cm²)

I_{pcc} : Intensidad permanente de c.c. (kA)

L: Separación entre apoyos (cm)

d: Separación entre pletinas (cm)

n: nº de pletinas por fase

W_y : Módulo resistente por pletina eje y-y (cm³)

σ_{adm} : Tensión admisible material (kg/cm²)

Comprobación por solicitud térmica en cortocircuito

$$I_{ccs} = K_c \cdot S / (1000 \cdot \sqrt{t_{cc}})$$

Siendo,

I_{pcc} : Intensidad permanente de c.c. (kA)

I_{ccs} : Intensidad de c.c. soportada por el conductor durante el tiempo de duración del c.c. (kA)

S: Sección total de las pletinas (mm²)

t_{cc} : Tiempo de duración del cortocircuito (s)

K_c : Constante del conductor: Cu = 164, Al = 107

2. DEMANDA DE POTENCIAS

La potencia total instalada corresponde a los siguientes consumos:

CUADRO GENERAL DE MANDO Y PROTECCIÓN

- Potencia total instalada:

BOMBA 3	160000 W
BOMBA 2	160000 W
BOMBA 1	160000 W
LINEA AUTOMATISMOS	1760 W
EM CUADROS	8 W
PARED NE	288 W
CENTRAL NE	288 W

CENTRAL NO	288 W
PARED NO	216 W
AL.EM. NE	8 W
AL.EM. NO	8 W
CAUDALIMETRO ADM	150 W
CAUDALIMETRO IMP	150 W
RB1	150 W
RB2	150 W
RB2	150 W
PUENTE GRÚA	5000 W
G.OLEOHIDRÁULICO 1A	4000 W
G.OLEOHIDRÁULICO 1B	4000 W
G.OLEOHIDRÁULICO 2A	4000 W
G.OLEOHIDRÁULICO 2B	4000 W
TOTAL....	504614 W

- Potencia Instalada Alumbrado (W): 1104
- Potencia Instalada Fuerza (W): 503510
- Potencia Máxima Admisible (kVA): 500

Todo esto conduce a una potencia instalada de 504,614 kW repartida entre los distintos usos como se refleja en el siguiente cuadro:

USO	POTENCIA
Fuerza Bombeo	23,510 kW
Alumbrado Bombeo	1,104 kW
Bombeo	480,000 kW
TOTAL	483,614 kW

En el caso de la instalación de la Estación de Bombeo, se considera un factor de simultaneidad de 1 para el alumbrado y 0,8 para fuerza, tan solo dos de las tres bombas podrán funcionar a la vez, y se añade un 25% de la potencia de la bomba mayor.

Con estas consideraciones, la potencia transportada es la siguiente: 315,912 kW.

Tomando un factor de potencia de 0,8 (razonable en instalaciones con grupo electrogenerador), para la potencia transportada indicada con anterioridad, se obtiene la siguiente potencia aparente: 394,89 kVA.

Estimando un ratio de funcionamiento de entorno al 70% para el grupo electrogenerador, y teniendo en cuenta que para el cálculo de potencias se ha adoptado la potencia nominal del motor en lugar de la potencia real absorbida, que se sitúa un 15% por debajo de la nominal, se plantea la instalación de un grupo electrogenerador de 500 kVA/400 V.

3. CÁLCULOS ELÉCTRICOS

Para los cálculos eléctricos se tomarán como base las condiciones más desfavorables, las cuales provocarán mayores caídas de tensión, obviándose el resto de los cálculos por entender que si cumplen unas, las demás también se ajustan a los criterios de funcionalidad establecidos.

De acuerdo con la ITC-BT-19 del R.E.B.T., en su apartado 2.2.2., la sección de los conductores a utilizar se determinará de forma que la caída de tensión entre el origen de la instalación y cualquier punto de utilización, sea menor del 4,5% de la tensión nominal en el origen de la instalación para alumbrado (siendo 1,5% la caída de tensión permitida por la acometida y un 3% la de la instalación interior), y del 6,5% para los demás usos (siendo 1,5% la caída de tensión permitida por la acometida y un 5% la de la instalación interior). Esta caída de tensión se calculará considerando alimentados todos los aparatos de utilización susceptibles de funcionar simultáneamente.

3.1. CÁLCULO DE LA LÍNEA: GRUPO ELECTROGENERADOR

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: Enterrados Bajo Tubo (R.Subt)
- Longitud: 15 m; Cos φ: 0.8; Xu(mΩ/m): 0.1;
- Potencia aparente trafo: 500 kVA.
- Índice carga c: 1.26.

$$I = Ct \times St \times 1000 / (1.732 \times U) = 1 \times 500 \times 1000 / (1.732 \times 400) = 721.71 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 3(3x240/150)mm²Al

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

I.ad. a 25°C (Fc=1) 915 A. según ITC-BT-07

Diámetro exterior tubo: 3(225) mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 65.44

$e(\text{parcial}) = (15 \times 400000 \cdot 0.01 / 29.15 \times 400 \times 3 \times 240) + (15 \times 400000 \cdot 0.01 \times 0.1 \times 0.6 / 1000 \times 400 \times 3 \times 0.8) = 1.09 \text{ V} = 0.27 \%$

$e(\text{total}) = 0.27\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$

Prot. Térmica:

I. Aut./Tet. In.: 800 A. Térmico reg. Int.Reg.: 800 A.

3.2. CÁLCULO DE LA LÍNEA: BOMBA 3

- Tensión de servicio: 400 V.

- Canalización: D1-Unip.o Mult.Conduct.enterrad.

- Longitud: 22 m; Cos φ : 0.8; $X_u(\text{m}\Omega/\text{m})$: 0; R: 1

- Potencia a instalar: 160000 W.

- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-47):

$160000 \times 1.25 = 200000 \text{ W.}$

$I = 200000 / 1,732 \times 400 \times 0.8 \times 1 = 360.85 \text{ A.}$

Se eligen conductores Unipolares 2(3x95+TTx50)mm²Cu

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

I.ad. a 25°C (Fc=1) 404 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 2(140) mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 79.89

$e(\text{parcial}) = 22 \times 200000 / 44.99 \times 400 \times 2 \times 95 \times 1 = 1.29 \text{ V} = 0.32 \%$

$e(\text{total}) = 0.59\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$

Prot. Térmica:

I. Aut./Tri. In.: 400 A. Térmico reg. Int.Reg.: 382 A.

Protección diferencial:

Relé y Transfor. Diferencial Sens.: 300 mA. Clase AC.

3.3. CÁLCULO DE LA LÍNEA: BOMBA 2

- Tensión de servicio: 400 V.

- Canalización: D1-Unip.o Mult.Conduct.enterrad.

- Longitud: 16.5 m; Cos φ : 0.8; $X_u(\text{m}\Omega/\text{m})$: 0; R: 1

- Potencia a instalar: 160000 W.

- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-47):

$160000 \times 1.25 = 200000 \text{ W.}$

$I = 200000 / 1,732 \times 400 \times 0.8 \times 1 = 360.85 \text{ A.}$

Se eligen conductores Unipolares 2(3x95+TTx50)mm²Cu

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

I.ad. a 25°C (Fc=1) 404 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 2(140) mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 79.89

$e(\text{parcial}) = 16.5 \times 200000 / 44.99 \times 400 \times 2 \times 95 \times 1 = 0.97 \text{ V} = 0.24 \%$

$e(\text{total}) = 0.51\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$

Prot. Térmica:

I. Aut./Tri. In.: 400 A. Térmico reg. Int.Reg.: 382 A.

Protección diferencial:

Relé y Transfor. Diferencial Sens.: 300 mA. Clase AC.

3.4. CÁLCULO DE LA LÍNEA: BOMBA 1

- Tensión de servicio: 400 V.

- Canalización: D1-Unip.o Mult.Conduct.enterrad.

- Longitud: 11 m; Cos φ : 0.8; $X_u(\text{m}\Omega/\text{m})$: 0; R: 1

- Potencia a instalar: 160000 W.

- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-47):

$160000 \times 1.25 = 200000 \text{ W.}$

$I = 200000 / 1,732 \times 400 \times 0.8 \times 1 = 360.85 \text{ A.}$

Se eligen conductores Unipolares 2(3x95+TTx50)mm²Cu

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

I.ad. a 25°C (Fc=1) 404 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 2(140) mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 79.89

$e(\text{parcial}) = 11 \times 200000 / 44.99 \times 400 \times 2 \times 95 \times 1 = 0.64 \text{ V} = 0.16 \%$

$e(\text{total})=0.43\%$ ADMIS (6.5% MAX.)

Prot. Térmica:

I. Aut./Tri. In.: 400 A. Térmico reg. Int.Reg.: 382 A.

Protección diferencial:

Relé y Transfor. Diferencial Sens.: 300 mA. Clase AC.

3.5. CÁLCULO DE LA LÍNEA: LINEA AUTOMATISMOS

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: C-Unip.o Mult.sobre Pared
- Longitud: 2 m; $\text{Cos } \varphi: 0.8$; $X_u(\text{m}\Omega/\text{m}): 0$;
- Potencia aparente: 2.2 kVA.
- Índice carga c: 0.966.

$$I = C_s \times S_s \times 1000 / U = 1.25 \times 2.2 \times 1000 / 230 = 11.96 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 2x25+TTx16mm²Cu

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 40°C (Fc=1) 122 A. según ITC-BT-19

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 40.48

$$e(\text{parcial}) = 2 \times 2 \times 2200 / 51.43 \times 230 \times 25 = 0.03 \text{ V.} = 0.01 \%$$

$$e(\text{total}) = 0.29\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 16 A.

Protección diferencial:

Inter. Dif. Bipolar Int.: 25 A. Sens. Int.: 30 mA. Clase AC.

SISTEMA ALIMENTACION ININTERRUMPIDA

LINEA AUTOMATISMOS

DEMANDA DE POTENCIAS

- Potencia total instalada:

FA 24VCC	200 W
AUTÓMATA	1500 W
TOTAL....	1700 W

- Potencia Instalada Fuerza (W): 1700

3.5.1. CÁLCULO DE LA LÍNEA: FA 24VCC

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: C-Unip.o Mult.sobre Pared
- Longitud: 6 m; $\text{Cos } \varphi: 0.8$; $X_u(\text{m}\Omega/\text{m}): 0$;
- Potencia a instalar: 200 W.
- Potencia de cálculo: 200 W.

$$I = 200 / 230 \times 0.8 = 1.09 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 2x10+TTx10mm²Cu

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 40°C (Fc=1) 72 A. según ITC-BT-19

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 40.01

$$e(\text{parcial}) = 2 \times 6 \times 200 / 51.51 \times 230 \times 10 = 0.02 \text{ V.} = 0.01 \%$$

$$e(\text{total}) = 0.29\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 16 A.

3.5.2. CÁLCULO DE LA LÍNEA: AUTÓMATA

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: C-Unip.o Mult.sobre Pared
- Longitud: 6 m; $\text{Cos } \varphi: 0.8$; $X_u(\text{m}\Omega/\text{m}): 0$;
- Potencia a instalar: 1500 W.
- Potencia de cálculo: 1500 W.

$$I = 1500 / 230 \times 0.8 = 8.15 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 2x10+TTx10mm²Cu

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 40°C (Fc=1) 72 A. según ITC-BT-19

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 40.64

$e(\text{parcial})=2 \times 6 \times 1500 / 51.4 \times 230 \times 10 = 0.15 \text{ V.} = 0.07 \%$

$e(\text{total})=0.35\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 16 A.

3.6. CÁLCULO DE LA LÍNEA: ALUMBRADO

- Tensión de servicio: 400 V.

- Canalización: C-Unip.o Mult.sobre Pared

- Longitud: 0.3 m; Cos φ : 0.8; $X_u(\text{m}\Omega/\text{m})$: 0;

- Potencia a instalar: 1088 W.

- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44):
1958.4 W.(Coef. de Simult.: 1)

$I=1958.4/1,732 \times 400 \times 0.8=3.53 \text{ A.}$

Se eligen conductores Unipolares 4x1.5mm²Cu

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 40°C (Fc=1) 20 A. según ITC-BT-19

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 41.56

$e(\text{parcial})=0.3 \times 1958.4 / 51.23 \times 400 \times 1.5 = 0.02 \text{ V.} = 0 \%$

$e(\text{total})=0.28\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$

Protección diferencial:

Inter. Dif. Tetrapolar Int.: 25 A. Sens. Int.: 30 mA. Clase AC.

3.6.1. CÁLCULO DE LA LÍNEA: AL CUADROS

- Tensión de servicio: 230 V.

- Canalización: C-Unip.o Mult.sobre Pared

- Longitud: 7 m; Cos φ : 0.8; $X_u(\text{m}\Omega/\text{m})$: 0;

- Potencia a instalar: 8 W.

- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44):
14.4 W.(Coef. de Simult.: 1)

$I=14.4/230 \times 0.8=0.08 \text{ A.}$

Se eligen conductores Unipolares 2x1.5mm²Cu

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 40°C (Fc=1) 21 A. según ITC-BT-19

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 40

$e(\text{parcial})=2 \times 7 \times 14.4 / 51.52 \times 230 \times 1.5 = 0.01 \text{ V.} = 0 \%$

$e(\text{total})=0.28\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 10 A.

3.6.2. CÁLCULO DE LA LÍNEA: EM CUADROS

- Tensión de servicio: 230 V.

- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra

- Longitud: 7 m; Cos φ : 1; $X_u(\text{m}\Omega/\text{m})$: 0;

- Potencia a instalar: 8 W.

- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44):
 $8 \times 1.8 = 14.4 \text{ W.}$

$I=14.4/230 \times 1=0.06 \text{ A.}$

Se eligen conductores Unipolares 2x1.5+TTx1.5mm²Cu

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 40°C (Fc=1) 20 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 16 mm.

$$288 \times 1.8 = 518.4 \text{ W.}$$

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 40

$$e(\text{parcial}) = 2 \times 7 \times 14.4 / 51.52 \times 230 \times 1.5 = 0.01 \text{ V.} = 0 \%$$

$$e(\text{total}) = 0.29\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$$

$$I = 518.4 / 230 \times 1 = 2.25 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 2x1.5+TTx1.5mm²Cu

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

I.ad. a 40°C (Fc=1) 20 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 32 mm. (Tubo compartido: TUBO1)

3.6.3. CÁLCULO DE LA LÍNEA: AL.BOMBEO.1

- Tensión de servicio: 230 V.

- Canalización: C-Unip.o Mult.sobre Pared

- Longitud: 0.3 m; Cos φ: 0.8; Xu(mΩ/m): 0;

- Potencia a instalar: 576 W.

- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44):

$$1036.8 \text{ W. (Coef. de Simult.: 1)}$$

$$I = 1036.8 / 230 \times 0.8 = 5.63 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 2x1.5mm²Cu

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 40°C (Fc=1) 21 A. según ITC-BT-19

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 43.6

$$e(\text{parcial}) = 2 \times 0.3 \times 1036.8 / 50.85 \times 230 \times 1.5 = 0.04 \text{ V.} = 0.02 \%$$

$$e(\text{total}) = 0.29\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 10 A.

3.6.3.1. CÁLCULO DE LA LÍNEA: PARED NE

- Tensión de servicio: 230 V.

- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra

- Longitud: 26 m; Cos φ: 1; Xu(mΩ/m): 0;

- Potencia a instalar: 288 W.

- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44):

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 40.64

$$e(\text{parcial}) = 2 \times 26 \times 518.4 / 51.4 \times 230 \times 1.5 = 1.52 \text{ V.} = 0.66 \%$$

$$e(\text{total}) = 0.95\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$$

3.6.3.2. CÁLCULO DE LA LÍNEA: CENTRAL NE

- Tensión de servicio: 230 V.

- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra

- Longitud: 39 m; Cos φ: 1; Xu(mΩ/m): 0;

- Potencia a instalar: 288 W.

- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44):

$$288 \times 1.8 = 518.4 \text{ W.}$$

$$I = 518.4 / 230 \times 1 = 2.25 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 2x1.5+TTx1.5mm²Cu

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

I.ad. a 40°C (Fc=1) 20 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 32 mm. (Tubo compartido: TUBO1)

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 40.64

$$e(\text{parcial}) = 2 \times 39 \times 518.4 / 51.4 \times 230 \times 1.5 = 2.28 \text{ V.} = 0.99 \%$$

$$e(\text{total}) = 1.28\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$$

3.6.4. CÁLCULO DE LA LÍNEA: AL.BOMBEO.2

- Tensión de servicio: 230 V.

- Canalización: C-Unip.o Mult.sobre Pared

- Longitud: 0.3 m; Cos φ : 0.8; $X_u(m\Omega/m)$: 0;
- Potencia a instalar: 504 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44):
907.2 W.(Coef. de Simult.: 1)

$$I=907.2/230 \times 0.8=4.93 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 2x1.5mm²Cu

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 40°C (Fc=1) 21 A. según ITC-BT-19

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 42.76

$$e(\text{parcial})=2 \times 0.3 \times 907.2 / 51.01 \times 230 \times 1.5 = 0.03 \text{ V.} = 0.01 \%$$

$$e(\text{total})=0.29\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 10 A.

3.6.4.1. CÁLCULO DE LA LÍNEA: CENTRAL NO

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 45 m; Cos φ : 1; $X_u(m\Omega/m)$: 0;
- Potencia a instalar: 288 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44):
288x1.8=518.4 W.

$$I=518.4/230 \times 1=2.25 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 2x1.5+TTx1.5mm²Cu

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

I.ad. a 40°C (Fc=1) 20 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 32 mm. (Tubo compartido: TUBO1)

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 40.64

$$e(\text{parcial})=2 \times 45 \times 518.4 / 51.4 \times 230 \times 1.5 = 2.63 \text{ V.} = 1.14 \%$$

$$e(\text{total})=1.43\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$$

3.6.4.2. CÁLCULO DE LA LÍNEA: PARED NO

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 44.5 m; Cos φ : 1; $X_u(m\Omega/m)$: 0;
- Potencia a instalar: 216 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44):
216x1.8=388.8 W.

$$I=388.8/230 \times 1=1.69 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 2x1.5+TTx1.5mm²Cu

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

I.ad. a 40°C (Fc=1) 20 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 32 mm. (Tubo compartido: TUBO1)

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 40.36

$$e(\text{parcial})=2 \times 44.5 \times 388.8 / 51.45 \times 230 \times 1.5 = 1.95 \text{ V.} = 0.85 \%$$

$$e(\text{total})=1.14\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$$

3.6.5. CÁLCULO DE LA LÍNEA: AL EMERGENCIA

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: C-Unip.o Mult.sobre Pared
- Longitud: 0.3 m; Cos φ : 0.8; $X_u(m\Omega/m)$: 0;
- Potencia a instalar: 16 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44):
28.8 W.(Coef. de Simult.: 1)

$$I=28.8/230 \times 0.8=0.16 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 2x1.5mm²Cu

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 40°C (Fc=1) 21 A. según ITC-BT-19

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 40

$$e(\text{parcial})=2 \times 0.3 \times 28.8 / 51.52 \times 230 \times 1.5 = 0 \text{ V.} = 0 \%$$

$e(\text{total})=0.27\%$ ADMIS (4.5% MAX.)

Protección diferencial:

Inter. Dif. Bipolar Int.: 25 A. Sens. Int.: 30 mA. Clase AC.

3.6.5.1. CÁLCULO DE LA LÍNEA: AL.EM. NE

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 18 m; $\cos \varphi$: 1; $X_u(\text{m}\Omega/\text{m})$: 0;
- Potencia a instalar: 8 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44):
 $8 \times 1.8 = 14.4 \text{ W.}$

$I = 14.4 / 230 \times 1 = 0.06 \text{ A.}$

Se eligen conductores Unipolares $2 \times 1.5 + \text{TT} \times 1.5 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$

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

I.ad. a 40°C ($F_c=1$) 20 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 32 mm. (Tubo compartido: TUBO1)

Caída de tensión:

Temperatura cable ($^\circ\text{C}$): 40

$e(\text{parcial}) = 2 \times 18 \times 14.4 / 51.52 \times 230 \times 1.5 = 0.03 \text{ V.} = 0.01 \%$

$e(\text{total}) = 0.29\%$ ADMIS (4.5% MAX.)

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 10 A.

3.6.5.2. CÁLCULO DE LA LÍNEA: AL.EM. NO

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 41.5 m; $\cos \varphi$: 1; $X_u(\text{m}\Omega/\text{m})$: 0;
- Potencia a instalar: 8 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44):
 $8 \times 1.8 = 14.4 \text{ W.}$

$I = 14.4 / 230 \times 1 = 0.06 \text{ A.}$

Se eligen conductores Unipolares $2 \times 1.5 + \text{TT} \times 1.5 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$

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

I.ad. a 40°C ($F_c=1$) 20 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 32 mm. (Tubo compartido: TUBO1)

Caída de tensión:

Temperatura cable ($^\circ\text{C}$): 40

$e(\text{parcial}) = 2 \times 41.5 \times 14.4 / 51.52 \times 230 \times 1.5 = 0.07 \text{ V.} = 0.03 \%$

$e(\text{total}) = 0.3\%$ ADMIS (4.5% MAX.)

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 10 A.

3.6.6. CÁLCULO DE LA LÍNEA: CAUDALIMETROS

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: C-Unip.o Mult.sobre Pared
- Longitud: 0.3 m; $\cos \varphi$: 0.8; $X_u(\text{m}\Omega/\text{m})$: 0;
- Potencia a instalar: 300 W.
- Potencia de cálculo:
 $300 \text{ W.} (\text{Coef. de Simult.: } 1)$

$I = 300 / 1,732 \times 400 \times 0.8 = 0.54 \text{ A.}$

Se eligen conductores Unipolares $4 \times 10 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$

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 40°C ($F_c=1$) 63 A. según ITC-BT-19

Caída de tensión:

Temperatura cable ($^\circ\text{C}$): 40

$e(\text{parcial}) = 0.3 \times 300 / 51.52 \times 400 \times 10 = 0 \text{ V.} = 0 \%$

$e(\text{total}) = 0.27\%$ ADMIS (4.5% MAX.)

Protección diferencial:

Inter. Dif. Tetrapolar Int.: 25 A. Sens. Int.: 30 mA. Clase AC.

3.6.6.1. CÁLCULO DE LA LÍNEA: CAUDALIMETRO ADM

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: D1-Unip.o Mult.Conduct.enterrad.
- Longitud: 48 m; Cos φ : 0.8; $X_u(m\Omega/m)$: 0;
- Potencia a instalar: 150 W.
- Potencia de cálculo: 150 W.

$$I=150/230 \times 0.8=0.82 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 2x2.5+TTx2.5mm²Cu

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

I.ad. a 25°C (Fc=1) 32 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 32 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 40.03

$$e(\text{parcial})=2 \times 48 \times 150 / 51.51 \times 230 \times 2.5=0.49 \text{ V.}=0.21 \%$$

$$e(\text{total})=0.48\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 16 A.

3.6.6.2. CÁLCULO DE LA LÍNEA: CAUDALIMETRO IMP

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: D1-Unip.o Mult.Conduct.enterrad.
- Longitud: 7 m; Cos φ : 0.8; $X_u(m\Omega/m)$: 0;
- Potencia a instalar: 150 W.
- Potencia de cálculo: 150 W.

$$I=150/230 \times 0.8=0.82 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 2x10+TTx10mm²Cu

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

I.ad. a 25°C (Fc=1) 70 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 63 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 40.01

$$e(\text{parcial})=2 \times 7 \times 150 / 51.52 \times 230 \times 10=0.02 \text{ V.}=0.01 \%$$

$$e(\text{total})=0.28\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 16 A.

3.6.7. CÁLCULO DE LA LÍNEA: RESIST CALDEO

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: C-Unip.o Mult.sobre Pared
- Longitud: 0.3 m; Cos φ : 0.8; $X_u(m\Omega/m)$: 0;
- Potencia a instalar: 450 W.
- Potencia de cálculo:

$$450 \text{ W. (Coef. de Simult.: 1)}$$

$$I=450/1,732 \times 400 \times 0.8=0.81 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 4x2.5mm²Cu

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 40°C (Fc=1) 27 A. según ITC-BT-19

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 40.05

$$e(\text{parcial})=0.3 \times 450 / 51.51 \times 400 \times 2.5=0 \text{ V.}=0 \%$$

$$e(\text{total})=0.27\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$$

Protección diferencial:

Inter. Dif. Tetrapolar Int.: 25 A. Sens. Int.: 30 mA. Clase AC.

3.6.7.1. CÁLCULO DE LA LÍNEA: RB1

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: D1-Unip.o Mult.Conduct.enterrad.
- Longitud: 22 m; Cos φ : 0.8; $X_u(m\Omega/m)$: 0;
- Potencia a instalar: 150 W.
- Potencia de cálculo: 150 W.

$$I=150/230 \times 0.8=0.82 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 2x2.5+TTx2.5mm²Cu

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

I.ad. a 25°C (Fc=0.8) 25.6 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 32 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 40.05

$$e(\text{parcial})=2 \times 22 \times 150 / 51.51 \times 230 \times 2.5=0.22 \text{ V.}=0.1 \%$$

$$e(\text{total})=0.37\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 16 A.

Elemento de Maniobra:

Contactor Bipolar In: 16 A.

3.6.7.2. CÁLCULO DE LA LÍNEA: RB2

- Tensión de servicio: 230 V.

- Canalización: D1-Unip.o Mult.Conduct.enterrad.

- Longitud: 16.5 m; Cos φ: 0.8; Xu(mΩ/m): 0;

- Potencia a instalar: 150 W.

- Potencia de cálculo: 150 W.

$$I=150/230 \times 0.8=0.82 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 2x2.5+TTx2.5mm²Cu

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

I.ad. a 25°C (Fc=0.8) 25.6 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 32 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 40.05

$$e(\text{parcial})=2 \times 16.5 \times 150 / 51.51 \times 230 \times 2.5=0.17 \text{ V.}=0.07 \%$$

$$e(\text{total})=0.35\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 16 A.

Elemento de Maniobra:

Contactor Bipolar In: 16 A.

3.6.7.3. CÁLCULO DE LA LÍNEA: RB3

- Tensión de servicio: 230 V.

- Canalización: D1-Unip.o Mult.Conduct.enterrad.

- Longitud: 11 m; Cos φ: 0.8; Xu(mΩ/m): 0;

- Potencia a instalar: 150 W.

- Potencia de cálculo: 150 W.

$$I=150/230 \times 0.8=0.82 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 2x2.5+TTx2.5mm²Cu

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

I.ad. a 25°C (Fc=0.8) 25.6 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 32 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 40.05

$$e(\text{parcial})=2 \times 11 \times 150 / 51.51 \times 230 \times 2.5=0.11 \text{ V.}=0.05 \%$$

$$e(\text{total})=0.32\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 16 A.

Elemento de Maniobra:

Contactor Bipolar In: 16 A.

3.6.8. CÁLCULO DE LA LÍNEA: PUENTE GRÚA

- Tensión de servicio: 400 V.

- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra

- Longitud: 12 m; Cos φ: 0.8; Xu(mΩ/m): 0; R: 1

- Potencia a instalar: 5000 W.

- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-47):

$$5000 \times 1.25=6250 \text{ W.}$$

$$I=6250/1,732 \times 400 \times 0.8 \times 1=11.28 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 3x2.5+TTx2.5mm²Cu
 Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE. Desig. UNE: RV-K
 I.ad. a 40°C (Fc=1) 24 A. según ITC-BT-19
 Diámetro exterior tubo: 20 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 51.04

$e(\text{parcial}) = 12 \times 6250 / 49.53 \times 400 \times 2.5 \times 1 = 1.51 \text{ V.} = 0.38 \%$

$e(\text{total}) = 0.65\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$

Prot. Térmica:

I. Mag. Tripolar Int. 16 A.

Protección diferencial:

Inter. Dif. Tetrapolar Int.: 25 A. Sens. Int.: 30 mA. Clase AC.

3.6.9. CÁLCULO DE LA LÍNEA: G. OLEOHIDRÁULICOS

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: C-Unip.o Mult.sobre Pared
- Longitud: 0.3 m; Cos φ : 0.8; $X_u(\text{m}\Omega/\text{m})$: 0;
- Potencia a instalar: 16000 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-47):
 $4000 \times 1.25 + 12000 = 17000 \text{ W. (Coef. de Simult.: 1)}$

$I = 17000 / 1,732 \times 400 \times 0.8 = 30.67 \text{ A.}$

Se eligen conductores Unipolares 3x4mm²Cu

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 40°C (Fc=1) 36 A. según ITC-BT-19

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 76.3

$e(\text{parcial}) = 0.3 \times 17000 / 45.51 \times 400 \times 4 = 0.07 \text{ V.} = 0.02 \%$

$e(\text{total}) = 0.29\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$

Prot. Térmica:

I. Mag. Tripolar Int. 32 A.

Protección diferencial:

Inter. Dif. Tetrapolar Int.: 40 A. Sens. Int.: 30 mA. Clase AC.

3.6.9.1. CÁLCULO DE LA LÍNEA: G.OLEOHIDRÁULICO 1A

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: D1-Unip.o Mult.Conduct.enterrad.
- Longitud: 15 m; Cos φ : 0.8; $X_u(\text{m}\Omega/\text{m})$: 0; R: 1
- Potencia a instalar: 4000 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-47):
 $4000 \times 1.25 = 5000 \text{ W.}$

$I = 5000 / 1,732 \times 400 \times 0.8 \times 1 = 9.02 \text{ A.}$

Se eligen conductores Unipolares 3x2.5+TTx2.5mm²Cu

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

I.ad. a 25°C (Fc=0.65) 17.55 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 32 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 53.21

$e(\text{parcial}) = 15 \times 5000 / 49.16 \times 400 \times 2.5 \times 1 = 1.53 \text{ V.} = 0.38 \%$

$e(\text{total}) = 0.67\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$

Prot. Térmica:

I. Mag. Tripolar Int. 16 A.

Elemento de Maniobra:

Contactor Tripolar In: 16 A.

3.6.9.2. CÁLCULO DE LA LÍNEA: G.OLEOHIDRÁULICO 1B

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: D1-Unip.o Mult.Conduct.enterrad.
- Longitud: 15 m; Cos φ : 0.8; $X_u(\text{m}\Omega/\text{m})$: 0; R: 1
- Potencia a instalar: 4000 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-47):
 $4000 \times 1.25 = 5000 \text{ W.}$

$I = 5000 / 1,732 \times 400 \times 0.8 \times 1 = 9.02 \text{ A.}$

Se eligen conductores Unipolares 3x2.5+TTx2.5mm²Cu

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

I.ad. a 25°C (Fc=0.65) 17.55 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 32 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 53.21

$e(\text{parcial})=15 \times 5000 / 49.16 \times 400 \times 2.5 \times 1 = 1.53 \text{ V.} = 0.38 \%$

$e(\text{total})=0.67\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$

Prot. Térmica:

I. Mag. Tripolar Int. 16 A.

Elemento de Maniobra:

Contactor Tripolar In: 16 A.

3.6.9.3. CÁLCULO DE LA LÍNEA: G.OLEOHIDRÁULICO 2A

- Tensión de servicio: 400 V.

- Canalización: D1-Unip.o Mult.Conduct.enterrad.

- Longitud: 15 m; Cos φ : 0.8; $X_u(m\Omega/m)$: 0; R: 1

- Potencia a instalar: 4000 W.

- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-47):

$$4000 \times 1.25 = 5000 \text{ W.}$$

$I = 5000 / 1,732 \times 400 \times 0.8 \times 1 = 9.02 \text{ A.}$

Se eligen conductores Unipolares 3x2.5+TTx2.5mm²Cu

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

I.ad. a 25°C (Fc=0.65) 17.55 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 32 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 53.21

$e(\text{parcial})=15 \times 5000 / 49.16 \times 400 \times 2.5 \times 1 = 1.53 \text{ V.} = 0.38 \%$

$e(\text{total})=0.67\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$

Prot. Térmica:

I. Mag. Tripolar Int. 16 A.

Elemento de Maniobra:

Contactor Tripolar In: 16 A.

3.6.9.4. CÁLCULO DE LA LÍNEA: G.OLEOHIDRÁULICO 2B

- Tensión de servicio: 400 V.

- Canalización: D1-Unip.o Mult.Conduct.enterrad.

- Longitud: 15 m; Cos φ : 0.8; $X_u(m\Omega/m)$: 0; R: 1

- Potencia a instalar: 4000 W.

- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-47):

$$4000 \times 1.25 = 5000 \text{ W.}$$

$I = 5000 / 1,732 \times 400 \times 0.8 \times 1 = 9.02 \text{ A.}$

Se eligen conductores Unipolares 3x2.5+TTx2.5mm²Cu

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

I.ad. a 25°C (Fc=0.65) 17.55 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 32 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 53.21

$e(\text{parcial})=15 \times 5000 / 49.16 \times 400 \times 2.5 \times 1 = 1.53 \text{ V.} = 0.38 \%$

$e(\text{total})=0.67\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$

Prot. Térmica:

I. Mag. Tripolar Int. 16 A.

Elemento de Maniobra:

Contactor Tripolar In: 16 A.

3.7. CALCULO DE EMBARRADO DESCARGA DIRECTA GRUPO

Datos

- Metal: Cu

- Estado pletinas: desnudas

- nº pletinas por fase: 1

- Separación entre pletinas, d(cm): 10

- Separación entre apoyos, L(cm): 25

- Tiempo duración c.c. (s): 0.5

Pletina adoptada

- Sección (mm²): 300

- Ancho (mm): 60

- Espesor (mm): 5
- Wx, Ix, Wy, Iy (cm³,cm⁴) : 3, 9, 0.25, 0.063
- I. admisible del embarrado (A): 750

a) Cálculo electrodinámico

$$\sigma_{max} = I_{pcc}^2 \cdot L^2 / (60 \cdot d \cdot W_y \cdot n) = 16.94^2 \cdot 25^2 / (60 \cdot 10 \cdot 0.25 \cdot 1) = 1195.778 \leq 1200$$

kg/cm² Cu

b) Cálculo térmico, por intensidad admisible

$$I_{cal} = 721.71 \text{ A}$$

$$I_{adm} = 750 \text{ A}$$

c) Comprobación por sollicitación térmica en cortocircuito

$$I_{pcc} = 16.94 \text{ kA}$$

$$I_{cccs} = K_c \cdot S / (1000 \cdot \sqrt{t_{cc}}) = 164 \cdot 300 \cdot 1 / (1000 \cdot \sqrt{0.5}) = 69.58 \text{ kA}$$

4. **TABLAS DE RESULTADOS**

Cuadro General de Mando y Protección

Denominación	P.Cálculo (W)	Dist.Cálculo (m)	Sección (mm ²)	I.Cálculo (A)	I.Adm. (A)	C.T.Parc. (%)	C.T.Total (%)	Dimensiones(m) Tubo,Canal,Band.
TRAFO	400000	15	3(3x240/150)Al	721.71	915	0.27	0.27	3(225)
BOMBA 3	200000	22	2(3x95+TTx50)Cu	360.85	404	0.32	0.59	2(140)
BOMBA 2	200000	16.5	2(3x95+TTx50)Cu	360.85	404	0.24	0.51	2(140)
BOMBA 1	200000	11	2(3x95+TTx50)Cu	360.85	404	0.16	0.43	2(140)
LÍNEA AUTOMATISMOS	2200	2	2x25+TTx16Cu	11.96	122	0.01	0.29	
FA 24VCC	200	6	2x10+TTx10Cu	1.09	72	0.01	0.29	
AUTÓMATA	1500	6	2x10+TTx10Cu	8.15	72	0.07	0.35	
ALUMBRADO	1958.4	0.3	4x1.5Cu	3.53	20	0	0.28	
AL CUADROS	14.4	7	2x1.5Cu	0.08	21	0	0.28	
EM CUADROS	14.4	7	2x1.5+TTx1.5Cu	0.06	20	0	0.29	16
AL.BOMBEO.1	1036.8	0.3	2x1.5Cu	5.63	21	0.02	0.29	
PARED NE	518.4	26	2x1.5+TTx1.5Cu	2.25	20	0.66	0.95	32
CENTRAL NE	518.4	39	2x1.5+TTx1.5Cu	2.25	20	0.99	1.28	32
AL.BOMBEO.2	907.2	0.3	2x1.5Cu	4.93	21	0.01	0.29	
CENTRAL NO	518.4	45	2x1.5+TTx1.5Cu	2.25	20	1.14	1.43	32
PARED NO	388.8	44.5	2x1.5+TTx1.5Cu	1.69	20	0.85	1.14	32
AL EMERGENCIA	28.8	0.3	2x1.5Cu	0.16	21	0	0.27	
AL.EM. NE	14.4	18	2x1.5+TTx1.5Cu	0.06	20	0.01	0.29	32
AL.EM. NO	14.4	41.5	2x1.5+TTx1.5Cu	0.06	20	0.03	0.3	32
CAUDALIMETROS	300	0.3	4x10Cu	0.54	63	0	0.27	
CAUDALIMETRO ADM	150	48	2x2.5+TTx2.5Cu	0.82	32	0.21	0.48	32
CAUDALIMETRO IMP	150	7	2x10+TTx10Cu	0.82	70	0.01	0.28	63
RESIST CALDEO	450	0.3	4x2.5Cu	0.81	27	0	0.27	
RB1	150	22	2x2.5+TTx2.5Cu	0.82	25.6	0.1	0.37	32
RB2	150	16.5	2x2.5+TTx2.5Cu	0.82	25.6	0.07	0.35	32
RB3	150	11	2x2.5+TTx2.5Cu	0.82	25.6	0.05	0.32	32
PUENTE GRÚA	6250	12	3x2.5+TTx2.5Cu	11.28	24	0.38	0.65	20
G. OLEOHIDRÁULICOS	17000	0.3	3x4Cu	30.67	36	0.02	0.29	
G.OLEOHIDRÁULICO 1A	5000	15	3x2.5+TTx2.5Cu	9.02	17.55	0.38	0.67	32
G.OLEOHIDRÁULICO 1B	5000	15	3x2.5+TTx2.5Cu	9.02	17.55	0.38	0.67	32
G.OLEOHIDRÁULICO 2A	5000	15	3x2.5+TTx2.5Cu	9.02	17.55	0.38	0.67	32
G.OLEOHIDRÁULICO 2B	5000	15	3x2.5+TTx2.5Cu	9.02	17.55	0.38	0.67	32

Cortocircuito

Denominación	Longitud (m)	Sección (mm ²)	I _{pccI} (kA)	P de C (kA)	I _{pccF} (A)	t _{mcicc} (sg)	t _{ficc} (sg)	L _{máx} (m)	Curvas válidas
TRAFO	15	3(3x240/150)Al	18.04	22	8470.34	63.84			800;B,C
BOMBA 3	22	2(3x95+TTx50)Cu	17.07	22	7689.59	12.48			400;B,C
BOMBA 2	16.5	2(3x95+TTx50)Cu	17.07	22	7910.27	11.8			400;B,C
BOMBA 1	11	2(3x95+TTx50)Cu	17.07	22	8122.2	11.19			400;B,C,D
LINEA AUTOMATISMOS	2	2x25+TTx16Cu	17.07	22	7961.31	0.2			16;B,C,D
FA 24VCC	6	2x10+TTx10Cu	15.99	22	4207.5	0.12			16;B,C,D
AUTÓMATA	6	2x10+TTx10Cu	15.99	22	4207.5	0.12			16;B,C,D
ALUMBRADO	0.3	4x1.5Cu	17.07		7030.89				
AL CUADROS	7	2x1.5Cu	14.12	15	784.62	0.07			10
EM CUADROS	7	2x1.5+TTx1.5Cu	1.58		407.61	0.28			
AL.BOMBEO.1	0.3	2x1.5Cu	14.12	15	5612.2				10
PARED NE	26	2x1.5+TTx1.5Cu	11.27		220.87	0.94			
CENTRAL NE	39	2x1.5+TTx1.5Cu	11.27		148.79	2.08			
AL.BOMBEO.2	0.3	2x1.5Cu	14.12	15	5612.2				10
CENTRAL NO	45	2x1.5+TTx1.5Cu	11.27		129.31	2.75			
PARED NO	44.5	2x1.5+TTx1.5Cu	11.27		130.74	2.69			
AL EMERGENCIA	0.3	2x1.5Cu	17.07	22	7030.89				10
AL.EM. NE	18	2x1.5+TTx1.5Cu	14.12	15	319.72	0.45			10;B,C,D
AL.EM. NO	41.5	2x1.5+TTx1.5Cu	14.12	15	141.01	2.31			10;B,C
CAUDALIMETROS	0.3	4x10Cu	17.07		8314.08	0.03			
CAUDALIMETRO ADM	48	2x2.5+TTx2.5Cu	16.7	22	203.82	3.08			16;B,C
CAUDALIMETRO IMP	7	2x10+TTx10Cu	16.7	22	4017.33	0.13			16;B,C,D
RESIST CALDEO	0.3	4x2.5Cu	17.07		7656.99				
RB1	22	2x2.5+TTx2.5Cu	15.38	22	435.11	0.68			16;B,C,D
RB2	16.5	2x2.5+TTx2.5Cu	15.38	22	573.96	0.39			16;B,C,D
RB3	11	2x2.5+TTx2.5Cu	15.38	22	842.37	0.18			16;B,C,D
PUENTE GRÚA	12	3x2.5+TTx2.5Cu	17.07	22	795.1	0.2			16;B,C,D
G. OLEOHIDRÁULICOS	0.3	3x4Cu	17.07	22	7998.27	0.01			32
G.OLEOHIDRÁULICO 1A	15	3x2.5+TTx2.5Cu	16.06	22	633.15	0.32			16;B,C,D
G.OLEOHIDRÁULICO 1B	15	3x2.5+TTx2.5Cu	16.06	22	633.15	0.32			16;B,C,D
G.OLEOHIDRÁULICO 2A	15	3x2.5+TTx2.5Cu	16.06	22	633.15	0.32			16;B,C,D
G.OLEOHIDRÁULICO 2B	15	3x2.5+TTx2.5Cu	16.06	22	633.15	0.32			16;B,C,D

5. CÁLCULO 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 mm² 30 m.

M. conductor de Acero galvanizado 95 mm²

Picas verticales de Cobre 14 mm

de Acero recubierto Cu 14 mm 4 picas de 2m.

de Acero galvanizado 25 mm

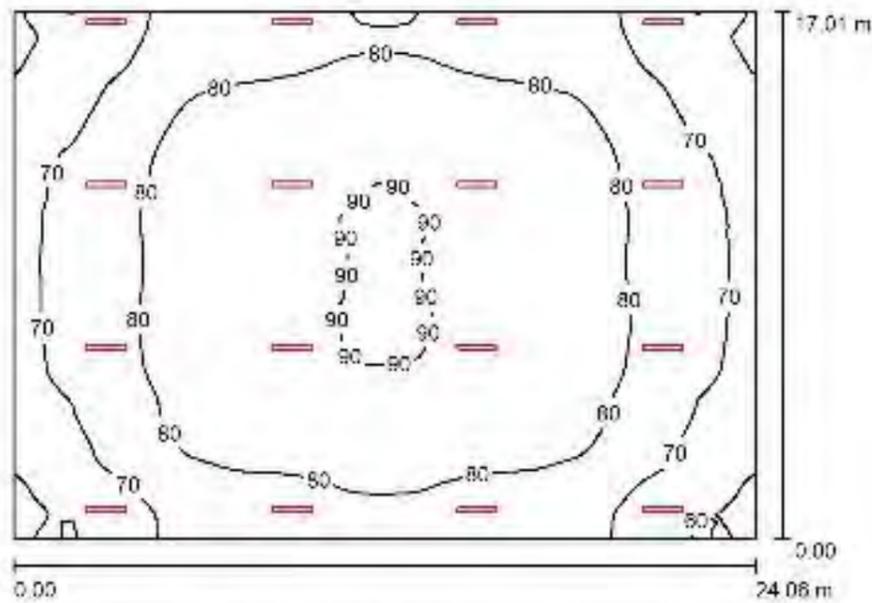
Con lo que se obtendrá una Resistencia de tierra de 13.04 ohmios.

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.

6. CÁLCULO ILUMINACIÓN

TURBINA-BOMBA / Output en hoja simple



Altura del local: 6.000 m, Altura de montaje: 7.000 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:219

Superficie	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano útil	/	78	56	91	0.713
Suelo	27	74	53	87	0.719
Techo	70	24	21	49	0.864
Paredes (4)	47	60	37	241	/

Plano útil:	UGR	Longi-	Tran-	al eje de luminaria
Altura: 0.850 m	Pared izq 15	15	22	
Trama: 64 x 64 Puntos	Pared inferior (CIE, SHR = 0.25.) 17	17	22	
Zona marginal: 0.000 m				

Lista de piezas - Luminarias

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	Φ (Luminaria) [lm]	Φ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	16	PHILIPS TCW097 2xTL-D36W EBS_830 (1.000)	4485	8500	0.0
Total:			71760	104000	0.0

Valor de eficiencia energética: 0.00 W/m² = 0.00 W/m² / lx (Base: 409.41 m²)

APÉNDICE 4.- CÁLCULOS ELÉCTRICOS B.T. TURBINA-BOMBA CON GRUPO ELECTROGENERADOR

ÍNDICE

APÉNDICE 2.- INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA AUTÓMATA TURBINA-BOMBA

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETO DEL ANEJO	1
2. RESUMEN INSTALACIÓN	1
3. NORMATIVA	1
4. DIMENSIONADO DEL SISTEMA DE SUMINISTRO A AUTÓMATA DE BOMBEO	3
4.1 CONDICIONANTES DE DISEÑO	3
4.2 PERIODO DE DISEÑO	3
4.3 ENERGÍA REAL A RECIBIR POR EL ACUMULADOR (BATERÍA)	4
4.4 DIMENSIONADO DE LA BATERÍA	4
4.5 DIMENSIONADO DEL CAMPO FOTOVOLTAICO Y EL REGULADOR	4
4.6 NÚMERO DE MÓDULOS. TOTAL, SERIE Y PARALELO	5
4.7 DIMENSIONADO DEL REGULADOR E INVERSOR	6
4.8 ENERGÍA REAL A RECIBIR POR EL ACUMULADOR POR MESES.	6
4.9 CÁLCULOS ELÉCTRICOS	7
4.9.1 CABLEADO	7
4.9.1.1 CABLEADO ENTRE MÓDULOS Y CAJA DE CONTINUA	7
4.9.1.2 CABLEADO ENTRE CAJA DE CONTINUA y ACOMETIDA CC	8
4.9.2 FUSIBLES A INSTALAR	8
4.9.3 SECCIONADORES	9
4.9.4 DESCARGADOR DE SOBRETENSIONES	10
4.9.5 RED DE TIERRAS	10
4.9.6 VIGILANTES DE AISLAMIENTO	10
4.9.7 DIODOS DE BLOQUEO	10
5. SISTEMA DE MONITORIZACIÓN. CONTROL Y MANTENIMIENTO	11
5.1 MONITORIZACIÓN Y CONTROL DE INSTALACIONES	11
5.1.1 EVALUACIÓN DEL SISTEMA	11
5.1.2 PARÁMETROS MONITORIZABLES	11
5.1.3 ELEMENTOS DEL SISTEMA DE MONITORIZACIÓN	12
5.1.4 SISTEMAS DE MONITORIZACIÓN PREVISTO	12
5.1.5 SISTEMA DE CONTROL PREVISTO	13
5.2 ANÁLISIS DE PARÁMETROS	13
5.2.1 ENERGÍA SOLAR DIANA RECIBIDA POR EL GENERADOR FOTOVOLTAICO (E_{solar})	13
5.2.2 ENERGÍA DIARIA GENERADA EN CONTINUA E_{DC}	13

5.2.3 ENERGÍA DIARIA GENERADA EN ALTEMA E_{AC}	13
5.2.4 RENDIMIENTO DEL GENERADOR η_{GEN}	13
5.2.5 RENDIMIENTO DEL INVERSOR η_{INV}	14
5.2.6 RENDIMIENTO DEL SISTEMA $\eta_{SISTEMA}$	14
5.2.7 RENDIMIENTO ENERGÉTICO DE LA INSTALACIÓN PR	14
5.2.8 HORAS EQUIVALENTES	14
5.3 MANTENIMIENTO INSTALACIONES	14
5.3.1 MANTENIMIENTO DE LAS ESTRUCTURAS DE SOPORTE DE LOS MÓDULOS	15
5.3.2 MANTENIMIENTO DEL GENERADOR FOTOVOLTAICO	15
5.3.3 MANTENIMIENTO DEL INVERSOR/VARIADOR	15
5.3.4 MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS DE PROTECCIÓN Y MEDIDA	15
5.3.5 AVERÍAS FRECUENTES EN LAS INSTALACIONES SOLARES FOTOVOLTAICAS	16
5.3.6 TERMOGRAFÍA EN LAS INSTALACIONES SOLARES FOTOVOLTAICAS	17

APÉNDICE 2.- INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA AUTÓMATA TURBINA-BOMBA

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETO DEL ANEJO

En el presente proyecto se plantea la construcción de un edificio en el que se albergarán los equipos del sistema turbina bomba, los cuales no requieren de suministro eléctrico, pero si precisan de un autómata de control para gestionar el adecuado funcionamiento de los mismos y registrar los principales parámetros de funcionamiento.

El hecho de que esta infraestructura se encuentre totalmente aislada de puntos de suministro hace que se planten la instalación de placas solares con acumulador para el suministro energético al autómata y a la válvula motorizada que gestiona el turbinado.

En el presente anejo se exponen las características técnicas generales de la solución adoptada y el dimensionado de las mismas de acuerdo al REBT y la normativa vigente.

2. RESUMEN INSTALACIÓN

A continuación se detallan las principales características de la instalación.

Parámetro	Comentario	Unidades	Valor
Localidad			Sariñena (Huesca)
Ref. Catastral			Parcelas 15 del polígono 10
Latitud			Coordenadas: 42°10'36"N, 1°55'51"O; Elevación: 445 m.s.n.m,
E_D	Consumo máximo de la carga	kWh	0,220 kWh
Período diseño	Regadío	Meses	Anual. Periodo más desfavorable: diciembre
$(\alpha_{opt}, \beta_{opt})$	Hemisferio norte. Orientación SUR	Grados	(0°, 57°)
(α, β)		Grados	(0°, 57°). Fijo
$G_{dm}(0)$	Sistema de Información Geográfica Fotovoltaica (PVGIS) desarrollado por el Servicio de Ciencia y Conocimiento de la Comisión Europea	kWh/(m²/día)	Datos cuartohorarios
FI	$FI = 1 - [1,2 \times 10^{-4} (\beta - \beta_{opt})^2 + 3,5 \times 10^{-5} \alpha^2]$		1,00
FS	Zona rural despejada. No hay sombras		0

Parámetro	Comentario	Unidades	Valor
PR	Pérdidas por temperatura calculadas según datos temperatura y otros parámetros		0,69
$G_{dm}(\alpha, \beta)$		kWh/(m²/día)	Calculadas según Anejo
$P_{mp, min}$	$P_{mp, min} = \frac{E_D G_{CEM}}{G_{dm}(\alpha, \beta) PR}$	kWp	
Pmp	Potencia pico del generador	Wp	220 Autómata
Pmódulo	Datos módulo tipo	Wp	320
Tec.módulo			Monocristalino
Umpp (V)			33,45
Imp (A)			9,59
Isc (A)			10,05
Umpp (V)			33,45
Imp (A)			9,59
Isc (A)			10,05
Uoc (V)			39,56
Rto. Módulo			19,73%
Coef. Tª (V)			-0,300%
Coef. Tª (A)			0,060%
Coef. Tª (P)			-0,400%
Ns	Módulos en serie	Uds	3 Autómata (auxiliares)
Np	Cadenas o strings	Cadenas	5 Autómata (auxiliares)
C20	Capacidad nominal del acumulador	Ah	Pb-Ca; 519 Ah, 24 elementos de 2V
PDmax	Profundidad de descarga máx. permitida por		65%
η_{inv}	Rendimiento energético del inversor		0,90
T _{máx. Inversor}	Datos variador tipo	V	Uoc, 140 V; Umax, 112V
T _{mín. Inversor}	Datos variador tipo	V	16 V
η_{rb}	Rendimiento energético del regulador-acum		95%
V _{NOM}	Tensión nominal del acumulador	V	48
LD	Consumo diario de la carga ($LD = ED / W_{NOM}$)	Ah	-
A	$A = \frac{C_{20} PD_{max}}{L_D} \eta_{inv} \eta_{rb}$	Días	2 días
C20 /Isc	C20 /Isc < 25 para el caso general	h	-

3. NORMATIVA

A continuación se enumera la normativa de referencia que rige en este momento sobre las instalaciones fotovoltaicas en nuestro país.

GENERALIDADES

- Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e instrucciones técnicas complementarias (ITC), (B.O.E. de 18-9-2002).
- UNE 20406-5-523 (2004). Instalaciones eléctricas en edificios. Parte 5: selección e instalación de materiales eléctricos. Sección 523: Intensidades máximas admisibles en sistemas de conducción de cables.
- Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.
- Instrucción de Hormigón Estructural (EHE-08).
- UNE 20460-7-712. Instalaciones eléctricas en edificios. Reglas para las instalaciones y emplazamientos especiales. Sistemas de alimentación solar fotovoltaica (PV)
- UNE-HD 60364-7-712. Instalaciones eléctricas de baja tensión. Reglas para las instalaciones y emplazamientos especiales. Sistemas de alimentación solar fotovoltaica (PV)
- UNE 21302-826:2005 y IEC 60050-826. Vocabulario electrotécnico Internacional (VEI).
- UNE-EN 60439-1:2001 (1999) y A1:2005 (2004). Conjunto de aparatos de baja tensión. Parte 1: Conjuntos en serie y conjuntos derivados de serie.
- IEC/TR 60755 (1983). Reglas generales para los dispositivos de protección con corriente diferencial residual. Modificación 2 (1992).
- UNE-EN 60904-3:1994 (1993) y IEC 60904-3 (1989). Dispositivos fotovoltaicos. Parte 3: fundamentos de medida de dispositivos solares fotovoltaicos (PV) de uso terrestre con datos de irradiancia espectral de referencia.
- Directivas Europeas de seguridad y compatibilidad electromagnética
- Especificaciones Técnicas para Sistemas de Riego Fotovoltaico editado por MASLOWATEN (Market uptake of an innovative irrigation Solution based on LOW WATER-ENERGY consumption)

MERCADO ELÉCTRICO

- Ley 54/1997, de 27 de noviembre, del Sector Eléctrico.
- Real Decreto 900/2015, de 9 de octubre, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas de las modalidades de suministro de energía eléctrica con autoconsumo y de producción con autoconsumo.
- Real Decreto-ley 15/2018, de 5 de octubre, de medidas urgentes para la transición energética y la protección de los consumidores
- Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial.
- Real Decreto 1110/2007, de 24 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento Unificado de puntos de medida del sistema eléctrico.

- Real Decreto 1578/2008, de 26 de septiembre, de retribución de la actividad de producción de energía eléctrica mediante tecnología solar fotovoltaica para instalaciones posteriores a la fecha límite de mantenimiento de la retribución del Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo, para dicha tecnología.
- Norma UNE-EN 62466: Sistemas fotovoltaicos conectados a red. Requisitos mínimos de documentación, puesta en marcha e inspección de un sistema.
- Resolución de 31 de mayo de 2001 por la que se establecen modelo de contrato tipo y modelo de factura para las instalaciones solares fotovoltaicas conectadas a la red de baja tensión.
- Real Decreto 1663/2000, de 29 de septiembre, sobre conexión de instalaciones fotovoltaicas a la red de baja tensión.
- Real Decreto 1955/2000, de 1 de diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica.
- Real Decreto 1699/2011, de 18 de noviembre, por el que se regula la conexión a red de instalaciones de producción de energía eléctrica de pequeña potencia.
- Orden IET/931/2015, de 20 de mayo, por la que se modifica la Orden ITC/1522/2007, de 24 de mayo, por la que se establece la regulación de la garantía del origen de la electricidad procedente de fuentes de energía renovables y de cogeneración de alta eficiencia.
- Orden ETU/130/2017, de 17 de febrero, por la que se actualizan los parámetros retributivos de las instalaciones tipo aplicables a determinadas instalaciones de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables, cogeneración y residuos, a efectos de su aplicación al semiperíodo regulatorio que tiene su inicio el 1 de enero de 2017.

MÓDULOS

- UNE-EN 61730, armonizada para la Directiva 2006/95/CE, sobre cualificación de la seguridad de módulos fotovoltaicos
- UNE-EN 50380, sobre informaciones de las hojas de datos y de las placas de características para los módulos fotovoltaicos.
- UNE-EN 61215: Módulos fotovoltaicos (FV) de silicio cristalino para uso terrestre. Cualificación del diseño y homologación.
- UNE-EN 61646: Módulos fotovoltaicos (FV) de lámina delgada para aplicaciones terrestres. Cualificación del diseño y aprobación de tipo.
- UNE-EN 62108. Módulos y sistemas fotovoltaicos de concentración (CPV). Cualificación del diseño y homologación.
- Los módulos que se encuentren integrados en la edificación, aparte de que deben cumplir la normativa indicada anteriormente, además deberán cumplir con lo previsto en la Directiva 89/106/CEE del Consejo de 21 de diciembre de 1988 relativa a la aproximación de las

disposiciones legales, reglamentarias y administrativas de los Estados miembros sobre los productos de construcción.

ESTRUCTURA MÓDULOS

- Si está construida con perfiles de acero laminado conformado en frío, cumplirán las normas UNE-EN 10219-1 y UNE-EN 10219-2 para garantizar todas sus características mecánicas y de composición química.
- Si es del tipo galvanizada en caliente, cumplirá las normas UNE-EN ISO 14713 (partes 1, 2 y 3) y UNE-EN ISO 10684 y los espesores cumplirán con los mínimos exigibles en la norma UNE-EN ISO 1461.
- En el caso de utilizarse seguidores solares, estos incorporarán el marcado CE y cumplirán lo previsto en la Directiva 98/37/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 22 de junio de 1998, relativa a la aproximación de legislaciones de los Estados miembros sobre máquinas, y su normativa de desarrollo, así como la Directiva 2006/42/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 17 de mayo de 2006 relativa a las máquinas.

INVERSORES.

- UNE-EN 62093: Componentes de acumulación, conversión y gestión de energía de sistemas fotovoltaicos. Cualificación del diseño y ensayos ambientales.
- UNE-EN 61683: Sistemas fotovoltaicos. Acondicionadores de potencia. Procedimiento para la medida del rendimiento.
- IEC 62116. Testing procedure of islanding prevention measures for utility interactive photovoltaic inverters.

4. DIMENSIONADO DEL SISTEMA DE SUMINISTRO A AUTÓMATA DE BOMBEO

4.1 CONDICIONANTES DE DISEÑO

A continuación se enumeran los principales condicionantes de diseño de la instalación fotovoltaica que debe suministrar energía al autómata del bombeo y su pantalla.

- Se estima un consumo constante de energía de 220 Wh para el conjunto del autómata.
- La configuración del autómata será tal que la pantalla esté en modo ahorro de energía siempre que no se esté manipulando la pantalla.
- Este consumo deberá garantizarse durante los 12 meses del año ya que este elemento es el gestionará y controlará el bombeo.
- Dispondrá de baterías de almacenamiento tipo Pb-Ca con una autonomía de al menos 2 días, y una tensión de carga de 48 V. La profundidad máxima de descarga será del 65%.

- El panel fotovoltaico a instalar y la tipología de la instalación será tipo monocristalino de 320 Wp de potencia con orientación sur, fijo con inclinación a 56°.
- Regulador de carga e inversor CC/CA. Suministro línea de autómata en CA.
- Dispondrá de un sistema automatizado de control de la instalación para garantizar un óptimo funcionamiento.
- Sistema automatizado mediante PLC y SCADA para el control total de la instalación, y gestión de bombas según energía fotovoltaica disponible.

4.2 PERIODO DE DISEÑO

Se establecerá un período de diseño para calcular el dimensionado del generador en función de las necesidades de consumo y la radiación. Se indicará cuál es el período para el que se realiza el diseño y los motivos de la elección.

En nuestro caso, tal y como se expone en los condicionantes de diseño la instalación debe satisfacer el consumo de del autómata durante los 12 meses del año, fijando un consumo mínimo constante de 220 W del conjunto autómata y pantalla.

En la siguiente tabla se muestran los consumos previstos por mes de acuerdo a las necesidades anteriormente mencionadas, y la intensidad media útil para la latitud considerada y una inclinación fija con orientación sur de 55 grados. Con ello determinaremos el peor mes, el cual adoptaremos como punto de partida para el diseño de la instalación.

MES	CONSUMO (kWh)	CONSUMO MEDIO DIARIO (kWh)	INTENSIDAD MEDIA ÚTIL (MJ/m ²)	FACTOR ENERGÍA (peor mes)
Enero	163,68	5,28	6,1	0,32
Febrero	147,84	5,28	9,6	0,51
Marzo	163,68	5,28	14,3	0,75
Abril	158,4	5,28	18,7	0,98
Mayo	163,68	5,28	20,3	1,07
Junio	158,4	5,28	22,1	1,16
Julio	163,68	5,28	23,1	1,22
Agosto	163,68	5,28	20,9	1,10
Septiembre	158,4	5,28	16,9	0,89
Octubre	163,68	5,28	11,3	0,59
Noviembre	158,4	5,28	7,2	0,38
Diciembre	163,68	5,28	5,1	0,27
TOTAL	1.927,20	5,28	14,6	

Como resulta obvio, para una instalación con un consumo constante, ubicada en el hemisferio norte y la latitud dada, el peor mes será diciembre.

4.3 ENERGÍA REAL A RECIBIR POR EL ACUMULADOR (BATERÍA)

La energía real que tiene que recibir el acumulador será el cociente entre el consumo total diario y el factor global de la instalación:

$$E = \frac{E_t}{R}$$

Donde,

$$R = 1 - \left[(1 - k_b - k_c - k_v) \times k_a \times \frac{N}{P_d} \right] - k_b - k_c - k_v$$

- Pd, profundidad de descarga.
- Kb, coeficiente de pérdidas por rendimiento del acumulador. Tomaremos 0,05 si no se precisan descargas intensas y 0,1 para los casos más desfavorables.
- Ka, coeficiente de descarga para tª de 20-25°C. Habitualmente 0,005
 Para temperaturas diferentes podremos calcular k'a, es decir el coeficiente de descarga para una temperatura dada, habitualmente se calcula para temperaturas máximas de 45 °C y mínimas de -5°C.
- Kc, coeficiente de pérdidas del inversor. Inversores onda senoidal 0,2, onda cuadrada 0,1.
- Kv, coeficiente de otras pérdidas (efecto Joule, etc...). Si no conocemos el rendimiento de los consumos adoptaremos 0,15, si se conoce podremos reducirlo hasta 0,05.

BATERÍA:

Tipo:	Pb-Ca
Tensión cargas (V):	48
Autonomía (días):	2
Prof. Descarga:	65%

COEFICIENTES PÉRDIDAS RTO.:

Kb (acumulador):	0,05
Ka (descarga):	0,005
K'a (Según tª min):	0,0021
tª min. trabajo:	-5
K'a (Según tª máx.):	0,0166
tª máx. trabajo:	45
Kc (inversor):	0,1
Kv (otras):	0,15
Rto. Instalación:	0,69

Es decir, la energía a almacenar diariamente por la batería será de:

$$E = \frac{E_t}{R} = \frac{5,28 \times 1000}{0,69} = 7.660,71 \text{ Wh/día}$$

4.4 DIMENSIONADO DE LA BATERÍA

A partir de la energía real a recibir por la batería, la tensión de cargas, la autonomía y la profundidad de descarga dimensionaremos la batería. A continuación se detalla el dimensionado de la batería:

E (energía real):	7.660,71	Wh/día
Cu (Energía almacenar en batería):	15.321,43	Wh/día
Cu (capacidad batería):	319,20	Ah
C (capacidad máx. batería):	23.571,43	Wh/día (a temperatura de 20 o 25 °C)
C (capacidad batería):	491,07	Ah
Elección batería:	2 AT 519	con 24 elementos de 2 V
Si hay condiciones extremas de tª de funcionamiento este valor debe corregirse		
C' (capacidad real batería según tª):		
tª trabajo:	-5	°C
tª referencia:	20	°C
Kt (coef. Corrector tª)	0,84375	
C' :	19.888,39	Wh/día corregido por tª trabajo inferior a 20 °C
C' (batería seleccionada)	21.019,50	Wh/día corregido por tª trabajo inferior a 20 °C (-5 °C)

4.5 DIMENSIONADO DEL CAMPO FOTOVOLTAICO Y EL REGULADOR

En primer lugar hay que determinar el factor de corrección de una superficie inclinada con respecto a la radiación incidente en una superficie plana orientada al sur en una latitud dada y para el mes de diseño, mes más desfavorable. Este factor lo denominaremos K.

Este factor combinado con la Intensidad media útil del mes en cuestión nos permitirá obtener las HSP (Horas Solar Pico) para una instalación dada. En este caso se plantea como instalación fija cuando en realidad la instalación será a 1 eje, aumentando el número de horas solar pico disponibles sobre la instalación fija y por tanto aumentando la capacidad de recuperación de las baterías.

$$H_{(\beta,0)} = \frac{IMU (MJ) \times k}{3,6} = kWh/m^2 \times día = HSP (h) \times 1 (kW/m^2)$$

Teniendo en cuenta que las características de los paneles solares la potencia máxima se da para condiciones normales de irradiancia, es decir 25 °C en célula fotovoltaica e irradiancia de 1000 W/m², la potencia pico de la instalación quedará definida del siguiente modo:

$$P_p(W) = \frac{E_{dia}(Wh)}{HSP(h)}$$

En este caso los valores de K y la Intensidad Media Diaria son los siguientes:

MES	K	INTENSIDAD MEDIA ÚTIL (MJ/m ²)
Enero	1,44	6,1
Febrero	1,28	9,6
Marzo	1,1	14,3
Abril	0,92	18,7
Mayo	0,79	20,3
Junio	0,75	22,1
Julio	0,8	23,1
Agosto	0,93	20,9
Septiembre	1,15	16,9
Octubre	1,41	11,3
Noviembre	1,59	7,2
Diciembre	1,57	5,1
		14,6

Teniendo en cuenta los valores para el mes más desfavorable obtendremos las horas solares pico (HSP) equivalentes:

$$H_{(\beta,0)} = \frac{IMU(MJ) \times k}{3,6} = kWh/m^2 \times día = HSP(h) \times 1(kW/m^2) = \frac{4,8 \times 1,57}{3,6} = 2,09 h HSP$$

Teniendo en cuenta las HSP y la energía real prevista, para el mes más desfavorable y las características del panel tipo seleccionado obtendremos el dimensionado del campo fotovoltaico.

PANELES FOTOVOLTAICOS		
H _(β0) (radiación plano inclinado.):	2,09	kWh
HSP (Hora Solar Pico):	2,09	h
Necesita inversor:	si	
PdC inversor (%):	0%	
Epaneles:	7.660,71	Wh
Ppaneles:	3.659,58	W
Np (núm. Paneles):	13	Uds
Pp (potencia pico):	4.160,00	W

NOTA. Las pérdidas en el inversor se consideran 0 porque ya se han considerado en el cálculo del factor de pérdidas de rendimiento.

El campo fotovoltaico a instalar constará de un mínimo de 13 paneles de 320 Wp, es decir de una potencia pico instalada de 4.160Wp. Este dimensionado podrá cambiar según las características del regulador. Ver el apartado siguiente para ver si se modifica.

4.6 NÚMERO DE MÓDULOS. TOTAL, SERIE Y PARALELO

Para calcular el número de módulos deberemos tener en cuenta, la potencia total de la instalación y del módulo para determinar el número total de módulos, y los dos valores extremos del voltaje PMP (-10 °C y 70 °C), según se ajusten al rango de funcionamiento del regulador.

POTENCIA NOMINAL DEL PARQUE FOTOVOLTAICO

Potencia instalación FV:	4.160	Wp
--------------------------	-------	----

NÚMERO DE PANELES

$$N(n^{\circ} \text{ paneles}) = \frac{P_{GVF,MSTC}}{P_{MOD,M,STC}} = \frac{4.160 Wp}{320 Wp} = 13 \text{ paneles de } 320 Wp$$

$$N_{máx,s} = \frac{V_{REG,M}}{V_{MOD,OC(-10^{\circ}C)}} = \frac{140 V}{43,71 V} = 3,20 = 3 \text{ paneles en serie como máximo}$$

$$N_{mín,s} = \frac{V_{REG,m,MPP}}{V_{MOD,PMP(70^{\circ}C)}} = \frac{16 V}{28,93 V} = 0,55 = 1 \text{ paneles en serie como mínimo}$$

$$V_{MOD,OC(-10^{\circ}C)} = U_{OC} \times (Coef. placa U_{OC} t^{\circ} \times (-35)) = 39,56 \times \left\{ -0,300 \frac{\%}{^{\circ}C} \times (-35) \right\} = 43,71 V$$

$$V_{MOD,PMP(70^{\circ}C)} = U_{MPP} \times (Coef. placa U_{OC} t^{\circ} \times (45)) = 33,45 \times \left\{ -0,300 \frac{\%}{^{\circ}C} \times (45) \right\} = 28,93 V$$

Es decir, el número máximo de paneles por string o cadena de módulos será de 3 paneles y el mínimo de 1 para garantizar que en las condiciones de temperatura máximas y mínimas normalmente utilizadas como referencia (70 °C y -10 °C), se garantice que la tensión a la entrada del REGULADOR está dentro de los límites fijados por el fabricante.

Se adopta como referencia N_{máx,s} = 3 paneles en serie por string o cadena.

A continuación se calculan las condiciones de tensiones de operación debidas a la variación de la temperatura sobre los módulos y el número de paneles en serie adoptados, que deberá soportar el regulador elegido, son las siguientes:

$$V_{MOD,OC(-10^{\circ}C)} = U_{OC} \times (Coef.placa U_{OC} t^{\Delta} \times (-35)) \times N_s = 39,56 \times \left\{ -0,300 \frac{\%}{^{\circ}C} \times (-35) \right\} \times 3 = 131,14 V$$

$$V_{MOD,PMP(70^{\circ}C)} = U_{MPP} \times (Coef.placa U_{OC} t^{\Delta} \times (45)) \times N_s = 33,45 \times \left\{ -0,300 \frac{\%}{^{\circ}C} \times (45) \right\} \times 3 = 110,89 V$$

Por otro lado verificaremos las cadenas o strings en paralelo en la instalación:

$$N_p (n^{\circ} de strings en paralelo) = \frac{N}{N_s} = \frac{13}{3} = 4,33 = 5 \text{ cadenas o strings}$$

Por último calculamos la intensidad total a entrada de regulador CC:

$$N_p \times 1,25 \times I_{MOD,SC,STC} \leq I_{INV,M,DC} = 5 \times 1,25 \times 10,05A = 62,81 A$$

4.7 DIMENSIONADO DEL REGULADOR E INVERSOR

Para el dimensionado del regulador es importante que la tensión en circuito abierto del campo fotovoltaico no supere la tensión máxima admisible del regulador. Del mismo modo es importante, que la intensidad de cortocircuito del campo fotovoltaico no supere la intensidad máxima de entrada del regulador.

Estos aspectos los determinaremos a partir de la configuración del campo fotovoltaico, es decir del número de paneles en serie y cadenas en paralelo que lo compongan.

Para ello partiremos de un regulador tipo y verificaremos que el dimensionado del campo se ajusta a sus parámetros, de no ser así deberíamos elegir otro regulador.

REGULADOR PROPUESTO:

Modelo:	MPPT-80C
Tensión OC in (V):	140
Tensión máx in (V):	112
Tensión mín in (V):	16
I máx IN (A):	70
I máx OUT (A):	-
P Máx. (W):	5200
U baterías (V):	48

Para este regulador el campo fotovoltaico quedará configurado de la siguiente forma:

REGULADOR DE CARGA

Tensión IN OC (V):	140,00	V
Tensión IN PMP (V):	112,00	V
Ns (módulos serie):	3,00	Uds
Np (módulos paralelo):	5,00	Uds
Icct campo FV:	50,25	A
Ireg (Icc x 1,25)	62,81	A

En la tabla anterior se verifica que con una configuración del campo fotovoltaico de 3 módulos en serie y 5 cadenas en paralelo no superamos ni la tensión ni la intensidad de entrada del regulador, por tanto **su elección es correcta**. Por otro lado hay que destacar que con esta configuración el número total de paneles pasa de 13 a 15 paneles de 320 Wp, con una potencia total instalada de 4.800 Wp.

Por su parte el inversor a instalar deberá soportar una tensión de entrada de al menos 140 Voc, y una intensidad de 70 A. Las pérdidas en el inversor no superarán el 5%.

4.8 ENERGÍA REAL A RECIBIR POR EL ACUMULADOR POR MESES.

A continuación se incluye una tabla resumen en la que se detalla la energía disponible en el campo fotovoltaico según el mes, indicando el % sobre la situación más desfavorable, en este caso el mes de diciembre.

MES	K	INTENSIDAD MEDIA ÚTIL (MJ/m ²)	HSP (h)	Energía Paneles (Wh/día)	Potencia Paneles (W)	Np (**)	Energía paneles, real (*)	Incremento s/peor mes
Ene.	1.44	6,1	2,44	7.660,71	3.139,64	11	9.135	19%
Feb.	1.28	9,6	3,41	7.660,71	2.244,35	8	12.780	67%
Mar.	1.1	14,3	4,37	7.660,71	1.753,25	7	16.359	114%
Abr.	0.92	18,7	4,78	7.660,71	1.603,03	6	17.892	134%
May.	0.79	20,3	4,45	7.660,71	1.719,68	6	16.678	118%
Jun.	0.75	22,1	4,60	7.660,71	1.663,87	6	17.238	125%
Jul.	0.8	23,1	5,13	7.660,71	1.492,35	6	19.219	151%
Ago.	0.93	20,9	5,40	7.660,71	1.418,87	5	20.214	164%
Sep.	1.15	16,9	5,40	7.660,71	1.419,02	5	20.212	164%
Oct.	1.41	11,3	4,43	7.660,71	1.730,91	7	16.570	116%
Nov.	1.59	7,2	3,18	7.660,71	2.409,03	9	11.906	55%
Dic.	1.57	5,1	2,22	7.660,71	3.444,31	13	8.327	9%

(*) Energía disponible para la instalación prevista, es decir para la más desfavorable con ajuste de número de paneles en serie y en paralelo definitivos, en este caso 15 paneles solares en cada uno de los meses.

(**) Número de paneles necesarios para aportar la energía (Wh/día) previstos. Este valor variará según la Intensidad Media Útil disponible, siendo mayor en el mes más desfavorable.

4.9 CÁLCULOS ELÉCTRICOS

A continuación se justifica el dimensionado de los principales elementos de la instalación:

- Cableado entre módulos y caja de continua (agrupación de strings/cadenas; cuadro nivel 1).
- Cableado entre caja de campo nivel 1 y acometida bombeo (cuadro nivel 2).
- Fusibles
- Seccionadores
- Descargadores de sobretensión
- Red de tierras
- Vigilantes de aislamiento
- Diodos de bloqueo

4.9.1 CABLEADO.

En el dimensionado de la sección del conductor, básicamente, se tendrán en cuenta dos criterios:

- **Criterio de máxima intensidad** admisible por el conductor.
 De acuerdo con el estándar IEC 60364-7-712, a su temperatura de trabajo, el conductor de cada rama debe soportar 1,25 veces la intensidad de cortocircuito del módulo.

$$I_{m\acute{a}x.adm} = 1,25 \times I_{MOD,SC,STC}$$

Selección de cable según Norma UNE 20460-5-523:2004:

- En strings o cadenas. Tabla 52 - C11 (instalación aire libre tipo rejiban, cables unipolares). Instalación tipo E, 2 conductores cargados. Coef. Temperatura Tabla 52-D1, 30°C; coef. Agrupamiento Tabla 52-E1, 1 circuito.
- De caja de continua a Acometida CC. Tabla 52 - C4 (instalación en conductos enterrados). Instalación tipo D, 2 conductores cargados. Coef. Temperatura terreno Tabla 52-D2, 20°C; coef. Agrupamiento Tabla 52-E3, máx. 2 circuitos.

- **Criterio de máxima caída de tensión** permisible en el cable.
 Atendiendo a las recomendaciones del informe de ASIF, "Caídas de tensión ASIF- Edición 3, marzo 2006", se fijará una caída de tensión máxima admisible entre el módulo y la Acometida de CC del 1,5%. Por otro lado, se fija una sección mínima de 4 mm².

$$S_{m,cadena(monof\acute{a}sico)} = \frac{2 \times L \times P}{K \times e \times V \times N_{ms}}$$

Donde:

- S, Sección en mm²
- L, longitud del conductor en metros
- P, Potencia en vatios
- K, conductividad, para CU 56 y Al 35
- e, máxima caída de tensión permitida en vatios
- V, tensión de utilización en voltios
- N_{ms}, número de módulos en serie

4.9.1.1 CABLEADO ENTRE MÓDULOS Y CAJA DE CONTINUA

A continuación se detallan la justificación técnica para la elección del conductor entre la cadena módulos y caja de continua, punto en el que se unificará el cableado procedente de diferentes módulos.

Dimensiones panel:		
Núm. Módulos en serie	3	Uds
Ancho módulo seleccionado	992	mm
Cableado:		
Longitud String/cadena/rama:	2,98	m
Longitud de Caja String a grupo Strings máx.:	3,00	m
Cableado String (cadena placas) (CC):		
Criterio máx. intensidad admisible del conductor:		
Isc (A)	10,05	A
I _{máx, adm} :	12,56	A
Sección seleccionada:	4	mm²
Cableado 4 mm ² :	49,00	A, correcto
Criterio máx. caída de tensión admisible en cable:		
Long. Rama:	19,84	m
I _{MOD,M,STC} :	10,05	A
ΔU _{máx. rama} :	1,5%	
N _{ms} :	3	Uds.
U _{MOD,M,STC} :	33,45	V
σ _{conductividad material conductor} :	56	Cu
Sección mínima para ΔU _{rama} :	0,71	mm ²
Sección seleccionada:	4	mm²
ΔU _{rama} sección seleccionada, 4 mm ² :	0,266%	Correcto

Finalmente **se optará por un cable de 1x4 mm² tipo ZZ-F/H1Z2Z2-K 0,6/1kV por cadena**, instalado al aire sobre superficie. Cable certificado TÜV y EN, conductor en cobre electrolítico estañado, clase 5 (flexible) según UNE-EN 60228 e IEC 60228, aislamiento a partir de goma libre de halógenos, y cubierta de goma libre de halógenos de color negro o rojo. Apto para instalaciones fotovoltaicas, tanto en servicio móvil como en instalación fija. Cable muy flexible especialmente indicado para la conexión entre paneles fotovoltaicos, y desde los paneles al inversor de corriente continua o alterna.

4.9.1.2 CABLEADO ENTRE CAJA DE CONTINUA y ACOMETIDA CC

A continuación se detalla la justificación técnica para la elección del conductor entre la caja de continua, punto en el que se unificará el cableado procedente de diferentes módulos, y el cuadro de acometida de CC (corriente continua).

Tras el análisis de la distribución del campo fotovoltaico se determina agrupar hasta 5 string/cadenas/ramas en una misma caja de continua, dando lugar a 1 caja de continua. Desde esta caja de continua se deberá tender cableado hasta la acometida CC, debiéndose justificar la sección de cable por criterio de máxima intensidad y de máxima caída de tensión expuestos con anterioridad.

En primer lugar se detalla la longitud de cableado de cada una de estas líneas de agrupación, añadiendo 5 metros adicionales para ajuste de conexión a cuadros eléctricos

Grupo	Longitud	Long.+5
1 Autómata	48	52

Id. Grupo conexión:	1 Autómata	
Criterio máx. intensidad admisible del conductor:		
I_{sc} (A), por cadena	A	10.05
N_{ramas paralelo} (agrupadas por caja conexión Grupo FV):	Uds.	5
I_{sc} (A), por Grupo Conexión:	A	50.25
I_{máx, adm:}	A	62.81
Num. Circuitos en zanja (separados 0,25m):	Uds.	1
Coef. Agrupamiento:		1.0
Núm. Conductores por circuito:	Uds.	1
Sección mínima por Intensidad:	mm ²	1x6
Cableado 1x6 mm²:	A	63.00
Capacidad máx. por agrupación circuitos:	A	63.00
		>62.8125, correcto
Sección criterio más desfavorable:	mm ²	1x95
Capacidad cableado 1x___ mm² agrupado:		352
		A, >62.8125, correcto

Criterio máx. caída de tensión admisible en cable:		
Long. Cable:	m	52.00
I_{Grupo Conexión MOD,M,STC:}	A	62.81
ΔU de caja conexión a Variador:		1.234%
N_{ms:}	Uds.	3
U_{MOD,M,STC:}	V	33.45
σ_{material conductor:}		56
Sección mínima para ΔU_{tramo:}	mm ²	94.21
Núm. Conductores por circuito:	Uds.	1
Sección seleccionada:	mm ²	1x95
ΔU_{tramo} sección seleccionada:		1.224%

Tal y como se justifica en dicho apartado **se optará por un cable tipo 1x95 mm² de sección nominal en cobre tipo RV-K 0,6/1kV por grupo.**

4.9.2 FUSIBLES A INSTALAR

Los fusibles a instalar en serie en cada rama han de poseer una intensidad nominal, I_n, de acuerdo a la siguiente expresión:

$$1,5 \times I_{MOD,SC,STC} \leq I_n \leq 2 \times I_{MOD,SC,STC}$$

Del mismo modo, para la protección de los cables para cada cadena fotovoltaica, deberá considerarse lo siguiente:

- **Grupo FV con una cadena o dos cadenas en paralelo**, no se requiere dispositivo protector de sobreintensidad.

La corriente permanente admisible I_z del cable para cadena fotovoltaica debe ser superior o igual a la corriente máxima de corto circuito de la cadena:

$$I_{SC,max} \text{ de la cadena} \leq I_z$$

- **Grupo FV con cadenas N_s en paralelo con N_s superior a 2**, la corriente inversa que circula en el cable para cadena fotovoltaica es (N_s - 1) · I_{SC,MÁX}. Debe utilizarse una de las siguientes medidas:

- Cuando no se requiere el dispositivo de protección de sobreintensidad de la cadena fotovoltaica, la corriente permanente admisible I_z de los cables para cadena fotovoltaica deben ser superiores o iguales a la corriente máxima inversa:

$$(N_s - 1) \times I_{SC,MÁX} \leq I_z$$

- o Cuando si se requiere de dispositivo de protección contra sobrecorrientes de la cadena fotovoltaica la corriente permanente admisible I_z de los cables para cadena fotovoltaica deben ser superiores o iguales a la corriente nominal del dispositivo de protección de la cadena I_n :

$$I_n \leq I_z$$

PROTECCIONES POR FUSIBLES EN CADENA/STRING:

Fusibles (a instalar en serie en cada Rama o String):

Isc módulo	10,05	A
In mínima fusible:	15,08	A
In máxima fusible:	20,10	A
Elección de fusible cadenas/strings:	20	A
Nramas paralelo (agrupadas por caja conexión Grupo FV):	5	Uds.
Isc (A), por cadena	10,05	A
Uoc (V)	39,56	
Nms:	3	Uds.
Iz, intensidad cable:	15,68	A
Régimen tensión fusible:	142,42	V
Elección de fusible cadenas:	20A, y 1000 V	

Atendiendo a la justificación anterior cada cadena de módulos se protegerá con seccionador de fusibles tipo E 92/32, y fusibles tipo 10,3x38 mm 1000 V c.c. 20 A.

Esta misma protección podría efectuarse mediante interruptor magnetotérmico atendiendo a la siguiente justificación:

Seccionador por cadena (a instalar en serie en cada Rama o String):

V _{mod. OC (-10°C):}	43,71	V
Nms:	3	Uds.
Umáx. a soportar, N_s*V_{MOD,OC(-10°C):}	131,14	V
Nramas paralelo (agrupadas por caja conexión Grupo FV):	1	Uds.
Isc (A), por cadena	10,05	A
Intensidad a soportar en interruptor:	15,08	A
Interruptor elegido	S803PV-S16	
Tensión máxima:	1200	V
Intensidad nominal:	16	A
Poder de Corte (kA):	5	kA

PROTECCIONES POR FUSIBLES EN ACOMETIDA PARA AGRUPACIÓN CADENA/STRING:

Fusibles (a instalar en agrupación Ramas o Strings):

Isc módulo	10,05	A
In mínima fusible:	75,38	A
In máxima fusible:	100,50	A
Elección de fusible grupo cadenas:	80	A
Nramas paralelo (agrupadas por caja conexión Grupo FV):	5	Uds.
Isc (A), por cadena	10,05	A
Uoc (V)	39,56	
Nms:	3	Uds.
Iz, intensidad cable:	352,00	A
Régimen tensión fusible:	142,42	V
Elección de fusible cadenas:	80A, y 1000 V	

4.9.3 SECCIONADORES

En cada una de las cajas de continua (agrupación de strings/cadenas; cuadro nivel 1), además de las correspondientes protecciones se colocará un seccionador acorde a la tensión y la intensidad del grupo de strings para facilitar el mantenimiento y la explotación.

Por otro lado, en el cuadro de acometida CC se colocará un interruptor General seccionador, para la gestión del aporte de la energía eléctrica por parte del campo fotovoltaico, interruptor conectado, o de los grupos electrogeneradores, interruptor desconectado.

A continuación se justifica la elección del interruptor seccionador a instalar en cada caso:

SECCIONADOR EN CAJA DE CONTINUA PARA AGRUPACIÓN CADENA/STRING. Cuadro Nivel 1:

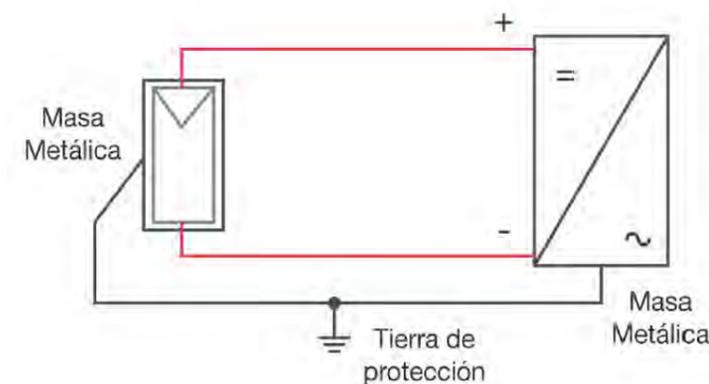
Seccionador por Grupo conexión (a instalar en serie en cada grupo):

V _{mod. OC (-10°C):}	43,71	V
Nms:	3	Uds.
Umáx. a soportar, N_s*V_{MOD,OC(-10°C):}	131,14	V
Nramas paralelo (agrupadas por caja conexión Grupo FV):	5	Uds.
Isc (A), por cadena	10,05	A
Intensidad a soportar en interruptor:	75,38	A
Interruptor elegido	S803PV-S100	
Tensión máxima:	1000	V
Intensidad nominal:	100	A

SECCIONADOR GENERAL EN ACOMETIDA PARA CAMPO FOTOVOLTAICO. Cuadro Nivel 2:

Seccionador General Motorizado en Acometida CC:

Imáx. TOTAL a entrada inversores:	62,81	A
Interruptor elegido	S803PV-S100	
Tensión máxima:	1000	V
Intensidad nominal:	100	A
Poder de Corte (kA):	8	kA
Unidades	1	



4.9.4 DESCARGADOR DE SOBRETENSIONES

En cada una de las cajas de continua (agrupación de strings/cadenas; cuadro nivel 1), y en el cuadro de acometida CC (cuadro nivel 2) se colocarán los correspondientes descargadores de tensiones. A continuación se indican las principales características de los equipos a instalar.

Protección sobretensiones. En caja de continua y acometida

MODELO	OVR PV 40	
Tensión cont. máx. de funcionamiento Ucpv	1000	V
Corriente nominal de descarga In (8/20 µs)	20	kA
Corriente de descarga máx. Imax (8/20 µs)	40	kA
Fusible asociado a descargador	Según I grupo y tensión sistema	

4.9.5 RED DE TIERRAS

En el campo fotovoltaico deberá existir un sistema de tierras de protección y otro de servicio.

La red de tierras del campo fotovoltaico deberá tener una configuración denominada "flotante". Este tipo de configuración consiste en el que ninguna de las partes activas eléctricamente esté puesta a tierra, mientras que los componentes metálicos de la instalación si estarán conectados a tierra (marcos, soportes, cajas de conexión DC, caja del interruptor principal e inversor).

En la imagen se muestra la configuración de generador flotante y masas a tierra.

En este tipo de configuración existe la tierra de protección a la cual se deben conectar todas las masas metálicas del sistema así como los dispositivos de protección frente a sobretensiones. En este tipo de conexión toda la red de corriente continua del generador fotovoltaico se encuentra aislada de tierra.

4.9.6 VIGILANTES DE AISLAMIENTO

Con la finalidad de proteger el lado de corriente continua de contactos indirectos se incorporará a la instalación vigilantes de aislamiento.

Estos dispositivos deberán tener en cuenta que la resistencia de aislamiento de la instalación debe estar por encima de unos valores mínimos que impidan que ante contactos directos de corriente por la persona se supere los 100 mA.

Habitualmente estos dispositivos inyectan una tensión en la red y la tierra, de la medida de la corriente que resulte se obtiene la resistencia real de aislamiento de la red y por tanto la existencia o no de una falta o fallo de aislamiento. Se realiza mediante una señal con una frecuencia baja para que las corrientes generadas se acoplen a las corrientes de fuga.

4.9.7 DIODOS DE BLOQUEO

Se colocarán en el cableado de conexión al bus de continua de los variadores, evitando que pueda haber una fuga de corriente en la fase de arranque suave DC del variador y se puedan generar daños en las instalaciones.

5. SISTEMA DE MONITORIZACIÓN. CONTROL Y MANTENIMIENTO

5.1 MONITORIZACIÓN Y CONTROL DE INSTALACIONES

La experiencia en las instalaciones realizadas han demostrado un funcionamiento sin apenas fallos y con un mantenimiento muy escaso. Siendo la fiabilidad una ventaja de estas instalaciones. Sin embargo, es adecuado dotar a la instalación de monitorización, por los siguientes motivos:

- Los propietarios de la instalación quieren conocer que la instalación funciona correctamente. Los sistemas de monitorización básicos de fácil manejo y comprensión, informan al usuario de las principales variables del sistema.
- Los sistemas de monitorización permiten comprobar que el sistema está funcionando de acuerdo a lo previsto y actuar sobre algunos parámetros para corregir posibles deficiencias.

5.1.1 EVALUACIÓN DEL SISTEMA

Tiene como objeto aumentar el conocimiento de la tecnología con la finalidad de mejorar el rendimiento de la instalación. Este feedback, es aplicado posteriormente a nuevos desarrollos.

Como podemos ver, un buen sistema de monitorización es muy eficaz para el operador de la instalación, ya que va ayudar a desarrollar un mantenimiento adecuado de la instalación y además, garantizará confianza a los propietarios de la instalación.

Desde el punto de vista técnico, el objetivo de desarrollar la monitorización de una instalación solar fotovoltaica, es la evaluación de la eficiencia energética de la instalación, para ello es adecuado controlar el comportamiento de los inversores, módulos solares, controlando los parámetros de irradiancia y temperatura de los módulos.

La mayoría de los inversores fotovoltaicos integran sistemas electrónicos capaces de medir las magnitudes eléctricas tanto a su entrada como en la salida. Además, estas variables son acumuladas en memorías internas del propio inversor, o mediante equipos de almacenamiento que facilita el propio fabricante

5.1.2 PARÁMETROS MONITORIZABLES

Las variables a monitorizar en una instalación solar fotovoltaica son las siguientes:

- Variables meteorológicas
 - Irradiancia captada en el plano de los módulos (W/m^2):
Esta variable permite conocer un correcto balance energético de la planta.

Normalmente se mide mediante una célula de referencia de la misma tecnología que el generador fotovoltaico, calibrada por un laboratorio. En la salida de esta célula se coloca un shunt (resistencia calibrada) de manera que la señal de salida es proporcional a la irradiancia incidente. La ventaja de medir con una célula calibrada es su bajo precio si lo comparamos con el coste de un piranómetro y su mayor velocidad respuesta a cambios de irradiación bruscos, nubes rápidas. El principal inconveniente de estas instalaciones es que son menos precisas, a bajas irradiancia.

- Irradiancia incidentes en el plano horizontal (W/m^2):

Este parámetro es medido con la finalidad de comparar diferentes instalaciones, o realizar extrapolaciones en futuras instalaciones.

- Temperatura de los módulos ($^{\circ}C$):

El objeto de medir este parámetro, no es otro que conocer las pérdidas reales de los módulos, por el efecto de la temperatura, ya que va ser una de las mayores pérdidas de la instalación. En los primeros días de la instalación nos interesa verificar si los parámetros indicados por el fabricante de la instalación son correctos.

La mejor forma de controlar este parámetro es con la medida directa de esta variable, mediante un sensor sobre el módulo, sin embargo, también podemos medir este parámetro, midiendo la irradiancia y la temperatura ambiente de la instalación.

Para medir la temperatura se suele emplear una RTD, son sensores que varían su resistencia interna con la temperatura, las más utilizadas son las Pt 100. Aunque existen diferentes tecnologías de conexionado, en distancias largas, es recomendable utilizar las de 4 hilos, ya que este método es más efectivo y preciso, ya que este tipo de sensores anula la resistencia adicional que introducen los conductores.

- Temperatura ambiente ($^{\circ}C$):

Es útil conocer la temperatura ambiente, de la instalación, con el objeto de estimar el funcionamiento de los equipos, como puede ser los inversores y etc.

- Velocidad y dirección del viento:

Este parámetro es de vital importancia en las instalaciones con seguimiento de dos ejes, con la finalidad de proteger las estructuras ante vientos muy fuertes. También se suele medir dicho parámetro para realizar ajustes de la temperatura de los módulos, ya que dependiendo de la velocidad del viento puede existir diferencia entre la temperatura medida por el sensor o estimada, y la temperatura real de la célula.

Estos sensores disponen de tres cazoletas, que giran en función de la velocidad del viento, y emitiendo una señal en alterna siendo la frecuencia proporcional a la velocidad el viento.

Para la dirección del viento, se utiliza las veletas, estos dispositivos nos indican la dirección del viento, debido a que internamente tienen un potenciómetro, que nos da una señal de tensión proporcional a la resistencia media, en función de la dirección en la que se encuentra. Normalmente el Norte corresponde a 0 voltios.

- Variables de corriente continua.
 - Voltaje en DC (V).
Asociación módulos serie.
 - Intensidad en DC (A).
Asociación módulos paralelo.
Ambas variables, son medias con ella finalidad de conocer y analizar si funciona correctamente la instalación generadora.
- Variables de corriente alterna
 - Tensión de cada una de las fases (V).
 - Intensidad de cada una de las fases (A).
 - Potencia de salida (W).
 - Factor de potencia (cos ϕ).
 - Frecuencia de red (Hz).
 - Energía total producida por el inversor (kWh).

Normalmente además de controlar los parámetros característicos de la instalación, se suelen generar alarmas, con la finalidad de vigilar o registrar las siguientes incidencias:

- Frecuencia de red fuera de límites.
- Tensión de red fuera de límites.
- Fallo de aislamiento.
- Temperatura de trabajo excesivo.
- Desviaciones en los seguidores solares.

5.1.3 ELEMENTOS DEL SISTEMA DE MONITORIZACIÓN

La mayoría de los inversores que podemos encontrar en el mercado, disponen de la electrónica adecuada, para medir los parámetros anteriormente introducidos. Además de incorporar los sistemas de almacenamiento temporal de las medidas del inversor, que a su vez permite la descarga de dicha información a un PC. Muchos fabricantes lo integran en el propio inversor, y otros ofrecen un data logger externo, conectado al inversor con ese propósito. El principal inconveniente de estos sistemas es que debido a la limitada capacidad de la memoria de dichos dispositivos se tiene que desarrollar descargas temporales, con la finalidad de poder guardar los datos recogidos.

La comunicación adecuada entre los usuarios y estos dispositivos utilizados en la monitorización de las instalaciones solares fotovoltaicas, se establece mediante protocolos de comunicación, estableciendo los flujos de información entre los distintos sistemas, estableciendo un protocolo entre las partes de la

comunicación, sobre cómo se va a proceder al envío y recepción de datos. Para desarrollar este tipo de comunicación los protocolos más utilizados son los siguientes:

- Protocolo RS232.
- Protocolo RS485.
- Protocolo GSM.
- Protocolo Ethernet.
- Protocolo TCP/IP.
- Protocolo GPRS.

En este caso la comunicación entre el Automata del bombeo y los variadores y el sistema de control se realizará a través de una red ModBUS y Ethernet, y se dotará al sistema de un PC de control en el que se almacenará todos los parámetros registrados y con el que se gestionará la comunicación con el Centro de Control de la CR.

Los sensores que se instalarán con la finalidad de medir los parámetros anteriormente indicados, son los siguientes:

Parámetro	Sensor	Precisión	Salida
Irradiancia	Célula de referencia	2 W/m ²	mV
	Piranometro	1 W/m ²	
Temperatura	PT100	0,5°C	Ω
Velocidad viento	Anemómetro		0-1 Vdc
			4-20mA
Dirección viento	Veleta		0-1 Vdc
			4-20 mA
Intensidad DC	Shunt	0,5 %	mV

5.1.4 SISTEMAS DE MONITORIZACIÓN PREVISTO

El sistema de monitorización, además de todos los parámetros expuestos con anterioridad, proporcionará medidas de las siguientes variables:

- Tensión y corriente CC del generador.
- Potencia CC consumida, incluyendo el inversor como carga CC.
- Potencia CA consumida si la hubiere, salvo para instalaciones cuya aplicación es exclusivamente el bombeo de agua.
- Contador volumétrico de agua para instalaciones de bombeo.
- Radiación solar en el plano de los módulos medida con un módulo o una célula de tecnología equivalente.

- Temperatura ambiente en la sombra.
- Estado fusibles strings

Los datos se presentarán en forma de medias horarias. Los tiempos de adquisición, la precisión de las medidas y el formato de presentación de las mismas se hará conforme al documento del JRC-Ispra "Guidelines for the Assessment of Photovoltaic Plants – Document A", Report EUR 16338 EN.

Se prevé un equipo de gestión y monitorización tipo Carlo Gavazzi para (133 Strings)

- Unidad de cuadro teledandable y gestionable desde PLC central.
- Monitorización de energía por cada pareja de string, Carlo Gavazzi o similar.
- Conexión con telecontrol y comunicación y visualización en tiempo real en centro de control CR

5.1.5 SISTEMA DE CONTROL PREVISTO

En el Apéndice 3 del presente anejo se detalla la justificación de la configuración del equipo seleccionado.

5.2 ANÁLISIS DE PARÁMETROS

Los parámetros que debemos de controlar con la finalidad de analizar el correcto funcionamiento de la instalación son los siguientes:

5.2.1 ENERGÍA SOLAR DIANA RECIBIDA POR EL GENERADOR FOTOVOLTAICO (E_{solar})

Es el producto de la irradiación diaria $H_{\alpha,\beta}$ y el área del generador en m^2 y se mide en Wh. La irradiación diaria es energía diaria recibida sobre el plano del generador y se mide en Wh/m^2 .

$$E_{solar} = H_{\alpha,\beta} \times A$$

Donde:

E_{solar} . Energía solar diaria recibida por el generador fotovoltaico.

$H_{\alpha,\beta}$ Irradiación diaria.

A Superficie de captación

5.2.2 ENERGÍA DIARIA GENERADA EN CONTINUA E_{DC}

Es la energía diaria a la entrada del inversor, se mide en Wh o en kWh y la podemos calcular según la siguiente ecuación.

$$E_{DC} = \int P_{DC} \times (dt) = \int I_{DC} \times V_{DC} \times (dt)$$

Donde:

E_{DC} Energía diaria generada en continua.

P_{DC} Potencia corriente continua (entrada inversor).

dt Diferencia de tiempo.

I_{DC} , Intensidad corriente continua.

V_{DC} , Tensión corriente continua.

5.2.3 ENERGÍA DIARIA GENERADA EN ALTEMA E_{AC}

Es la energía diaria a la salida del inversor, se mide en Wh o en kWh y se calcula la podemos calcular de acuerdo la siguiente ecuación:

$$E_{AC} = \int P_{AC} \times (dt)$$

$$P_{AC} = I_{AC} \times V_{AC} \times \cos\phi$$

Las unidades de la energía E_{AC} se expresa en kVAh.

Donde:

E_{AC} Energía diaria generada en alterna.

P_{AC} Potencia corriente alterna (salida inversor).

dt, Diferencial de tiempo.

I_{AC} Intensidad corriente alterna.

V_{AC} Tensión corriente alterna.

$\cos\phi$, Factor de potencia.

5.2.4 RENDIMIENTO DEL GENERADOR η_{GEN}

Es el cociente entre la energía generada en la entrada del inversor y la energía solar recibida en el generador fotovoltaico. Se expresa en (%).

$$\eta_{gen} = \frac{E_{DC}}{E_{solar}} \times 100$$

Donde:

η_{gen} Rendimiento del generador.

E_{AC} , Energía corriente continua (entrada inversor).

E_{solar} , Energía solar.

5.2.5 RENDIMIENTO DEL INVERSOR η_{INV}

Es el cociente entre la energía a la salida del inversor E_{AC} y su energía a la entrada E_{DC} . Se expresa en (%).

$$\eta_{inv} = \frac{E_{AC}}{E_{DC}} \times 100$$

Donde:

η_{inv} Rendimiento del inversor.

E_{AC} , Energía corriente alterna (salida inversor).

E_{DC} , Energía corriente continua (entrada inversor).

5.2.6 RENDIMIENTO DEL SISTEMA $\eta_{SISTEMA}$

Es el cociente entre la energía a la salida del inversor y la energía solar recibida por el sistema, expresado en (%).

$$\eta_{sistema} = \frac{E_{AC}}{E_{solar}} \times 100$$

Donde:

$\eta_{sistema}$, Rendimiento del sistema.

E_{AC} Energía corriente alterna (salida inversor).

E_{solar} Energía solar.

5.2.7 RENDIMIENTO ENERGÉTICO DE LA INSTALACIÓN PR

También conocido como Performance Ratio, es el cociente entre la energía diaria generada por el sistema y la que generaría el sistema en condiciones ideales, es decir sin pérdidas expresado (%).

$$PR = \frac{E_{AC}}{E_{ideal}} \times 100$$

La energía diaria generada por el sistema es la energía generada media a la salida del inversor E_{AC} . La energía ideal es el producto de la energía solar recibida por el generador por su rendimiento en condiciones estándar de medida, como podemos ver en la siguiente ecuación:

$$E_{ideal} = E_{solar} \times \eta_{STC}$$

Donde:

PR , Rendimiento energético de la instalación.

E_{AC} , Energía corriente alterna (salida inversor).

E_{ideal} , Energía ideal.

E_{solar} , Energía solar.

η_{STC} , Rendimiento en condiciones estándar de medida.

5.2.8 HORAS EQUIVALENTES

Se define como el cociente entre la energía diaria producida y los vatios picos instalados, y por tanto sus unidades son (kWh/kWp).

$$H_{eq} = \frac{E_{AC}}{P_{nPV}}$$

Donde:

H_{eq} , Horas equivalentes.

E_{AC} , Energía corriente alterna (salida inversor).

$P_{n.PV}$, La potencia nominal del generador fotovoltaico medida en condiciones STC.

Partiendo del H_{eq} , podemos llegar a calcular el PR , de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$PR(\%) = \frac{H_{eq}}{H_{er,R}} = \frac{H_{eq}}{G_{\beta,\alpha}/1000} \times 100$$

Donde:

PR , Rendimiento energético de la instalación.

H_{eq} , Horas equivalentes.

$H_{er,R}$, horas equivalentes de referencia y se define como el cociente entre la radiación solar incidente en el plano del generador ($G_{\alpha,\beta}$) y la irradiancia en condiciones estándar de medida (1000W/m^2).

5.3 MANTENIMIENTO INSTALACIONES

Aunque el mantenimiento en las instalaciones conectadas a red es sencillo, es muy recomendable, que las operaciones de mantenimiento lo realicen la empresa instaladora u otra empresa especializada en estos temas.

En los siguientes puntos, vamos a explicar las principales tareas de mantenimiento para este tipo de instalaciones.

5.3.1 MANTENIMIENTO DE LAS ESTRUCTURAS DE SOPORTE DE LOS MÓDULOS

Como ya hemos estudiado en las instalaciones solares fotovoltaicas, nos vamos a encontrar dos tipos de soporte; los fijos y los seguidores solares.

Las operaciones a desarrollar las intervenciones de mantenimiento sobre las estructuras fijas son las siguientes:

- Verificar que toda la tornillería está correctamente apretada.
- Buscar posibles deterioros de la estructura. Hay que verificar que no hay ninguna corrosión sobre la estructura.
- Comprobar que no se mueve el ángulo de inclinación.

Las operaciones a desarrollar en las intervenciones de mantenimiento sobre los seguidores solares son las siguientes:

- Verificar que toda la tornillería está correctamente apretada.
- Lubricar las partes móviles del soporte para evitar fricciones que pueden provocar un malfuncionamiento del sistema.
- Verificar que todos los sensores están bien ajustados, y funcionan correctamente.
- Verificar que los equipos de seguridad como anemómetros, funcionan correctamente.
- Verificar el control del seguidor, comprobar que el autómatas o la electrónica funciona correctamente.

5.3.2 MANTENIMIENTO DEL GENERADOR FOTOVOLTAICO

Aunque el mantenimiento de los módulos fotovoltaicos es similar a los generadores de las instalaciones aisladas. En las instalaciones conectadas a red, se tiene que conocer la configuración del generador, es decir cuántos módulos hay conectados en serie, y cuántos módulos hay conectados en paralelo. Es importante de contar con esquemas unifilares para conocer dichas configuraciones.

En este tipo de instalaciones, es recomendable desarrollar las siguientes tareas de mantenimiento:

- Proceder a la limpieza periódica de los módulos solares que forman el generador.
- Asegurarse de que no existen roturas en los vidrios de los módulos.
- Comprobar el cableado que llega desde los módulos a la caja de conexión.
- Asegurarse de la estanqueidad de las cajas de conexión.
- Comprobar el cableado de los módulos en el generador, así como las cajas de conexión.

- Verificar el estado mecánico de cables, terminales e interconexiones, presentado especial atención a que el aislamiento de los conductores permanezca intacto y sin síntomas de sobrecalentamientos, no existan terminales oxidados.
- Mediante un voltímetro verificar que no existen caídas de tensión que superen el límite establecido entre extremos de cables.
- Verificar el paso de corriente ayudándose de una pinza amperimétrica.
- Si se dispone de una cámara termográfica, comprobar que no existen puntos calientes.

5.3.3 MANTENIMIENTO DEL INVERSOR/VARIADOR

Los pasos que hay que seguir En el mantenimiento de los inversores conectados a red son las siguientes:

- Inspección visual, con el fin de poder detectar posibles anomalías y deterioros en ellas carcasas, elementos de medida y control del equipo.
- Comprobación del conexionado, comprobar e inspeccionar todas las conexiones, guardando las medidas de seguridad al respecto, con el fin de evitar cualquier posible riesgo de accidente eléctrico. Asegurarse de que los cables no están deteriorados por la acción de roedores, la humedad, etc.
- Limpieza de las casetas donde están alojadas, con el fin de eliminar polvo otros elementos que puedan entorpecer el buen funcionamiento del equipo.
- Comprobación del sistema de refrigeración, si existe en la caseta, o en el propio equipo. Una mala refrigeración puede ocasionar graves deterioros en los equipos.

En las instalaciones conectadas a red, normalmente tienen equipos de monitorización por lo que es importante realizar seguimiento o generar alarmas, con la finalidad de verificar que la instalación funciona correctamente, o detectar el fallo o avería rápidamente.

En el punto de conexión a red, puede ser interesante medir los armónicos de la señal proporcionada por la instalación, en las labores de mantenimiento, con la finalidad de asegurarnos de que la señal que se está inyectando se encuentra dentro de los límites legales.

5.3.4 MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS DE PROTECCIÓN Y MEDIDA

Para una instalación fotovoltaica conectada a red debemos tener en cuenta el mantenimiento de los elementos, de protección y medida. Los pasos a seguir son los siguientes:

- Inspección visual de todo el cableado, comprobando si existen deterioros en los aislantes.
- Comprobación del funcionamiento de los conductores, tanto de consumo como de inyección a red, verificando su correcta conexión.

- Verificación de fusibles, interruptores magnetotérmicos, interruptores diferenciales, etc., en los cuadros de protección de la instalación.
- Asegurarse de que no existen falso contactos, y proceder al reapriete de los bornes de conexión si fuese necesario.
- Comprobar que las lecturas de los contadores se incrementan con el paso del tiempo. Chequear que la producción de energía (kWh) coincide con la acumulada y aproximadamente con la suma de las potencias instantáneas proporcionadas por el inversor.

5.3.5 AVERÍAS FRECUENTES EN LAS INSTALACIONES SOLARES FOTOVOLTAICAS

Las instalaciones fotovoltaicas no suelen presentar muchas averías. La mayoría de las veces, las pocas averías que ocurren se deben a defectos producidos en las fases de diseño o instalación de los equipos. Entre las posibles causas de avería tenemos los siguientes:

- Proceso de instalación realizado de forma deficiente; cableado desordenado y sin marcar, falta de elementos de desconexión de la instalación.
- Ausencia e planos, esquemas y manuales de la instalación, así como de las características de los elementos utilizados en la misma.
- Aparatos sin indicadores de funcionamiento, falta de monitorización de la instalación.
- Falta de un registro de las acciones llevada a cabo en el plan de mantenimiento de la instalación, para poder analizar las intervenciones realizadas en la misma.

Es importante detectar y corregir una avería, pero también lo es corregir y detectar las causas de la misma y prevenir su aparición.

A continuación, detallamos algunas de las averías más típicas sobre los elementos de la instalación.

Elemento	Avería	Causa	Producida por	Efecto producido		
GENERADOR FOTOVOLTAICO	Módulo solar	Deterioro en la superficie	Caida de un objeto	Golpe sufrido en el montaje de la instalación	Falta de producción de electricidad en el generador	
			Golpe fortuito	Error en la instalación. Mal uso de usuario de la instalación		
			Vandalismo	Es aconsejable poner sistemas de seguridad (alarma, cámaras de vigilancia)		
	Célula solar	Penetración de agua	Rotura de la cubierta del módulo	Fallo montaje del módulo, o golpe sobre el módulo en las operaciones de mantenimiento o montaje		
			Sobrecalentamiento	Sombreado parcial		Fallo en los diodos de paso
			Potencia disipada excesiva	Inexistencia o fallo de elementos de protección en el generador		Fallo en fusibles y diodos de paso
Diodos de bypass	Rotura	Caida de rayo o sobre tensión	Ausencia de pararrayos o equipos de protección de sobretensiones			

Elemento	Avería	Causa	Producida por	Efecto producido
ACUMULADOR	Deterioro de las placas	Sobrecargas excesivas y descarga demasiado profundas	Regulado mal ajustado	Disminución de la capacidad del acumulador y acortamiento de su vida útil
		Sobrecarga excesivas y descarga demasiado profundas	Regulador mal ajustado	
		Nivel de electrolito insuficiente	Falta de mantenimiento preventivo	
REGULADOR INVERSOR	Fallo interno	Inversión de la polaridad	Mala colocación de las tomas de corriente para consumo	Corte en el suministro eléctrico
		Sobrecarga o cortocircuito	No existen medidas de protección	
INSTALACIÓN ELÉCTRICA	Puesta a tierra defectuosa	Montaje deficiente	Ausencia de la pica de puesta a tierra, mala continuidad de la instalación	Interrupción en el suministro eléctrico Posibilidad de que ocurran accidentes eléctrico
	Problemas en las conexiones: corrosión, aflojamiento o cortocircuito	Montaje defectuoso	Mala estanqueidad de las cajas de conexión, fallos en las conexiones.	
	Aislante del cableado deteriorado	Montaje o canalizaciones inadecuadas	Elementos protegidos contra la intemperie, acción de roedores	
	Sobrecalentamiento del cableado	Dimensionado inadecuado	Cables de sección menor a la que sería necesaria	

5.3.6 TERMOGRAFÍA EN LAS INSTALACIONES SOLARES FOTOVOLTAICAS

Es una de las técnicas más utilizadas en la actualidad en el mantenimiento, tal vez por la eficacia para predecir averías, y diagnosticar los puntos calientes sobre las células solares.

La termografía es una técnica predictiva que se realiza sin contacto físico, siendo esta una de las destacadas ventajas de este método, ya que como hemos indicado, los fallos electromagnéticos generalmente son manifestado por un aumento de intercambio de calor, dichos niveles de calor, podemos medirlos mediante niveles de radiación, que no la ayuda de las cámaras termográficas podemos controlar dentro del espectro infrarrojo, es decir en imágenes visibles, para el ojo humano.



Imagen. Cámaras termográficas.

En la realización de las termografías sobre las instalaciones solares fotovoltaicas, se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- Un correcto estudio termográfico del generador FV de un sistema tendría como alcance el 100 % de los módulos que ello compone.
- Debe de realizarse con una cámara termográfica calibrada y por un técnico con formación específica.
- El sistema fotovoltaico deberá estar en condiciones normales de operación y con todos los módulos conectados.
- El estudio termográfico se deberá realizar durante un día despejado, con irradiancia superiores a los 700 W/m^2
- Es recomendable utilizar las dos hora anteriores y posteriores del mediodía solar.
- Se deben realizar y guardar fotos de todos los módulos que presente zonas con un gradiente de temperatura superior a 7°C . Esta acción permitirá realizar un estudio sobre la evolución del problema si persiste.

Se tendrá que realizar un análisis detallado con el siguiente alcance:

- La temperatura de operación del generador no se encuentre dentro del rango marcado fabricante del módulo fotovoltaico en función de la TONC del mismo (para ello se deberá considerar también la temperatura ambiente y el valor de la irradiancia incidente).
- Exista algún punto o célula caliente en un módulo fotovoltaicas entenderá por punto caliente toda aquella zona en la que exista un gradiente de temperatura mayor de $20 \text{ }^\circ\text{C}$.
- Existen roturas o microrroturas, fisuras, zonas inactivas o cualquier otro tipo de daño en alguna célula fotovoltaica.

Aunque se han analizado las tareas de la termografía para los módulos solares fotovoltaicos, es recomendable desarrollar un análisis termográfico de la instalación fotovoltaica permitirá detectar puntos calientes en conexiones de los cuadros de DC y AC, así como en los inversores, y resto de equipos.

Los puntos calientes ocasionados en los cuadros eléctricos de las instalaciones solares fotovoltaicas, normalmente son ocasionados por un incorrecto diseño o una defectuosa ejecución en de la instalación o en su defecto por un incorrecto mantenimiento.

