ANEJO Nº 11

ELECTRIFICACIÓN. CÁLCULOS ELÉCTRICOS

ÍNDICE

1 OBJETIVO 1

2 CONEXIÓN EN MT 1

3 LINEA SUBTERRANEA EN MT 2

4 CENTRO DE TRANSFORMACIÓN 2

5 INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA. CORRIENTE CONTINUA 3

5.1 ESTIMACIÓN DE LA POTENCIA NECESARIA 3
5.2 DIMENSIONAMIENTO DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA 4
5.2.1 Datos de cálculo 4
5.2.2 Cálculo del generador fotovoltaico 4
5.2.3 Elección del variador de frecuencia hibrido solar 10
5.2.4 Protecciones AC/DC 11
5.2.5 Monitorización y control de la instalación 11
5.2.6 Puesta a tierra 15
5.3 SISTEMA DE SEGURIDAD Y VIDEOVIGILANCIA 17
5.3.1 Subsistema de intrusión 17
5.3.2 Subsistema de Circuito Cerrado de Televisión (CCTV) 17
5.3.3 Subsistema de centralización 18
5.3.4 Componentes 18
5.4 RESUMEN DE LOS EQUIPOS DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA 21
5.5 INSTALACIÓN ELÉCTRICA CC 23

6 INSTALACIÓN BAJA TENSIÓN. CORRIENTE ALTERNA 25

6.1 DERIVACION INDIVIDUAL 25
6.2 DISPOSITIVOS GENERALES DE MANDO Y PROTECCIÓN (DGMP) 25
6.3 PREVISIÓN DE POTENCIA 26
6.3.1 Estación de bombeo y filtrado 26
6.4 INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE FUERZA 27
6.4.1 Dimensionamiento de las secciones de los conductores 28
6.5 INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE ALUMBRADO 30
6.5.1 Alumbrado interior en sala eléctrica 30
6.5.2 Alumbrado de emergencia 31
6.6 PROTECCIÓN DE LAS INSTALACIONES 32
6.6.1 Cálculo del cortocircuito 32
6.6.2 Cálculo electrodinámico 35
6.6.3 Comprobación por solicitación térmica en cortocircuito 35
6.7 INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA 36

6.8 PRESCRIPCIONES PARTICULARES EN LOCALES ESPECIALES (ITC-BT 30)..... 37

7 VENTILACIÓN FORZADA EN LA SALA ELÉCTRICA..... 38

APÉNDICE 1: CALCULOS MECÁNICOS LÍNEA AÉREA MEDIA TENSIÓN

APÉNDICE 2: CALCULOS ELECTRIFICACIÓN

APÉNDICE 3: CARTA DE CONDICIONES COMPAÑÍA DISTRIBUIDORA

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Potencia necesaria en la estación de bombeo y filtrado (origen fotovoltaico) 3
Tabla 2. Datos de cálculo para dimensionamiento instalación fotovoltaica 4
Tabla 3. Número de módulos y potencia pico instalación fotovoltaica 7
Tabla 4. Características técnicas modulo fotovoltaico empleado..... 7
Tabla 5. Datos de cálculo para configuraciones posibles 8
Tabla 6. Resultados para posible configuración en serie 9
Tabla 7. Resultados para posible configuración en paralelo 9
Tabla 8. Resumen configuración elegida para la instalación fotovoltaica 10
Tabla 9. Elección del variador solar necesario para la instalación fotovoltaica 10
Tabla 10. Características técnicas del variador solar escogido 10
Tabla 11. Correspondencia del sistema de monitorización en el presupuesto 13
Tabla 12. Instalación de puesta a tierra campo fotovoltaico 16
Tabla 13. Correspondencia del sistema de seguridad y videovigilancia en el presupuesto 20
Tabla 14. Listado de potencias instalación Estación Bombeo y Filtrado 26
Tabla 15. Guía elección conductores según función y sistema instalación 29
Tabla 16. Iluminancias mínimas recomendadas para recintos interiores..... 30
Tabla 17. Cálculo alumbrado emergencia en sala eléctrica 32

ÍNDICE DE ESQUEMAS

Esquema 1. Componentes instalación fotovoltaica estación de bombeo y filtrado 22

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Irradiación mensual sobre plano fijo para instalación de estación de bombeo y filtrado (Fuente: PVGIS) 6
Gráfico 2. Producción mensual sobre plano fijo para instalación de estación de bombeo y filtrado (Fuente: PVGIS) 6

1 OBJETIVO

Las instalaciones eléctricas objeto del presente proyecto de modernización de regadíos son las siguientes:

1 Conexión en media tensión a la red de la compañía distribuidora

2 Línea subterránea de media tensión para abastecer de energía la estación de bombeo y filtrado

3 Centro de transformación 400 kVA tipo abonado, con medida de la energía

4 Generación fotovoltaica para abastecer de forma híbrida los variadores de frecuencia de las bombas del sector “Bajo” en la estación de bombeo y filtrado

5 Instalación eléctrica de baja tensión en la estación de bombeo y filtrado

No será objeto del presente proyecto, ejecutándose por tanto en fase posterior, la instalación de generación fotovoltaica así como la instalación de baja tensión en corriente alterna para alimentación de las bombas del sector “Alto” de la estación de bombeo y filtrado, mediante el empleo de variadores de velocidad híbridos, preparados para suministrar energía eléctrica a las bombas desde 2 fuentes de energía, por un lado la energía solar, y por otro, la energía convencional procedente de la red.

2 CONEXIÓN EN MT

La alimentación convencional desde red eléctrica para la estación de bombeo y filtrado se alimentará en media tensión a través de entronque aéreo a línea aérea existente propiedad de Endesa (e-Distribución Redes Digitales SLU), tensión 20 kV en el apoyo A626686, coordenadas UTM X=507.405,07 Y=4.168.822,85, donde el nuevo apoyo de la derivación irá en un radio máximo de 20 m y no originará tracción mecánica sobre la línea aérea media tensión existente, según carta de condiciones AGRA001-0000510913-1, la cual se adjunta en el apéndice 3 «Carta de condiciones compañía distribuidora».

Dispondrá de las medidas avifauna correspondientes según la normativa vigente, RD 1432/2008, de 29 de agosto, por el que se establecen medidas para la protección de la avifauna contra la colisión y la electrocución en líneas eléctricas de alta tensión así como el Decreto 178/2006, de 10 de octubre, por el que se establecen normas de protección de la avifauna para las instalaciones eléctricas de alta tensión.

3 LINEA SUBTERRANEA EN MT

Comenzará en el apoyo de la derivación, haciendo la conversión aero-subterránea correspondiente. La línea soportará una tensión más elevada de 24 kV, será simple circuito, con conductores de Al RHZ1 18/30 kV de 150 mm^2 de sección, normalizado por la compañía distribuidora, enterrados bajo tubo de PE diámetro 160 mm, clasificada, por lo tanto, de categoría A, según el aptdo. 2.1 de la ITC-LAT 06 del Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión (RLAT, RD 223/2008, de 15 de febrero).

Tendrá una longitud de 160 m que discurrirá paralela a la tubería de entrada al filtrado en la estación de bombeo y filtrado, ejecutándose las arquetas necesarias para su correcto tendido y mantenimiento.

4 CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

El centro de transformación será de tipo interior bajo envolvente prefabricada de hormigón, tipo caseta monobloque normalizada. El transformador será 400 kVA, relación de transformación 20.000/400 V, nivel de aislamiento del conjunto 24 kV, valores admitidos para este tipo de instalación según las Especificaciones Particulares 2018 de la compañía distribuidora (e-Distribución), cumpliendo con las condiciones requeridas en el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión e ITC, más concretamente sus instrucciones técnicas complementarias ITC-RAT 13 Instalaciones de puesta a tierra e ITC- RAT 14 Instalaciones eléctricas de interior.

El centro de transformación tendrá puerta de entrada peatonal para el personal de mantenimiento y puerta de entrada/salida de la máquina transformadora, presentará su fachada de cara al camino de acceso al objeto que sea posible extraer la máquina mediante camión grúa.

El equipamiento eléctrico formado por celdas compactas modulares, de características eléctricas, corte SF6 y tensión e intensidad asignadas, 24 kV y 400 A respectivamente, será:

-Una (1) celda de remonte

-Una (1) celda de protección con ruptofusibles (calibre 40 A)

-Una (1) celda de medida

El transformador será de aceite con relación de transformación 20.000/400 V.

En el centro de transformación se colocará un cuadro de BT de salida protegida con interruptor automático magnetotérmico y relé diferencial para protección de la línea de conexión al cuadro general de distribución de la estación de bombeo y filtrado.

5 INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA. CORRIENTE CONTINUA

Los módulos fotovoltaicos convertirán la energía proveniente del sol en energía eléctrica alterna trifásica en baja tensión a 230/400 V, que se usará para la alimentación de los receptores en la instalación de la estación de bombeo y filtrado, concretamente las bombas proyectadas del sector "Bajo".

La energía procedente de la radiación solar (energía solar fotovoltaica) se convierte en energía eléctrica en su formato de corriente continua a través de una serie de paneles solares dispuestos en número apropiado en series. Estas series se agrupan formando paralelos que se conectan al equipo variador de frecuencia, encargado de convertir la corriente continua generada en corriente alterna para alimentar receptores en baja tensión.

Asimismo, se ejecutará la instalación de modo que se asegure un grado de aislamiento eléctrico mínimo de tipo básico clase I en lo que afecta a equipos tales como módulos e inversores, así como al resto de materiales, tales como conductores, cajas, armarios de conexión, etc. En cualquier caso, el cableado de corriente continua será de doble aislamiento.

Al diseñarse como instalación generadora interconectada para autoconsumo sin excedentes, según RD 244/2019 de 5 de abril, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica, tendrá el apoyo de energía de red en momentos puntuales, debido a las condiciones climatológicas fundamentalmente.

5.1 ESTIMACIÓN DE LA POTENCIA NECESARIA

Se realizará a continuación el estudio de las potencias necesarias para determinar los paneles solares para el continuo funcionamiento de los receptores previstos.

Los equipos a tener en cuenta para el dimensionado energético serán los siguientes.

Tabla 1. Potencia necesaria en la estación de bombeo y filtrado (origen fotovoltaico)

INSTALACIÓN	RECEPTOR	Ud	P unit (kW)	P inst (kW)	Fc %	Fut %	P tot (kW)	Uso día (h)	Ed (kWh/día)
BOMBAS	Bomba 1-210 l/s	1	75,00	75,00	80	100	60,56	8	484,48
	Bomba 2-210 l/s	1	75,00	75,00	80	100	60,56	8	484,48
	Bomba 3-210 l/s (reserva)	1	75,00	-	-	-	-	-	-
				150,00			**121,12**		**968,96**

La potencia total será **121,12 kW.**

La energía necesaria diaria será **968,96 kWh/día.**

5.2 DIMENSIONAMIENTO DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

5.2.1 Datos de cálculo

Para el dimensionado del sistema fotovoltaico en la instalación se tomarán como referencia los siguientes datos:

Tabla 2. Datos de cálculo para dimensionamiento instalación fotovoltaica

	ESTACIÓN BOMBEO Y FILTRADO
Tensión del panel (Vmp)	45,69 V
Intensidad del panel (Imp)	13,46 A
Inclinación β panel (º)	15,00º
Orientación α (azimut)	0º (S)

Justificación de los datos de cálculo:

-**Inclinación (β) del panel**

Los módulos fotovoltaicos se colocarán sobre mesas configuración 2x16V, siendo la pendiente del dintel de la mesa de soportación de 15 º, o sea, 26,79 %.

-**Orientación o azimut (α) del panel**

Según la disposición física del campo solar fotovoltaico, motivada por la entrada-salida de tuberías y disposición de suelo, los módulos fotovoltaicos arrojan 0º sur.

5.2.2 Cálculo del generador fotovoltaico

Realizamos el estudio para el caso más desfavorable, manteniendo el resultado del sistema de alimentación para todos los puntos igual por motivos costes y sobreseguridad.

Se hará uso de la siguiente fórmula:

Nº módulos = Ah necesarios / HSP • Imp

Donde:

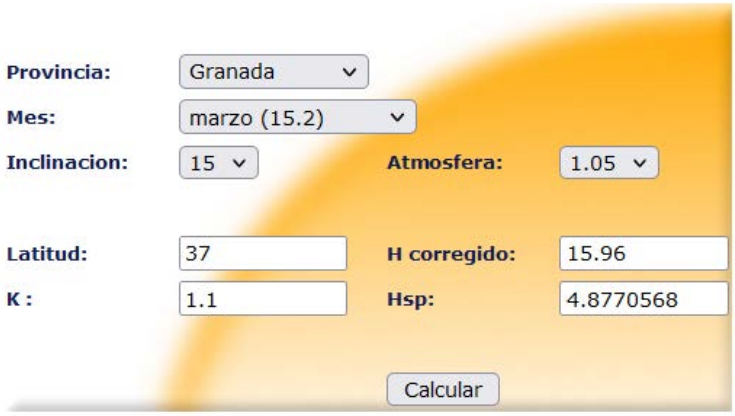
Ah = Energía consumida por día (Wh/día) dividido entre tensión sistema (V)

HSP = Hora solar pico, número horas del día en que la instalación produce a su potencia nominal, es decir, que los módulos reciben 1.000 W/m^2

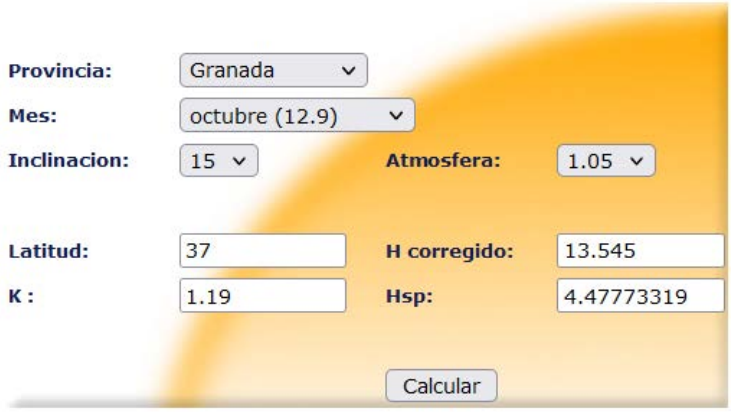
Imp = Intensidad nominal del módulo fotovoltaico

Para calcular HSP, o sea, la radiación diaria promedio entre los meses de uso para los que se diseñan las instalaciones (marzo a octubre) y asi obtener entre que valores oscila la radiación (kWh/m^2 día) dividido entre 1.000 W/m^2, usamos una herramienta on-line tipo calculadora (fuente http://www.hmsistemas.es/shop/catalog/calculadora_hsp.php) para una inclinación media de 15º para simplificar los cálculos.

MES MARZO



MES OCTUBRE



MARZO: Nº módulos = (968960 / 24) / (4,87 • 13,46) = 615,91 (616 módulos)

OCTUBRE: Nº módulos = (968960 / 24) / (4,47 • 13,46) = 669,98 (670 módulos)

Tomaremos, redondeando, como valor intermedio el de **640 MODULOS**, para tener un número y distribución de mesas donde soportar los módulos, más lógico y racional sobre el terreno, decisión también avalada por diseño tanto mecánico (32 módulos por mesa, 4 filas de 5 mesas cada una) como eléctrico (lazos de 16 módulos, 2 lazos por mesa).

En el Anejo nº 10 “Dimensionamiento de la instalación fotovoltaica” se realiza un predimensionamiento de un campo fotovoltaico de unos 400 kWp para el proyecto de esta Fase II. Al fijar una potencia concreta para el módulo fotovoltaico (615 Wp) y los 640 módulos se obtiene una instalación de 393,6 kWp. En dicho Anejo nº 10 se calcula la producción energética del campo fotovoltaico de potencia de 393,6 kWp y su correspondencia con la demanda de energía de la estación de bombeo conforme al calendario de riego establecido (8-8,5 horas diarias desde marzo hasta octubre, ambos meses incluidos), comprobándose que la instalación cumple con los requisitos previstos y que sólo en algún momento de los meses de marzo y octubre necesitaría tomar energía de la red eléctrica de forma muy puntual y con un consumo mínimo.

Como información adicional, obtenida de PVGIS, tenemos la irradiación global (H_{i_m}) según la ubicación y disposición física para la instalación proyectada, acorde al siguiente gráfico:

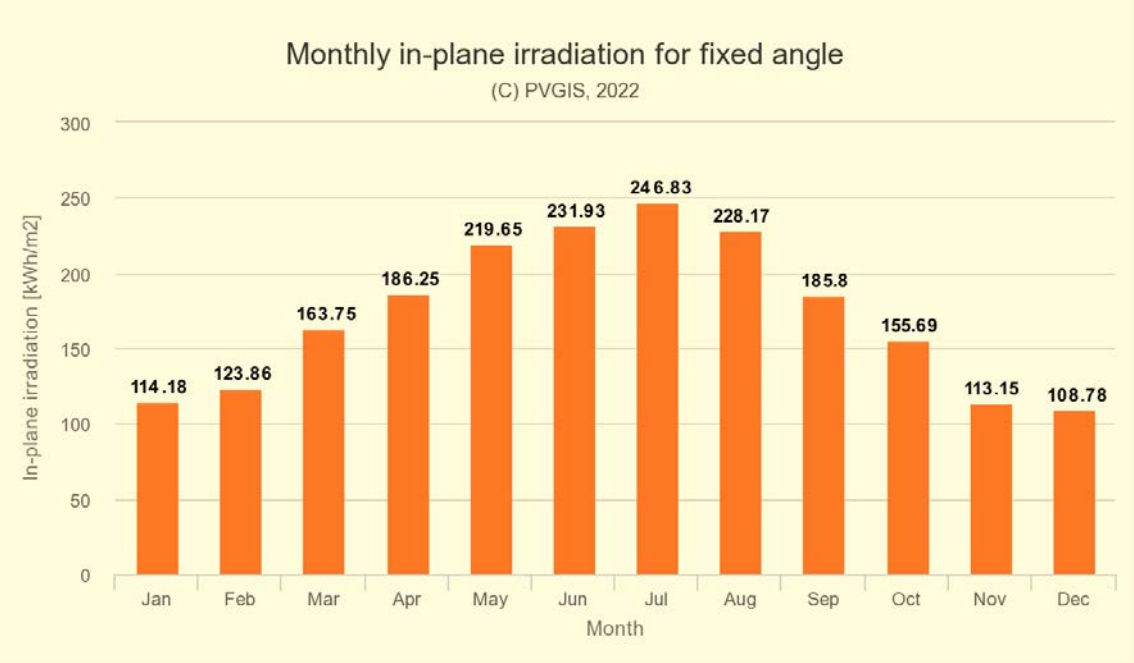


Gráfico 1. Irradiación mensual sobre plano fijo para instalación de estación de bombeo y filtrado (Fuente: PVGIS)

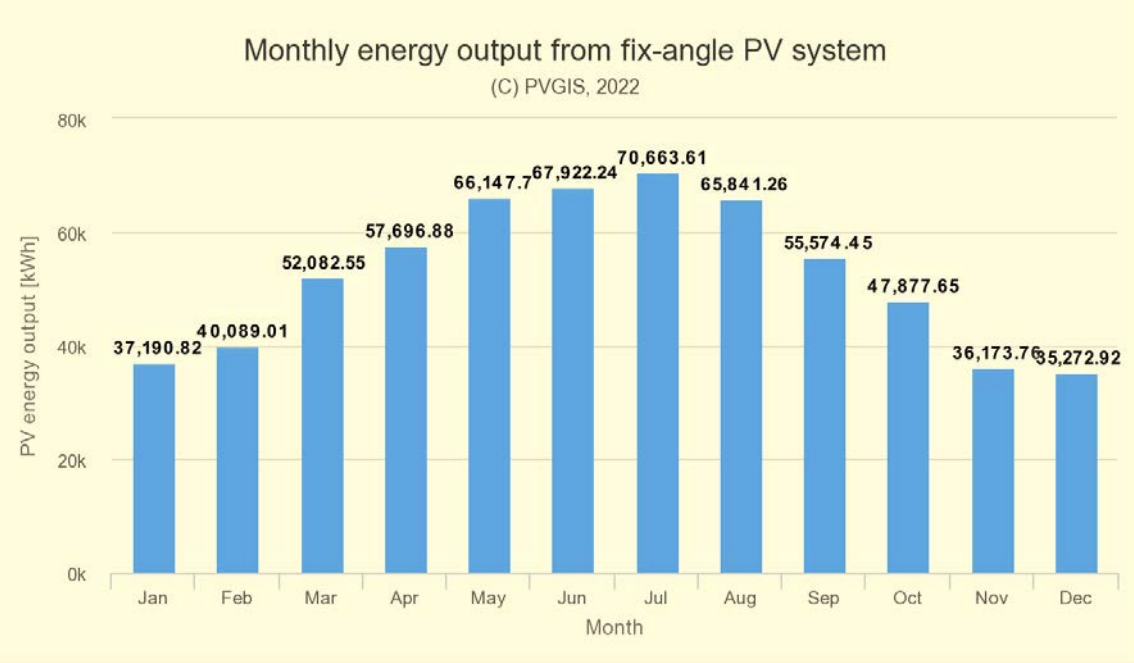


Gráfico 2. Producción mensual sobre plano fijo para instalación de estación de bombeo y filtrado (Fuente: PVGIS)

El diseño de campo solar fotovoltaico está vinculado tanto al módulo solar como al variador solar instalado.

Tabla 3. Número de módulos y potencia pico instalación fotovoltaica

NÚMERO MÓDULOS FV			
ACTUACION	**POT unit. Wp**	**Nº**	**POT total kWp**
Estación de bombeo y filtrado	615	640	393,60

En la tabla adjunta puede observarse las características técnicas (eléctricas y físicas) que poseen los paneles proyectados para suministro, y que se resumen en las siguientes:

Tabla 4. Características técnicas modulo fotovoltaico empleado

Potencia pico (Wp)	615
Eficiencia	22 %
Tensión panel máxima potencia Vmp (V)	45,69
Intensidad panel máxima potencia Imp (A)	13,46
Tensión de vacío Voc (V)	55,40
Intensidad cortocircuito Isc (A)	14,18
Coeficiente Voc (% / ºC)	-0,25
Coeficiente Pmax (% / ºC)	-0,30
Superficie (m^2)	2,79

Estas características son especificaciones en CEM (condiciones estándares de medida), consistentes en una irradiancia de 1.000 W/m^2, temperatura de célula de 25 ºC y masa de aire de 1,5.

Todos los certificados de cada uno de los módulos estarán dentro del margen de potencia pico nominal ± 2 %, desviaciones las cuales se producen también, en mayor o menor medida, en los parámetros de tensión e intensidad a máxima potencia, Vmp e Imp. Por tanto, si dentro de un mismo modelo aparecen tales desviaciones, es razonable agrupar series en paralelo con modelos de características similares, que no necesariamente serán de la misma potencia nominal, pudiéndose clasificar los módulos fotovoltaicos en agrupaciones que presenten Imp similares y que se pueden corresponder con modelos diferentes o potencias pico nominales distintas. Esta última situación es la que se implementará agrupando los modelos antes indicados.

En cualquier caso, los módulos se asociarán dentro de su misma serie en función de su propia intensidad de máxima potencia (Imp), que es el criterio óptimo de asociación. Si bien, aunque hay una correlación entre la Imp y la Pmp, no siempre a mayor potencia tendremos una mayor corriente.

5.2.2.1 Tensiones de trabajo y parámetros de la instalación

En la siguiente tabla se muestran los datos iniciales que se han tenido en cuenta para realizar los cálculos, extrayéndose de las características del panel tipo, así como de datos climáticos de uso común (temperaturas máxima y mínima de la ubicación):

Tabla 5. Datos de cálculo para configuraciones posibles

Temperatura ambiente máxima (ºC)	34
Temperatura ambiente mínima diurna (ºC)	0
NOCT* módulo (ºC)	45+-2
Irradiancia máxima (W/m^2)	1.000
Irradiancia mínima (W/m^2)	100
Coeficiente Voc (% / ºC)	-0,25
Coeficiente Isc (% / ºC)	0,0046

NOCT: *nominal operating cell temperature* (temperatura de operación nominal de la célula)

5.2.2.2 Configuración

SERIE

Para el cálculo de módulos en serie es necesario determinar los valores de tensión mínima y máxima del módulo en las condiciones climatológicas de trabajo de la zona (CUEVAS DEL CAMPO, GRANADA), como se muestra en la Tabla 6, donde también queda reflejado el número máximo y mínimo de paneles en serie que pueden conectarse.

La tensión mínima se corresponderá con la tensión a la temperatura ambiente máxima que se puede dar (34 ºC) mientras que la tensión máxima que aparezca, será la tensión de vacío a la mínima temperatura ambiente (0 ºC) que tengamos en la ubicación, según las expresiones de la literatura técnica de este tipo de instalaciones:

V_{mp} mínima = V_{mp} + (Coef P_{max} •V_{mp} • (T_{celula}-25)

V_{OC} máxima = V_{OC} + (Coef V_{OC} • V_{OC} • (T_{min}-25))

Sabiendo que la temperatura de la célula fotovoltaica se calcula:

$T_{célula}$ = $T_{ambiente}$ + (Irradiancia • (NOCT-20) / 800)

Irradiancia = Potencia radiante incidente por m^2 sobre plano en el lugar ubicación (W/m^2). En Granada, tomaremos 735 W/m^2, correspondiente al mes de julio, valor empleado de media en capitales de provincia, en la literatura técnica especializada.

Para 34 ºC: $T_{célula}$ = 34 + (735 x (45-20) / 800) = 56,97 ºC

V_{mp} mínima = 45,69 + (-0,0030 •45,69 • (56,97-25) = 41,31 V
V_{OC} máxima = 55,40 + (-0,0025 • 55,40 • (0-25) = 55,68 V

Tabla 6. Resultados para posible configuración en serie

Nº MÓDULOS EN SERIE						
ACTUACIÓN	**INVERSOR**		**MODULOS**			
	Tensión máxima Vmáx (V)	**Tensión mínima Vmín (V)**	**Tensión Vmp mínima (a T^a_{max}) (V)**	**Tensión vacío máxima Voc (a T^a_{min}) (V)**	**Nº máx**	**Nº mín**
ESTACIÓN BOMBEO Y FILTRADO	1.000	560	41,31	55,68	17	13

Por tanto, para respetar el rango de tensiones MPP (*Maximun Power Point*, punto de potencia máxima) del variador solar escogido, que oscila entre 560 y 1.000 V, y la máxima corriente admisible, se deben de conectar como mínimo 13 módulos fotovoltaicos en serie (560 V / 41,31 V = 13,56 módulos), y como máximo 17 (1000 V / 55,68 V = 17,96 módulos). Se tomarán para el diseño de los lazos **16 módulos fotovoltaicos en serie**. Con estos valores nos aseguramos de que el generador fotovoltaico se encuentre dentro del rango de tensiones nominales para cualquier temperatura en la que pueda operar.

PARALELO

Para el cálculo de las ramas (también llamadas series) en paralelo se debe cumplir que la intensidad de cortocircuito máxima por rama, por el número de ramas en paralelo, sea menor que la corriente máxima admisible de entrada al variador solar, que es 150 A:

Tabla 7. Resultados para posible configuración en paralelo

Nº MÓDULOS EN PARALELO			
ACTUACIÓN	**Intensidad de cortocircuito módulo $I_{sc\ max}$ (A)**	**Intensidad máxima entrada al variador I_{max} (A)**	**Nº Ramas (Series)**
ESTACIÓN BOMBEO Y FILTRADO	14,18	150,00	10

Según los cálculos, pueden conectarse hasta un máximo de 10 ramas en paralelo (14,18 x 10 = 141,80 < 150 A máximo).

Así pues, la configuración propuesta del campo solar en la instalación proyectada cumple los requisitos anteriores, empleando 10 ramas con número de paneles en cada rama o serie de 16, tal y como se resume en la siguiente tabla:

Tabla 8. Resumen configuración elegida para la instalación fotovoltaica

CONFIGURACION FOTOVOLTAICA					
ACTUACIÓN	**POT unit (Wp)**	**Nº**	**POT total (kWp)**	**Nº Series**	**Distribución series**
ESTACIÓN BOMBEO Y FILTRADO	615	640	393,60	10	16-16-16-16-16-16-16-16-16-16

5.2.3 Elección del variador de frecuencia hibrido solar

Para la potencia pico del campo fotovoltaico se empleará variador de frecuencia hibrido solar trifásico para cada una de las bombas proyectadas en la instalación, ubicados en sala eléctrica interior protegido de la intemperie, considerándose por tanto, un grado de protección adecuado IP 54 para cada uno de estos equipos

Escogiendo un variador solar para la instalación con potencia comercial de 75,00 kW.

Tabla 9. Elección del variador solar necesario para la instalación fotovoltaica

ACTUACIÓN	**POT kW_n**	**Nº**	**Salida**
ESTACIÓN DE BOMBEO Y FILTRADO	75,00	3	Trifásica

5.2.3.1 Descripción técnica

A continuación, se relacionan unas características técnicas mínimas exigibles al equipo que se instale, en función de los datos empleados en los cálculos.

Tabla 10. Características técnicas del variador solar escogido

Potencia nominal salida (kW)	75,00
Mínima tensión entrada (V_{dc})	560
Máxima tensión entrada (V_{dc})	1000
Máxima Corriente cortocircuito por serie (A)	150
Número mínimo seguidores punto máxima potencia (MPP)	-
Número mínimo entradas cc	1
Red salida	Trifásica 400V 50 Hz (3F+PE)
Protección (Tipo/Clase)	IP 54 / 1
Filtro CEM	Integrado
Filtro dV/dt	Integrado

5.2.4 Protecciones AC/DC

Cumplirán con las directivas comunitarias de Seguridad Eléctrica y Compatibilidad Electromagnética:

-DIRECTIVA 2014/35/UE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 26 de febrero de 2014 sobre la armonización de las legislaciones de los Estados miembros en materia de comercialización de material eléctrico destinado a utilizarse con determinados límites de tensión.

-DIRECTIVA 2014/30/UE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 26 de febrero de 2014 sobre la armonización de las legislaciones de los Estados miembros en materia de compatibilidad electromagnética (CEM)

Ambas serán certificadas por el fabricante, incorporando protecciones frente a:

- Cortocircuitos en alterna.
- Tensión de red fuera de rango.
- Frecuencia de red fuera de rango.
- Polaridad inversa.
- Detección de aislamiento por fallo de puesta a tierra.
- Sobretensiones, mediante varistores o similares.
- Perturbaciones presentes en la red como microcortes, pulsos, defectos de ciclos, ausencia y retorno de la red, etc.

También cumplirán las especificaciones requeridas en el Pliego de Condiciones Técnicas de instalaciones aisladas de red (PCT-A-REV- febrero 2009, IDAE) así como el 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.

5.2.5 Monitorización y control de la instalación

Desde el punto de vista de la monitorización y control de la instalación fotovoltaica, se diseña a su vez un sistema de adquisición de datos consistente en:

1) Sonda de radiación solar, temperatura de panel y temperatura ambiente instalada junto a los módulos. Cableada mediante ModBus RS-485 (par trenzado) hasta cuadro de monitorización del campo FV ubicado en la estación de bombeo y filtrado. Emitirá alarma mantenimiento/limpieza módulos FV.

2) Sistema para monitorización de corriente y tensión en los *strings* con fuente de alimentación propia a 24 Vdc. Se instalará un módulo de toma de datos en cada caja concentradora de series (CCS) y se cableará (ModBus RS-485, par trenzado) hasta el cuadro de monitorización ubicado en la estación de bombeo y filtrado. Cada caja de *strings* (CCS) dispondrá de dos salidas digitales más, indicando una de ellas el estado del seccionador y la otra, posibles sobretensiones y protecciones contra descargas ambientales.

3) Sistema HMI con pantalla para visualización completa del funcionamiento y valores de producción fotovoltaicos en la instalación. Incluye registro de datos (*datalogger*) y conexión cable ethernet a switch. Éste será el mismo HMI de control del bombeo y filtrado.

4) Switch de comunicaciones 4 puertos cobre Ethernet 10/100, alimentado a 24 Vdc. Al switch se conectarán los convertidores de puerto serie a ethernet, correspondientes tanto a la estación meteorológica como a la monitorización de CCS del campo fotovoltaico

5) Modem Rúter 3G/4G, comunicación segura VPN. Mediante una salida Ethernet (fibra óptica desde conversor F.O.-RJ45) el sistema se conectará a un módem rúter (conexión red wifi) que enviará los datos a la nube para su almacenamiento y consulta. Servirá el mismo que se ha proyectado para el control del bombeo y filtrado (ya incluido en Fase I).

6) Sistema antivertido en la red de suministro, al objeto de cumplir ITC BT40 (REBT) y RD 244/2019, compuesto por controlador dinámico de potencia (inyección cero) por desplazamiento del punto de trabajo del campo solar, que permite regular el nivel de generación de un inversor-variador en una instalación fotovoltaica en función del consumo del usuario. Se apoya en analizador de redes trifásicas, tecnología ITF, montaje carril DIN y medidas en 4 cuadrantes, para monitorizar y registrar la producción fotovoltaica y el consumo de la red eléctrica. Dispondrá de salidas de relé y comunicación tipo ModBus RS-485, par trenzado.

7) Los equipos se instalarán en el interior del armario de automatización (servirá el mismo que se ha proyectado para el control del bombeo y filtrado ya **incluido en Fase I**) completamente cableados (UTP cat 6 LSZH 100 Ω 350 MHz) entre sí, incluidos los elementos necesarios para su funcionamiento.

Desde el punto de vista del <u>control de los variadores frecuencia híbridos solares</u> (VFH), el sistema está formado por:

1) Red con protocolo Modbus TCP desde el PLC, al que se conectarán los VFH que actuarán como esclavos.

2) **PLC** situado en el CCM automatización y telecontrol **existente** en la estación de bombeo y filtrado, al que también se conectan el resto de nuevos controladores (caudalímetro, flujostatos de bombas, transductores de presión en colectores de entrada y salida, presostato a salida) Dichos controladores se protegen en el CCM automatización existente de una fuente de alimentación 230 Vac / 24 Vdc y un SAI interactivo (in line) a 24 Vdc, dotado de baterías propias, **instalados ya en la Fase I**

3) Convertidor ethernet para la conexión directa a un switch mediante cable ethernet. El protocolo utilizado es el estándar TCP/IP, por lo que el usuario tiene la posibilidad de controlar los sistemas usando VPN (red privada virtual) o un rúter., **instalado en Fase I**

Al objeto de clarificar este apartado, en su correlación con el DOCUMENTO PRESUPUESTO, se adjunta la siguiente tabla de correspondencia:

Tabla 11. Correspondencia del sistema de monitorización en el presupuesto

DOCUMENTO: ANEJO 11 ELECTRIFICACIÓN			**DOCUMENTO: PRESUPUESTO**			
SISTEMA	ELEMENTO		CÓDIGO	CONCEPTO	UD	€
Estación meteorológica	Sondas de radiación y temperaturas		Z_RAD_TEMP	Sonda de radiación y temperatura ambiente	1	889,06
			Z_SON_TEM	Sonda de temperatura de la célula	1	432,38
Monitorización de corriente y tensión en strings	Interruptor seccionador corte en carga, fusibles, vigilante, descargador sobretensiones, fuente alimentación 24 Vdc y módulos toma de datos (V,I) para las CC Series		Z_CAJACO10	Caja de conexiones de CC-Series hasta 10 strings	4	5.576,20
			Z_PROT_ATMOS	Protección contra descargas atmosféricas bus comunicaciones	4	960,60
HMI	Pantalla para visualización completa del funcionamiento y valores de producción fotovoltaicos en la instalación. Incluye registro de datos (datalogger)		-	**Existente en la Estación de Bombeo (FASE I)**	-	-

DOCUMENTO: ANEJO 11 ELECTRIFICACIÓN			DOCUMENTO: PRESUPUESTO			
SISTEMA	ELEMENTO		CÓDIGO	CONCEPTO	UD	€
Comunicaciones	Switch de comunicaciones 4 puertos cobre Ethernet 10/100, alimentado a 24 Vdc		Z_SWITCH_FIB	Switch ethernet - fibra óptica instalado	1	583,15
			Z_FA_24VCC	Fuente de alimentación 24/230 Vca 300 W protecc. 24 Vcc y 400 V	1	573,14
	Modem Router 3G/4G		Se usará el mismo del sistema de videovigilancia			
Antivertido	Compuesto por controlador dinámico de potencia (inyección cero) por desplazamiento del punto de trabajo del campo solar, que permite regular el nivel de generación de un inversor-variador en una instal. FV en función del consumo del usuario. Se apoya en analizador de redes trifásicas.		Z_EQSISANTIV	Conjunto elementos sistema antivertido	1	3.681,92
Monitorización	Armario para automatización, completamente cableados sus componentes (cable UTP cat 6)		-	**Existente en la Estación de Bombeo (FASE I)**	-	-
Cableado monitorización	ModBus RS-485, par trenzado		Z_CABBELDEN	Cable bus comunicación	76,60	504,03
Automatización y telecontrol	PLC en CCM automatización y telecontrol		- Z_SOFT_FV	**Existente en la Estación de Bombeo (FASE I)** Software de control y monitorización	- 1	- 2.609,36
	Fuente de alimentación 230 Vac/24 Vdc y SAI interactivo c/baterías		-	**Existente en la Estación de Bombeo (FASE I)**	-	-

DOCUMENTO: ANEJO 11 ELECTRIFICACIÓN			DOCUMENTO: PRESUPUESTO			
SISTEMA	ELEMENTO		CÓDIGO	CONCEPTO	UD	€
	Convertidor ethernet para conexión a switch		-	**Existente en la Estación de Bombeo (FASE I)**	-	-

5.2.6 Puesta a tierra

Según el 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, así como el Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (REBT, ITC BT 18), la puesta a tierra se realizará de forma que no altere la de la compañía eléctrica distribuidora, con el fin de no transmitir defectos a la misma.

Asimismo, las masas de la instalación fotovoltaica estarán conectadas a una tierra independiente de la del neutro de la empresa distribuidora de acuerdo con el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.

La puesta a tierra consiste en una unión metálica directa entre determinados elementos de una instalación y un electrodo o grupo de electrodos enterrados en el suelo. En esta conexión se consigue que no existan diferencias de potencial peligrosas en el conjunto de instalaciones, edificio y superficie próxima al terreno. La puesta a tierra permite el paso a tierra de los corrientes de falta o de descargas de origen atmosférico.

Se realizará un electrodo enterrado horizontalmente mediante cable de cobre desnudo de 35 mm² de sección, abarcando la mayor parte del perímetro que ocupa la estructura sobre la que se colocan los módulos fotovoltaicos. A lo largo de dicho electrodo se colocarán varias picas.

Se considera una resistividad del terreno de: 150 Ω·m.

Para el caso de un conductor enterrado horizontal, la resistencia de tierra en función de la resistividad del terreno es:

$$R_C = \frac{2 \cdot \rho}{L}$$

Donde:

- ρ: Resistividad del terreno (Ω·m).
- L: Longitud total del conductor (m).

Para el caso de un conjunto de picas verticales aisladas, la resistencia de tierra en función de la resistividad del terreno es:

$$R_P = \frac{\rho}{N \cdot L}$$

Donde:

- ρ: Resistividad del terreno (Ω·m).
- N: Número de picas.
- L: Longitud de una pica (m).

La resistencia conseguida para el conjunto de electrodos de la instalación de puesta a tierra, teniendo en cuenta que el conjunto de picas y el conductor enterrado horizontal están en paralelo respecto de tierra, se calcula de la forma siguiente:

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_C} + \frac{1}{R_P}$$

Los electrodos de la instalación de puesta a tierra son:

Tabla 12. Instalación de puesta a tierra campo fotovoltaico

Tipo electrodo	Dimensión	Longitud/Perímetro (m)	N_e	Resistencia (Ω)
Conductor enterrado horizontal	Conductor desnudo 35 mm²	261	1	1,14
Pica vertical aislada	Barra Ø ≥ 14.2 mm (Acero-cobre 250 µ)	2	1	75
			Resistencia total de conjunto	**1,13**

5.3 SISTEMA DE SEGURIDAD Y VIDEOVIGILANCIA

Se ha diseñado para la cubrir la totalidad de las parcelas donde se encuentra el campo fotovoltaico.

En la instalación existirá un Centro de Control de Seguridad (CCS) ubicado en la Estación de Bombeo existente (en el despacho), desde el que se atenderán las operaciones de monitorización, parametrización, grabación y emisión de las señales y video. El CCS será, por tanto, el centro neurálgico de todo el sistema de seguridad desde el cual se monitorizarán y gestionarán los subsistemas de seguridad, se establecerán todas las comunicaciones al exterior y en su interior se alojarán los principales elementos de centralización de señales e integración de subsistemas de seguridad, así como maniobras de iluminación sorpresiva.

Los subsistemas que conforman el sistema de seguridad del presente proyecto son los siguientes:

5.3.1 Subsistema de intrusión

Como elementos pertenecientes al sistema de intrusión se instalarán un detector de movimiento exterior, un contacto magnético en la puerta de entrada al campo fotovoltaico, una sirena exterior, así como “támper anti sabotaje” en las cajas exteriores que irán sujetas a los báculos que soportan las cámaras del subsistema de CCTV (**6 unidades**) y en el armario concentrador de control de campo (**1 unidad**), distribuidos por todo el perímetro.

Junto al CCS, en la estación de bombeo y filtrado existente, se instalarán las medidas de detección de intrusión, las cuales se conectarán a una central de intrusión (alarma) que dispondrá de un teclado local para su control, según UNE EN 50131-1:2008/A3:2021 *Sistemas de alarma. Sistemas de alarma contra intrusión y atraco. Parte 1:Requisitos del sistema*

5.3.2 Subsistema de Circuito Cerrado de Televisión (CCTV)

Los sistemas de CCTV, pese a que pueden operar de manera aislada, suelen cubrir algunas de las funciones de las requeridas para los sistemas de seguridad. De esta manera, el CCTV deberá actuar como subsistema de CCTV, integrado en mayor o menor medida con otros subsistemas que refuercen y complementen sus funciones, para obtener el nivel de seguridad requerido en la instalación.

Se dispondrán cámaras fijas IP tipo domo (**1 unidad**) y cámaras térmicas de analítica embebida (**5 unidades**), así como focos de infrarrojos **(4 unidades)** ubicados según “Plano nº 5.5.3. Instalación Fotovoltaica. Instalaciones. Sistema de videovigilancia” sobre báculos proyectados a

lo largo del perímetro del campo fotovoltaico, a una altura de 4 metros.

Se ha definido y estudiado la instalación con objeto de tener una supervisión de análisis de video general de todas las zonas del perímetro del campo fotovoltaico. Se ubicarán en el mismo sentido de orientación, de forma que una supervise a la siguiente, minimizando ángulo muerto que éstas producen e incluyendo la eliminación del ángulo muerto, cubriendo la zona muerta entre cámaras contrapuestas.

5.3.3 Subsistema de centralización

El subsistema de centralización se encargará de transmitir (vía rúter 3G/4G) y procesar las señales de los distintos subsistemas, actuando automáticamente según su programación y presentando la información resultante a los operadores cuando esto sea necesario, de manera que estos puedan reaccionar ante las distintas incidencias que puedan presentarse.

El núcleo de este subsistema se ubicará en el CCS, donde se alojarán la mayor parte de los equipos que realizarán la labor de centralización de los subsistemas de seguridad.

Se instalará en el CCS un *switch* de rango extendido que se encargará de gestionar las comunicaciones en la red de seguridad de todo el conjunto. Se considerará, por tanto, el suministro, instalación y configuración de los mismos.

5.3.4 Componentes

El sistema de seguridad y videovigilancia del campo fotovoltaico está compuesto por los siguientes equipos:

A)<u>Subsistema de intrusión</u>:

1) Detector de movimiento de doble tecnología de grado 2 exterior

2) Contacto magnético en la puerta de entrada al campo fotovoltaico

3) Sirena electrónica para exteriores IP65, autoalimentada mediante batería de níquel, fabricada en policarbonato 3 mm con salida acústica de 115 dB. 1m

4) Támper anti sabotaje en las cajas instaladas en el campo fotovoltaico

5) Central de Intrusión (alarma) en la estación de bombeo y filtrado, bajo caja metálica con fuente de alimentación, expansor de 8 zonas, modulo IP/GPRS para envío de alarmas, incluyendo batería recargable 12V-7,2 Ah.

B)Subsistema de CCTV:

6) Cámaras térmicas (5 ud) con analítica embebida con detector de 324x256 píxeles y óptica de 19 mm, con caja de control de campo exterior y támper anti sabotaje, sobre báculo/columna troncocónica galvanizado de 4 m de altura, con pernos de anclaje y cimentación de hormigón HA-25, cada cámara. Alimentación ca desde con circuito tripolar 3x6 mm^2 Cu RV-K bajo tubo PEAD corrugado ∅ 50.

7) Cámara domo (1 ud) para uso exterior IP 1/2.8" Progressive Scan CMOS de 2 Megapíxel (1920 x 1080), con lente motorizada 2.8~12 mm autofocus, con caja de control de campo exterior y támper anti sabotaje, sobre báculo/columna troncocónica galvanizado de 4 m de altura, con pernos de anclaje y cimentación de hormigón HA-25. Alimentación corriente alterna mediante circuito tripolar 3x6 mm^2 Cu RV-K bajo tubo PEAD corrugado ∅ 50.

8) Focos IR (4 ud) de LEDs de alto rendimiento tipo SMD con 30º de apertura, bajo carcasa aluminio IP66. Hasta 75 m de alcance a 850 nm alimentado a 24Vdc / 12 W. Incluye minisoporte y célula fotoeléctrica integrada.

9) Armario concentrador de control de campo CCTV, situado en campo fotovoltaico, bajo peana de fábrica protegida de la intemperie, la misma que protege el cuadro eléctrico general de strings, dotado de fuente alimentación 230 Vac / 24 Vdc así como las protecciones adecuadas y elementos necesarios para el funcionamiento del sistema. Conexionado con los elementos del sistema mediante cable UTP categoría 6 exterior marcado CPR.

10) Conexión con CCS en estación de bombeo y filtrado existente, mediante cable fibra óptica monomodo incluyendo conexiones y conectores.

C)Subsistema de Centralización:

11) Centro de Control de Seguridad (**CCS**) en la estación de bombeo y filtrado, formado por rack 24 unidades con sus accesorios de fijación, paneles, guias, etc… para alojamiento de los equipos: SAI on line doble conversión 2000 VA con baterías, switch 8 puertos 10/100/1000 base POE, modem rúter 3G/4G comunicación segura VPN, grabador para cámaras TCP/IP 8 canales, resolución máxima 8 megapíxel, disco duro 1 TB, modulo entrada/salida alarma, salida VGA y HDMI 4K, acceso IP Dual Stream, ratón, teclado y monitor 14".

Al objeto de clarificar este apartado, en su correlación con el DOCUMENTO PRESUPUESTO, se adjunta la siguiente tabla de correspondencia:

Tabla 13. Correspondencia del sistema de seguridad y videovigilancia en el presupuesto

DOCUMENTO: ANEJO 11 ELECTRIFICACIÓN			**DOCUMENTO: PRESUPUESTO**			
SISTEMA	ELEMENTO		CÓDIGO	CONCEPTO	UD	€
Seguridad y videovigilancia. SUB-INTRUSION	Detector de movimiento de doble tecnología		Z_DETECTOR	Detector movimiento doble tecnología de grado 2	1	364,76
	Sirena electrónica para exteriores		Z_SIRENAEL	Sirena electrónica exterior autoalimentada	1	121,73
	Contacto magnético		Z_CONTMAG	Contacto magnético alta potencia	1	133,07
	Central de Intrusión (alarma)		Z_CATECLADO	Central alarma 32 zon caj metal i/teclado	1	1.065,82
	Batería 12 V		Z_BATER12V7AH	Bateria 12 V / 7,2 Ah	1	47,81
Seguridad y videovigilancia. SUB-CCTV	Cámaras térmicas con caja control exterior y tamper antisabotaje		Z_CAMARA2	Cámara térmica con analítica embebida	5	5.543,80
	Cámara domo para uso exterior con caja control exterior y tamper antisabotaje		Z_CAMARA1	Cámara domo IP con lente motorizada	1	856,76
	Focos IR de LEDs		Z_FOCO_IR	Foco IR LED alto rendimiento 12 W	4	1.124,20
	Caja de control de campo exterior c/támper anti sabotaje		Z_CJCCAMPO	Caja de control de campo IP66	6	4.137,78
	Armario concentrador de control situado en campo FV		Z_ARMARIOCC	Armario concentrador control campo (CCTV)	1	569,13
	Conexión Armario Concentrador Control Campo con elementos		Z_UTP24AWGC6	Cable par trenzado no apantallado UTP Cat. 6 exterior CPR	373	2.368,55
	Conexión con CCS mediante cable FO monomodo		Z_FO_MONO12	Fibra óptica monomodo OS1	33,75	239,96
Seguridad y videovigilancia.	Rack 24 ud		Z_RACK19_24	Rack 24 unidades alojamiento equipos	1	587,42

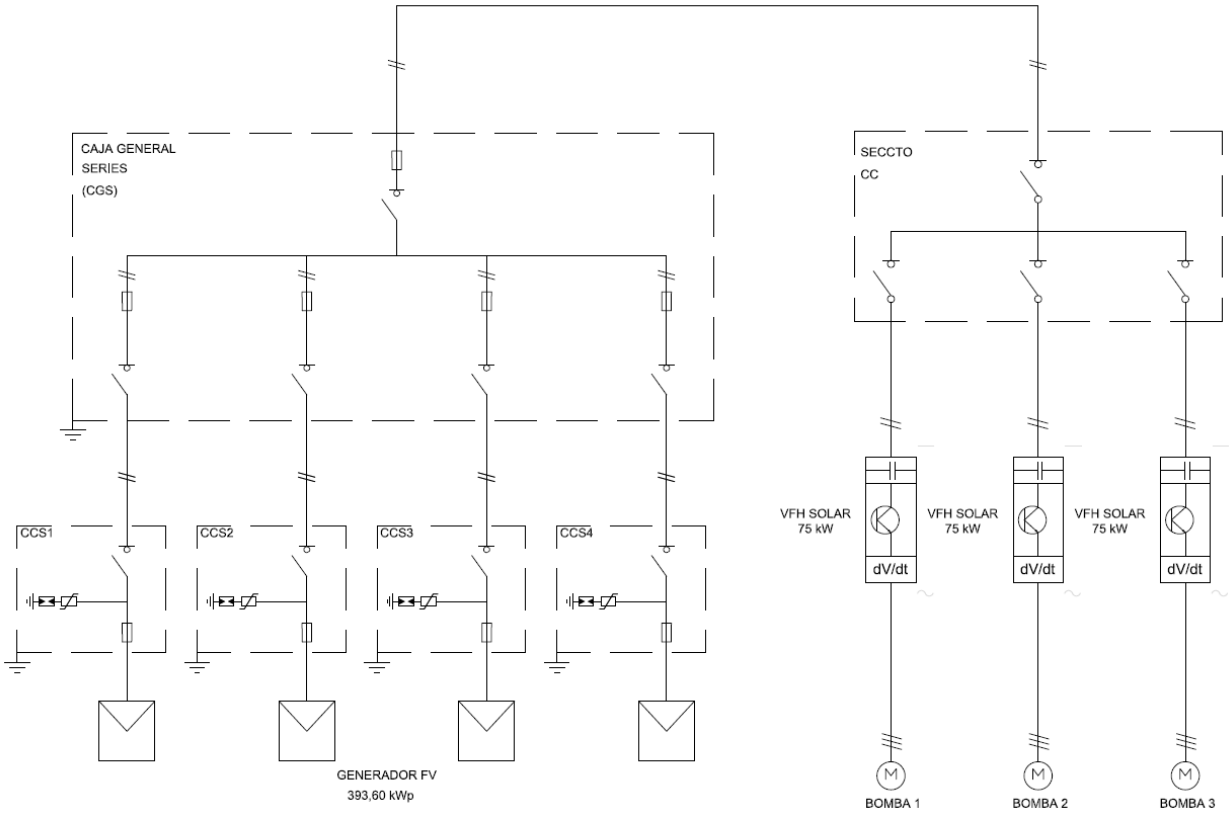
DOCUMENTO: ANEJO 11 ELECTRIFICACIÓN			DOCUMENTO: PRESUPUESTO			
SISTEMA	ELEMENTO		CÓDIGO	CONCEPTO	UD	€
SUB-CENTRALIZACION	SAI on line doble conversión 2000 VA		Z_SAI2KVA	SAI on line doble conversion 2000VA	1	939,69
	Grabador para cámaras TCP/IP 8 canales, disco duro 1 TB		Z_GRABADOR	Grabador TCP/IP para cámaras 8 canales 1 TB	1	1.074,52
	Switch 8 puertos 10/100/1000 base POE		Z_SW8P101001B	Switch 8 puertos 10/100/1000 base POE	1	494,53
	Modem router 3G/4G		Z_A23028	Router 3G/4G	1	486,00
	Modulo entrada/salida alarma		Z_ES18CH	Modulo entrada-salida de alarma	1	565,04

5.4 RESUMEN DE LOS EQUIPOS DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

El sistema de alimentación fotovoltaico se compondrá de los siguientes equipos:

- 640 paneles solares de 615 Wp colocados en 10 series (16 módulos por serie) en cada cuadro concentrador de series (*string*).
- 4 cajas de seccionamiento y protección (*string*), incluso sobretensiones.
- 1 cuadro general de series para salida en corriente continua del campo FV.
- 1 cuadro seccionamiento para llegada en corriente continua a estación de bombeo y filtrado.
- 3 variadores de frecuencia híbridos solares trifásico 75 kW IP54 con protección entrada tanto en AC como en DC (seccionador + fusibles).
- 1 sistema de monitorización y control de la instalación formado por centro de comunicaciones con pantalla de visualización táctil, rúter wifi y bus de comunicaciones. Incluye sistema antivertido.
- 1 sistema de seguridad y videovigilancia compuesto por cámaras (CCTV), alarma y grabación.

El esquema general de funcionamiento del sistema fotovoltaico será:



Esquema 1. Componentes instalación fotovoltaica estación de bombeo y filtrado

5.5 INSTALACIÓN ELÉCTRICA CC

Para el cálculo eléctrico de secciones y caídas de tensión de los conductores de corriente continua usaremos el método de pérdida de potencia.

Adoptaremos, en consecuencia, que la **máxima caída de tensión admisible sea del 1,5%** en total para la parte de instalación de corriente continua. Aunque considerando parte de la misma que es una instalación de fuerza para alimentación de motores, podría ser superior.

Al limitar esta caída de tensión conseguiremos hacer llegar una tensión más elevada al variador solar y, como consecuencia, un mayor tiempo y tensión de funcionamiento.

Se realizará el cálculo de secciones para las condiciones nominales de máxima potencia mediante el método de pérdidas de potencia, y siempre para el peor de los casos que se nos presente en cada tramo objeto de estudio, definiéndose previamente las caídas de tensión máximas para cada uno de los tramos.

Se calcularán las secciones correspondientes a cada uno de los siguientes tramos:

1.-De módulos FV a caja concentradora de series (CCS).

2.-De caja concentradora de series (CCS) a caja general de series (CGS).

3.-De caja general de series a caja de seccionamiento (Estación Bombeo y Filtrado).

4.-De caja de seccionamiento a variador de frecuencia híbrido solar.

Para el cálculo se emplearán las siguientes expresiones y fórmulas:

*Cálculo de potencia (o intensidad)

$P = \sqrt{3}.\ V.I.\ \cos\varphi$ CA trifásica

$P = V \cdot I \cdot \cos\varphi$ CA monofásica o CC (cos ϕ = 1)

*Cálculo de sección (conocida la intensidad o la potencia)

$S = \frac{\sqrt{3} \cdot L \cdot I \cdot \cos\phi}{\gamma \cdot e}$ ó $S = \frac{P \cdot L \cdot}{\gamma \cdot e \cdot V}$ CA trifásica

$S = \frac{2 \cdot L \cdot I \cdot \cos\phi}{\gamma \cdot e}$ ó $S = \frac{2 \cdot P \cdot L \cdot}{\gamma \cdot e \cdot V}$ CA monofásica o CC (cos ϕ = 1)

*Cálculo de la caída de tensión (conocida la intensidad o la potencia)

$e = \frac{\sqrt{3} \cdot L \cdot I \cdot \cos\phi}{\gamma \cdot s}$ ó $e = \frac{P \cdot L \cdot}{\gamma \cdot s \cdot V}$ CA trifásica

$e = \frac{2 \cdot L \cdot I \cdot \cos\phi}{\gamma \cdot s}$ ó $e = \frac{2 \cdot P \cdot L \cdot}{\gamma \cdot s \cdot V}$ CA monofásica o CC (cos ϕ = 1)

Donde:

- I: Intensidad en amperios (A)
- P: Potencia en vatios (W)
- V: Tensión en voltios (V). Tensión de línea en CA trifásica y de fase en CA monofásica
- cosφ: Factor de potencia
- L: Longitud en metros (m)
- s: Sección en mm^2
- γ: Conductividad del conductor
    - Para el cobre:
      γ = 56 $m\Omega/mm^2$ (A temperatura ambiente 20 ºC)
      γ = 44 $m\Omega/mm^2$ (A temperatura 90 ºC máxima servicio para aislamiento XLPE)
    - Para el aluminio:
      γ = 35 $m\Omega/mm^2$ (A temperatura ambiente 20 ºC)
      γ = 27 $m\Omega/mm^2$ (A temperatura 90 ºC máxima servicio para aislamiento XLPE)
- e: Caída de tensión en voltios (V)

La relación entre la caída de tensión absoluta y la porcentual viene dada por la siguiente relación:

$$e(\%) = \frac{100 \cdot e \cdot}{V}$$

Por otro lado, pueden observarse las secciones que finalmente se adoptarán para cada tramo, donde se cumple lo indicado en instrucción técnica ITC-BT-40 del Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión (REBT), para el dimensionamiento de los cables. Este se diseña para una **intensidad no inferior al 125 %** de la máxima intensidad del generador.

Finalmente se obtienen los resultados que se adjuntan en el apéndice 2 «Cálculos electrificación».

6 INSTALACIÓN BAJA TENSIÓN. CORRIENTE ALTERNA

En este apartado se proyecta la instalación eléctrica de fuerza y de alumbrado de acuerdo con las necesidades que requieren las instalaciones para su correcto funcionamiento en la estación de bombeo y filtrado.

6.1 DERIVACION INDIVIDUAL

La unión del módulo de contadores con los Dispositivos Generales de Mando y Protección (DGMP) en la instalación se ejecutará según instrucción técnica ITC BT-15 del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, con conductores unipolares de cobre **RZ1-K (AS) 2x(4x240) mm2** bajo tubo de PE de ø200 mm(x2) enterrado conforme «UNE-EN 61386-21:2005/A11:2011 Sistemas de tubos para la conducción de cables. Parte 21: Requisitos particulares. Sistemas de tubos rígidos», aislados para una tensión nominal de 0,6/1 kV en sistema trifásico, tendido mediante sus correspondientes accesorios, según ITC BT-21 del Reglamento electrotécnico para baja tensión (REBT), así como las Especificaciones Particulares 2018 de la Cía. Distribuidora Edistribución Redes Digitales, SLU.

Los cables serán no propagadores del incendio y con emisión de humos y opacidad reducida, según «UNE 21123-4:2017 Cables eléctricos de utilización industrial de tensión asignada 0,6/1 kV. Parte 4: Cables con aislamiento de polietileno reticulado y cubierta de poliolefina. Además, el marcado correspondiente será Cca-s1b, d1, a1, según el Reglamento Europeo de Productos de Construcción, RPC («Reglamento (UE) Nº 305/2011 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 9 de marzo de 2011 por el que se establecen condiciones armonizadas para la comercialización de productos de construcción y se deroga la Directiva 89/106/CEE del Consejo») así como la Especificación Particular de Endesa Distribución Eléctrica SLU «NRZ 103 Instalaciones de enlace conectadas a la red de distribución. Consumidores en Baja Tensión».

La caída de tensión máxima admisible será 1,5 % (6 V).

6.2 DISPOSITIVOS GENERALES DE MANDO Y PROTECCIÓN (DGMP)

Los dispositivos generales de mando y protección en la instalación se situarán en la sala eléctrica, en el interior de un armario metálico según «UNE-EN 61439-3:2012 Conjuntos de aparamenta de baja tensión. Parte 3: Cuadros de distribución destinados a ser operados por personal no cualificado (DBO)», grado protección IP55 según «UNE-EN 60529:2018 Grados de protección proporcionados por las envolventes (Código IP)» e IK10 según «UNE-EN 50102 CORR:2002 Grados de protección proporcionados por las envolventes de materiales eléctricos contra los impactos mecánicos externos (código IK)». Se instalará adosada, incluido embarrado

de protección, y constará de 1 interruptor general automático de corte omnipolar, interruptores diferenciales para alumbrado (sensibilidad 30 mA) y fuerza (sensibilidad 300 mA), además de interruptores automáticos magnetotérmicos de corte omnipolar de los distintos circuitos, así como puentes o "peines" de cableado, totalmente conexionado y rotulado, según vigente REBT.

La distribución de energía se proyecta del tipo ramificado, partiendo toda ella del cuadro general de mando y protección de la instalación.

Todos los circuitos se protegerán contra sobreintensidades, tanto de origen térmico (sobreconsumo) como de origen magnético (cortocircuito), así como contra corrientes de defecto a tierra (corrientes diferenciales). Para ello se utilizan interruptores de tipo magnético, térmico y diferencial. Las distintas protecciones se instalarán aguas arriba de forma selectiva, atendiendo a una mayor sensibilidad cuanto más cerca de los receptores se encuentren.

6.3 PREVISIÓN DE POTENCIA

6.3.1 Estación de bombeo y filtrado

La potencia total que demandará la instalación en la estación de bombeo y filtrado se resume como sigue:

Tabla 14. Listado de potencias instalación Estación Bombeo y Filtrado

INSTALACION	RECEPTOR	Ud	P unit (kW)	P inst (kW)
ALUMBRADO	Alumbrado interior nave	2	0,04	0,080
	Alumbrado emergencia	1	0,005	0,005
	Alumbrado cuadro general	1	0,018	0,018
	TOTAL ALUMBRADO			**0,103**
OFIMÁTICA	Tomas corriente tipo schuko (*)	2	1,50	3,000
VENTILACIÓN	Extractor sala eléctrica	2	0,151	0,302
	Extractor c/filtro cuadro general	1	0,035	0,035
	Resistencia caldeo cuadro gral.	1	0,100	0,100
CONTROL	Automatización	1	0,041	0,041
	Monitorización campo FV	1	0,158	0,158
	Videovigilancia campo FV	1	0,539	0,539
	TOTAL FUERZA			**4,175**
BOMBAS	Bomba 210 l/s	3	75,00	225,00
	Previsión bomba 130 l/s	*3*	*90,00*	*270,00*
	TOTAL MOTORES			**495,00**
	TOTAL			**499,279**

(*) En el caso de la estimación de potencia demandada por las tomas de corriente se ha tenido

en cuenta un factor de simultaneidad adecuado (0,40 para tomas 16 Amperios) y el rendimiento de los motores se ha tomado en función de la potencia de cada uno, oscilando de 0,60 a 0,70, según catálogo de fabricante de motores trifásicos de inducción. De esta manera, por ejemplo:

Toma de corriente tipo schuko 16 A 230 V, con una potencia de 3.450 W máxima, al aplicar un factor de simultaneidad de 0,40, computa a efectos de cálculo como 3.450 x 0,40 = 1.380 W, aproximadamente 1.500 W en el cálculo del circuito; como el circuito se compone de 2 tomas, potencia 3.000 W.

6.4 INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE FUERZA

Serán objeto del presente proyecto de modernización las instalaciones eléctricas de fuerza a ejecutar en la estación de bombeo y filtrado, según «Plano 4.6. Estación de Bombeo y Filtrado. Esquema unifilar BT». No es objeto de este proyecto el cableado de los variadores solares híbridos que se instalarán en fase posterior para comandar las bombas proyectadas de 90 kW cada una en el sector Bombeo Alto.

Desde el cuadro general de mando y protección (CGMP) de la instalación se distribuirán los circuitos necesarios para alimentar los distintos receptores distribuidos en las instalaciones, como puede observarse en los planos correspondientes.

Los cuadros eléctricos contendrán los contactores y arrancadores, elementos de seguridad intrínseca (fusibles, magnetotérmicos, etc.), las conexiones de los distintos elementos en manual o en automático con sus pilotos de funcionamiento real y los automatismos más simples de seguridad duplicada y alarmas básicas. En particular, las protecciones tanto magnetotérmicas como diferenciales serán individuales por cada equipo; no se podrá establecer protección diferencial por zonas. No se emplearán protecciones fusibles a menos que por razones de poder de corte en las instalaciones sea estrictamente necesario y siempre que no se encuentre protección de tipo magnetotérmico equivalente en el mercado.

Cada cuadro llevará el sistema correspondiente de resistencias de caldeo, ventiladores, transformadores necesarios para corrientes de señalización y los aparatos de medida de tensión e intensidad.

El principio de ventilación de los cuadros será por sobrepresión y la entrada de aire vendrá provista de un sistema filtrante.

En los cuadros siempre quedará un 20 % de reserva de potencia tanto en barras como en protección general de cabecera del mismo, así como de espacio disponible para futuras ampliaciones.

Todos los cuadros llevarán numeración de hilos y etiquetas que faciliten la localización de los equipos.

Los elementos en los cuadros se agruparán de forma lógica, es decir, según las zonas a las que correspondan, estando los distintos elementos de un mismo equipo agrupados. No obstante, se diferenciará claramente el cableado de fuerza del cableado de mando y señalización mediante código de colores.

6.4.1 Dimensionamiento de las secciones de los conductores

El cálculo de las secciones de los conductores se ha realizado teniendo en cuenta las intensidades máximas admisibles, según las tablas de las instrucciones ITC BT 06, ITC BT 07 e ITC BT 19 del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (REBT), y comprobando que la caída de tensión desde el origen de la instalación en baja tensión no supere el 6,5 % de la tensión nominal (o sea, 26 V para CA trifásica).

La expresión empleada para el cálculo de las intensidades nominales absorbidas por cada motor ha sido:

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

$$I = \frac{P}{V \times \cos\varphi \times \eta}$$

donde:

I: Intensidad nominal absorbida por el motor (A)

P: Potencia que consume (W)

V: Tensión nominal (400 ó 230 V)

cos φ = Factor de potencia

η: Rendimiento del motor

Para la determinación de la sección de los conductores de alimentación a cada motor individual se considerará un valor de la intensidad igual al 125 % de la intensidad nominal determinada en la expresión expuesta anteriormente.

Para las líneas de alimentación a cada cuadro de control de motores, desde el cuadro general, se considerará una intensidad igual a la suma del 125 % de la intensidad nominal del motor de mayor potencia, más las intensidades nominales del resto de motores alimentados por dicho cuadro (ITC BT 47).

Para la arteria general de fuerza la intensidad considerada será la suma de las intensidades de las derivaciones a que abastece, calculada como la suma del 125 % de la intensidad nominal del cuadro más cargado más las intensidades nominales establecidas para el resto de los cuadros de control de motores (ITC BT 47).

En cuanto a la caída de tensión, para las líneas distribuidoras y derivaciones a motores de arranque directo, la expresión a adoptar para el cálculo será la siguiente:

CA TRIFÁSICA $$\Delta V = \frac{\sqrt{3}\rho}{s}(I_L \cos\varphi)L$$

CA MONOFÁSICA $$\Delta V = \frac{2\rho}{s}(I_L \cos\varphi)L$$

Donde:

ΔV: Caída de tensión (V)

ρ : Resistividad del cobre (0,017 Ωmm^2 / m)

I_L: Intensidad total de línea que recorre el tramo, mayorada (A)

cos φ: Factor de potencia

s: Sección (mm^2)

Para la determinación de las máximas intensidades admisibles en los distintos tramos proyectados nos basaremos en la siguiente tabla en función del montaje, tipo y aislamiento del conductor a instalar en cada tramo.

Tabla 15. Guía elección conductores según función y sistema instalación

MONTAJE	TIPO	FUNCION	AISLAMIENTO	INSTRUCCIÓN	TABLA
Subterráneo	Cu	Acomet. CT- Cuadros	RZ1-K 0,6/1 kV	ITC-BT-11	-
		Distribución	RV-K 0,6/1 kV	ITC-BT-07	5
		Control	Z1C4Z1-K (AS) 300/500 V	-	-
		Alumbrado exterior	RV-K 0,6/1 kV	ITC-BT-09	-
		Alumbrado. exterior. Puesta a tierra	H07V-K 450/750 V 1x16 mm^2	ITC-BT-09	-
		Apantallado	RVKV-K 0,6/1 kV	-	-
		Puesta a tierra (pat)	Desnudo 35 mm^2	ITC-BT-18	5
En bandeja	Cu	Interior	VV-K 0,6/1 kV	ITC-BT-19-20	1
Bajo tubo	Cu	Interior. Local mojado	H07V-K 450/750 V	ITC-BT-30	-
		Interior. Empotrado	H07V-K 450/750 V	ITC-BT-19-20	1
Sumergido	Cu		DV-K 1 kV	-	-

En el apéndice 2 «Cálculos electrificación» se muestran los resultados obtenidos de sección y caída de tensión para cada conductor, a partir del cuadro general de mando y protección de cada instalación, y caída de tensión máxima. Se ha empleado el *software* de cálculo DMelect-CIEBT Calculo de instalaciones eléctricas en baja tensión, versión 14.0.0.

6.5 INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE ALUMBRADO

6.5.1 Alumbrado interior en sala eléctrica

La instalación eléctrica de alumbrado en la sala eléctrica proyectada arranca del cuadro general de distribución (CGMP) ubicado en la misma sala, hasta los receptores de alumbrado, situados como puede verse en el «Plano 4.4.1. Estación de Bombeo y Filtrado. Instalaciones. Planta General».

Para la estimación de las luminarias y su distribución se hará uso de un programa de diseño de alumbrado por ordenador: DIALux evo, versión 5.6.0.29259.

Según los requisitos de aplicación, Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo, en su anexo IV Iluminación de los lugares de trabajo, se establece que la zona en estudio, donde no trabaja personal de forma continua, se asemeja a *área o local de uso ocasional* con un nivel mínimo de iluminación que se refleja en la siguiente tabla:

Tabla 16. Iluminancias mínimas recomendadas para recintos interiores

ZONA	E (lux)
Sala eléctrica	150

A partir de estos datos, así como de las dimensiones de las dependencias y las reflectancias correspondientes, se obtienen los resultados que han propiciado el diseño de la instalación de iluminación.

Debido a sus características geométricas y altura de montaje (H<4 m), se emplean 2 luminarias tipo “pantalla”, de led 40 W superficie, según se observa en planos.

Se realizará el cálculo de las secciones de los conductores y caídas de tensión en los puntos más desfavorables a efectos de comprobar que la caída de tensión máxima en la instalación no supere el 4,5 % de la tensión nominal y que las intensidades sean inferiores a las admisibles, para cumplir con lo dispuesto en las instrucciones ITC BT 19, ITC BT 06 y ITC BT 07 del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (REBT, Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto).

La intensidad absorbida por cada tipo de receptor se determinará a partir de la siguiente

expresión:

I = S / V

siendo,

S: Potencia en voltamperios del receptor (VA)

V: Tensión de servicio (V = 230 V)

6.5.2 Alumbrado de emergencia

Independientemente del alumbrado anterior, se colocarán en las vías de evacuación, lugares donde trabaje personal y locales donde estén instalados cuadros o mandos de las instalaciones técnicas de servicios, además de junto a la puerta de salida y próximo al cuadro de fuerza y alumbrado, aparatos automáticos de emergencia con capacidad para poder funcionar durante un mínimo de una hora. Estará previsto que entren en funcionamiento automáticamente al producirse el fallo de los alumbrados generales o cuando la tensión de estos baje a menos del 70 % de su valor nominal.

Se utilizarán para el cálculo del alumbrado de emergencia los valores de flujo luminoso suministrados por el fabricante para cada tipo de aparato. El factor de mantenimiento tomado para el cálculo ha sido 0,90, mientras que el factor de utilización del alumbrado considerado es del 70 %.

Se ha considerado para el cálculo del número de aparatos de alumbrado la superficie total de la dependencia, en lugar de tomar solamente la zona de pasillos o recorridos de evacuación. Según lo anterior y para un valor mínimo de 5 lux de nivel de iluminación, se consigue quedar por encima de las exigencias de la normativa al respecto. En el nivel del suelo en los recorridos de evacuación, medida en el eje de pasillos, proporcionará una iluminancia de 1 lux como mínimo (Según anexo III, aptdo. 16, del Real Decreto 2267/2004, de 3 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales, así como el Documento Básico DB SUA4, Seguridad frente al riesgo causado por iluminación inadecuada, del Código Técnico de la Edificación, aprobado por Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo).

Se ha tenido en cuenta que a lo largo de la línea central de las vías de evacuación la relación entre la iluminancia máxima y la mínima no supera el valor de 40.

La fórmula adoptada para el cálculo del nivel de iluminación es la siguiente:

$$E_m = \frac{\Phi x f_u x f_m}{S}$$

Donde:

Em Nivel de iluminación (lux)

Φ Flujo luminoso unitario del aparato (lm)

fu Factor de utilización de la instalación (0,70)

fm Factor de mantenimiento o ensuciamiento (0,90)

Tabla 17. Cálculo alumbrado emergencia en sala eléctrica

LOCAL	LUMINARIA EMERGENCIA	SUPERFICIE (m^2)	ILUMIN. (LUX)
Sala eléctrica	1 x 570 lm	22,22	16,16 >5 lux

6.6 PROTECCIÓN DE LAS INSTALACIONES

El cuadro general de mando y protección de la instalación estará situado según se indica en el «Plano 4.4.1. Estación de Bombeo y Filtrado. Instalaciones. Planta General»; será aislante, incombustible y estanco, homologado para estos usos según «UNE-EN 61439-3:2012 Conjuntos de aparamenta de baja tensión. Parte 3: Cuadros de distribución destinados a ser operados por personal no cualificado (DBO)», formado por armario metálico de grado de protección IP55 IK10 fabricado en chapa electrocincada de 1,5 mm color gris claro RAL 7035, dotado de placa de montaje, regleta y carriles DIN reforzados, así como puentes o "peines" de cableado, totalmente conexionado y rotulado, según Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión (REBT), con capacidad para los elementos reflejados en el esquema unifilar correspondiente.

Cada elemento susceptible de ser automatizado (bombas, válvulas, etc.) se cableará mediante circuito de señalización (uno por cada parámetro a controlar) formado por cable multifilar Z1C4Z1-K de cobre clase 5, tensión 300/500V, aislamiento poliolefina, apantallado (trenza cobre) y cubierta poliolefina (enterrado o aéreo) que conectará el elemento en cuestión con el cuadro de automatización de la instalación. Esta instalación cumplirá lo establecido en la instrucción ITC BT-36 y 51 del REBT, además de cualquiera otra normativa que le sea aplicable.

6.6.1 Cálculo del cortocircuito

El software de cálculo empleado (DMelect-CIEBT Calculo de instalaciones eléctricas en baja tensión, versión 14.0.0) para el dimensionamiento de la instalación eléctrica calcula la intensidad de cc en origen de línea, poder de corte de las protecciones, intensidad de cc en fin de línea, curvas válidas B, C o D para asegurar que actúa el dispositivo de protección a cc (relé

electromagnético), comprobación que la intensidad de cc es superior a la intensidad de fusión de fusibles en 5 s, tiempo de actuación de los fusibles, tiempo que soporta el conductor la intensidad de cc, longitud máxima protegida a cc y cálculo de los embarrados de cuadros.

Las fórmulas empleadas se relacionan a continuación:

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

Siendo:

Ipccl: 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).

* $IpccF = Ct\ UF / 2\ Zt$

Siendo:

IpccF: Intensidad permanente de c.c. en fin de línea en kA.

Ct: Coeficiente de tensión.

UF: 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 más la propia del conductor o línea).

* La impedancia total hasta el punto de cortocircuito será:

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

Siendo,

Rt: $R_1 + R_2 + ... + R_n$ (suma de las resistencias de las líneas aguas arriba hasta el punto de c.c.)

Xt: $X_1 + X_2 + ... + X_n$ (suma de las reactancias de las líneas aguas arriba hasta el punto de c.c.)

$R = L \cdot 1000 \cdot CR / K \cdot S \cdot n$ (mohm)

$X = Xu \cdot L / n$ (mohm)

R: Resistencia de la línea en mohm.

X: Reactancia de la línea en mohm.

L: Longitud de la línea en m.

CR: Coeficiente de resistividad.

K: Conductividad del metal.

S: Sección de la línea en mm².

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

n: nº de conductores por fase.

* $tmcicc = Cc \cdot S^2 / IpccF^2$

Siendo:

tmcicc: Tiempo máximo en s que un conductor soporta una Ipcc.

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

S: Sección de la línea en mm².

IpccF: Intensidad permanente de c.c. en fin de línea en A.

* $tficc = cte.\ fusible / IpccF^2$

Siendo:

tficc: tiempo de fusión de un fusible para una determinada intensidad de cortocircuito.

IpccF: Intensidad permanente de c.c. en fin de línea en A.

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

Siendo:

Lmax: Longitud máxima de conductor protegido a c.c. (m) (para protección por fusibles)

UF: Tensión de fase (V)

K: Conductividad

S: Sección del conductor (mm²)

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

n: nº de conductores por fase

Ct= 0,8: Es el coeficiente de tensión.

CR = 1,5: Es el coeficiente de resistencia.

IF5 = Intensidad de fusión en amperios de fusibles en 5 s.

* 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

6.6.2 Cálculo electrodinámico

*s_{max} = Ipcc² • L² / (60 • d • Wy • n)

Siendo:

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

Ipcc: Intensidad permanente de c.c. (kA)

L: Separación entre apoyos (cm)

d: Separación entre pletinas (cm)

n: nº de pletinas por fase

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

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

6.6.3 Comprobación por solicitación térmica en cortocircuito

*Icccs = Kc • S / (1.000 • √tcc)

Siendo:

Ipcc: Intensidad permanente de c.c. (kA)

Icccs: Intensidad de c.c. soportada por el conductor durante el tiempo de duración del c.c. (kA)

S: Sección total de las pletinas (mm²)

tcc: Tiempo de duración del cortocircuito (s)

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

Los resultados se adjuntan en apéndice 2 «Cálculos electrificación», apartado corriente alterna,

en la zona de la tabla correspondiente a **cortocircuito**.

6.7 INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA

Atendiendo a lo dictado por la Instrucción ITC BT 18 del REBT, para la protección de las personas respecto a un defecto eléctrico, y teniendo en cuenta que la instalación proyectada corresponde a un esquema de distribución TT (Neutro de B.T. a tierra y masas de los receptores a tierra separada, según ITC BT 08) se diseña el sistema formado por un interruptor diferencial y puesta a tierra de las masas mediante un electrodo de cobre, limitando a 24 V cualquier tensión de contacto que pudiera aparecer entre tierra y cualquier masa accesible.

Este electrodo artificial existente en la estación de bombeo y filtrado está formado por conductor de cobre enterrado perimetralmente en la cimentación, según ITC BT 18 del REBT. El conductor de unión entre la toma de tierra y el punto de puesta a tierra es cable conductor de cobre desnudo de 35 mm^2 de sección. El punto de puesta a tierra, protegido por una arqueta, está constituido por borne de conexión que permita la unión entre conductores de la línea de enlace y la principal de tierra, de forma que puedan separarse estas con el fin de poder realizar la medida de la resistencia a tierra.

Según el REBT la tensión máxima de contacto Vc es 24 V y como el valor de la intensidad de descarga en circuitos de fuerza, que equivale a la sensibilidad del interruptor diferencial, es Idmáx = 300 mA = 0,3 A, tenemos que el valor de la resistencia de tierra:

$$Vc = R_T\, I_d \leq 24\ V \qquad R_T < \frac{24}{0{,}3} < 80\Omega$$

Para la comprobación de la resistencia del electrodo tenemos un valor aproximado de la resistividad del terreno de ρ = 500 Ωm, al ejecutarse la estación de bombeo y filtrado sobre terraplén, dato procedente de la tabla 4 de la instrucción técnica ITC-BT-18 del REBT.

El electrodo en la puesta a tierra existente en la <u>estación de bombeo y filtrado</u> se constituye mediante:

M lineal conductor de cobre desnudo de 35 mm^2 **12.5 m**

Con lo que se obtendrá una resistencia de tierra de 80 ohmios.

6.8 PRESCRIPCIONES PARTICULARES EN LOCALES ESPECIALES (ITC-BT 30)

La instalación fotovoltaica, que es una instalación a la intemperie, según el vigente Reglamento electrotécnico para baja tensión, aprobado por Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, en su instrucción ITC BT 30, se considera local mojado. La instalación en su interior será:

-Canalizaciones: Serán estancas, utilizándose para terminales, empalmes y conexiones de las mismas, sistemas y dispositivos que presenten el grado de protección correspondiente a las proyecciones de agua, IPX4. Las canalizaciones prefabricadas tendrán el mismo grado de protección IPX4.

-Los conductores tendrán una tensión asignada de 450/750 V y discurrirán por el interior de tubos empotrados o en superficie, según ITC BT 21, pero que dispondrán de un grado de resistencia a corrosión 4.

-Aparatos de mando, protección y toma de corriente: Serán del tipo protegido contra las proyecciones de agua, o bien estarán en el interior de cajas que le proporcionen una protección equivalente (IPX4). De acuerdo con lo establecido en la ITC BT22 se instalará un dispositivo de protección en el origen de cada circuito derivado de otro que penetre en el local mojado.

-Luminarias: Tendrán una protección contra la proyección de agua (IPX4) y no serán clase 0.

-Aparatos móviles o portátiles: No se podrán utilizar excepto cuando se prevea como sistema de protección la separación de circuitos o el empleo de muy bajas tensiones de seguridad, MBTS según ITC BT 36.

-Puesta a tierra: Todo elemento conductor no aislado de tierra y accesible simultáneamente a elementos metálicos de la instalación o a los receptores se unirá a las masas de estos mediante una conexión equipotencial.

7 VENTILACIÓN FORZADA EN LA SALA ELÉCTRICA

Con el objeto de proporcionar un caudal de aire apropiado para mantener la temperatura de la sala en torno a 40 ºC como máximo y evitar así pérdidas por rendimiento y posibles averías en los variadores de frecuencia híbridos solares, se diseña una instalación apropiada, siguiendo los requerimientos del fabricante de los variadores solares y la bibliografía técnica al respecto.

Se estiman las pérdidas de los variadores con la expresión procedente del manual de usuario del fabricante:

Potencia disipada = 0,02 Potencia (W) + 200 (W)

Variador 75 kW: P = 1.700 W

Variador 90 kW P = 2.000 W (futura instalación en la misma sala)

P_T = 2 x 1.700 + 2 x 2.000 = 7.400 W

(2 variadores en cada sector + 1 reserva, que no funciona simultáneamente)

Aplicando el método de ventilación apropiado, según la bibliografía técnica:

Q = P / (0,24 ΔT) m^3/h

Q = 7.400 / ((0,24 x (50 ºC – 40 ºC)) = 3.083,33 m^3/h

Se instalarán 2 extractores helicoidales murales en fachada, por seguridad, con capacidad unitaria el total de 3.670 m^3/h cada uno, para quedar del lado de la seguridad.

La aportación de aire a la sala se realiza desde 2 rejillas de lamas de acero en la pared opuesta a la extracción, zona inferior, cuya superficie de abertura será:

S (cm^2) = 28 * Qr /1.000

S = 28 x (7.000 / 1.000) = 196,00 cm^2 (rejilla de 100 x 50 cm = 5.000 cm^2)

APÉNDICE 1

CÁLCULOS MECÁNICOS LÍNEA AÉREA MEDIA TENSIÓN

ÍNDICE

1 RESUMEN DE FORMULAS 1

1.1 TENSIÓN MÁXIMA EN UN VANO (APTDO. 3.2.1) 1
1.2 VANO DE REGULACION. 2
1.3 TENSIONES Y FLECHAS DE LA LINEA EN DETERMINADAS CONDICIONES. ECUACION DEL CAMBIO DE CONDICIONES. 2
1.3.1 Tensión máxima (Apdo. 3.2.1). 4
1.3.2 Flecha máxima (Apdo. 3.2.3). 5
1.3.3 Flecha mínima. 5
1.3.4 Desviación cadena aisladores. 5
1.3.5 Hipótesis de Viento. Cálculo de apoyos. 6
1.3.6 Tendido de la línea. 6
1.4 LIMITE DINAMICO "EDS". 6
1.5 HIPOTESIS CALCULO DE APOYOS (APDO. 3.5.3). 7
1.5.1 Cargas permanentes (Apdo. 3.1.1). 8
1.5.2 Esfuerzos del viento (Apdo. 3.1.2). 9
1.5.3 Desequilibrio de tracciones (Apdo. 3.1.4) 10
1.5.4 Rotura de conductores (Apdo. 3.1.5) 12
1.5.5 Resultante de ángulo (Apdo. 3.1.6) 13
1.5.6 Esfuerzos descentrados 16
1.5.7 Esfuerzos equivalentes 16
1.5.8 Apoyo adoptado 18
1.6 CIMENTACIONES (APDO. 3.6). 19
1.6.1 Zapatas Monobloque. 20
1.6.2 Zapatas Aisladas. 20
1.7 CADENA DE AISLADORES. 23
1.7.1 Cálculo eléctrico 23
1.7.2 Cálculo mecánico 23
1.7.3 Longitud de la cadena 24
1.7.4 Peso de la cadena 24
1.7.5 Esfuerzo del viento sobre la cadena 24
1.8 DISTANCIAS DE SEGURIDAD. 25
1.8.1 Distancia de los conductores al terreno 25
1.8.2 Distancia de los conductores entre sí 25
1.8.3 Distancia de los conductores al apoyo 26
1.9 ANGULO DE DESVIACION DE LA CADENA DE SUSPENSION 26
1.10 DESVIACION HORIZONTAL DE LAS CATENARIAS POR LA ACCION DEL VIENTO. 27

2 DATOS GENERALES DE LA INSTALACION 27

3 TENSION MAXIMA EN LA LINEA Y COMPONENTE HORIZONTAL 27

4 TENSIONES HORIZONTALES Y FLECHAS 27

5 APOYOS 27

6 CIMENTACIONES 27

7 DISTANCIAS DE SEGURIDAD 28

7.1 DISTANCIA DE LOS CONDUCTORES AL TERRENO 28
7.2 DISTANCIA DE LOS CONDUCTORES ENTRE SÍ 28
7.3 DISTANCIA DE LOS CONDUCTORES AL APOYO 29

8 CRUZAMIENTOS. 29

9 TABLAS RESUMEN 29

9.1 TENSIONES Y FLECHAS EN HIPÓTESIS REGLAMENTARIAS 29
9.2 TENSIONES Y FLECHAS DE TENDIDO 30
9.3 CÁLCULO DE APOYOS 30
9.4 APOYOS ADOPTADOS 30
9.5 CRUCETAS ADOPTADAS 30
9.6 CALCULO DE CIMENTACIONES 31
9.7 CALCULO DE CADENAS DE AISLADORES 31
9.8 CALCULO DE ESFUERZOS VERTICALES SIN SOBRECARGA 31
9.9 FLECHAS EN HIPOTESIS DE TRACCION MAXIMA 31

1 RESUMEN DE FORMULAS

1.1 TENSIÓN MÁXIMA EN UN VANO (APTDO. 3.2.1)

La tensión máxima en un vano se produce en los puntos de fijación del conductor a los apoyos.

$T_A = P_0 \cdot Y_A = P_0 \cdot c \cdot \cosh (X_A/c) = P_0 \cdot c \cdot \cosh [(X_m - a/2) / c]$

$T_B = P_0 \cdot Y_B = P_0 \cdot c \cdot \cosh (X_B/c) = P_0 \cdot c \cdot \cosh [(X_m + a/2) / c]$

$P_v = K \cdot d / 1000$ $K=60\cdot(v/120)^2$ daN/m² si d $\leq$16 mm y v $\geq$ 120 Km/h

$K=50\cdot(v/120)^2$ daN/m² si d $>$16 mm y v $\geq$ 120 Km/h

$P_{vh} = K \cdot D / 1000$ $K=60\cdot(v/120)^2$ daN/m² si d $\leq$16 mm y v $\geq$ 60 Km/h

$K=50\cdot(v/120)^2$ daN/m² si d $>$16 mm y v $\geq$ 60 Km/h

$P_h = K \cdot \sqrt{d}$ K=0.18 Zona B

K=0.36 Zona C

$P_0 = \sqrt{(P_p^2 + P_v^2)}$ Zona A, B y C. Hipótesis de viento.

$P_0 = P_p + P_h$ Zonas B y C. Hipótesis de hielo.

$P_0 = \sqrt{[(P_p + P_h)^2 + P_{vh}^2]}$ Zonas B y C. Hipótesis de hielo + viento.

Cuando sea requerida por la empresa eléctrica.

$c = T_{0h} / P_0$

$X_m = c \cdot \ln [z + \sqrt{(1+z^2)}]$

$z = h / (2\cdot c\cdot \text{senh } a/2c)$

Siendo:

v = Velocidad del viento (Km/h).

T_A = Tensión total del conductor en el punto de fijación al primer apoyo del vano (daN).

T_B = Tensión total del conductor en el punto de fijación al segundo apoyo del vano (daN).

P_0 = Peso total del conductor en las condiciones más desfavorables (daN/m).

P_p = Peso propio del conductor (daN/m).

P_v = Sobrecarga de viento (daN/m).

P_{vh} = Sobrecarga de viento incluido el manguito de hielo (daN/m).

P_h = Sobrecarga de hielo (daN/m).

d = diámetro del conductor (mm).

D = diámetro del conductor incluido el espesor del manguito de hielo (mm).

Y = c · cosh (x/c) = Ecuación de la catenaria.

c = constante de la catenaria.

Y_A = Ordenada correspondiente al primer apoyo del vano (m).

Y_B = Ordenada correspondiente al segundo apoyo del vano (m).

X_A = Abcisa correspondiente al primer apoyo del vano (m).

X_B = Abcisa correspondiente al segundo apoyo del vano (m).

X_m= Abcisa correspondiente al punto medio del vano (m).

a = Proyección horizontal del vano (m).

h = Desnivel entre los puntos de fijación del conductor a los apoyos (m).

T_{0h} = Componente Horizontal de la Tensión en las condiciones más desfavorables o Tensión Máxima Horizontal (daN). Es constante en todo el vano.

1.2 VANO DE REGULACION.

Para cada tramo de línea comprendida entre apoyos con cadenas de amarre, el vano de regulación se obtiene del siguiente modo:

$$a_r = \sqrt{(\Sigma a^3 / \Sigma a)}$$

1.3 TENSIONES Y FLECHAS DE LA LINEA EN DETERMINADAS CONDICIONES. ECUACION DEL CAMBIO DE CONDICIONES.

Partiendo de una situación inicial en las condiciones de tensión máxima horizontal (T_{0h}), se puede obtener una tensión horizontal final (T_h) en otras condiciones diferentes para cada vano de regulación (tramo de línea), y una flecha (F) en esas condiciones finales, para cada vano real de ese tramo.

La tensión horizontal en unas condiciones finales dadas, se obtiene mediante la Ecuación del Cambio de Condiciones:

$$[\delta \cdot L_0 \cdot (t - t_0)] + [L_0/(S \cdot E) \cdot (T_h - T_{0h})] = L - L_0$$

$$L_0 = c_0 \cdot \mathrm{senh}[(X_{m0}+a/2) / c_0] - c_0 \cdot \mathrm{senh}[(X_{m0}-a/2) / c_0]$$

$$c_0 = T_{0h}/P_0 \ ; \ X_{m0} = c_0 \cdot \ln[z_0 + \sqrt{(1+z_0^2)}]$$

$z_0 = h / (2 \cdot c_0 \cdot \text{senh } a/2c_0)$

$L = c \cdot \text{senh}[(X_m + a/2) / c] - c \cdot \text{senh}[(X_m - a/2) / c]$

$c = T_h/P$; $X_m = c \cdot \ln[z + \sqrt{(1+z^2)}]$

$z = h / (2 \cdot c \cdot \text{senh } a/2c)$

Siendo:

δ = Coeficiente de dilatación lineal.

L_0 = Longitud del arco de catenaria en las condiciones iniciales para el vano de regulación (m).

L = Longitud del arco de catenaria en las condiciones finales para el vano de regulación (m).

t_0 = Temperatura en las condiciones iniciales (ºC).

t = Temperatura en las condiciones finales (ºC).

S = Sección del conductor (mm²).

E = Módulo de elasticidad (daN/mm²).

T_{0h} = Componente Horizontal de la Tensión en las condiciones más desfavorables o Tensión Máxima Horizontal (daN).

T_h = Componente Horizontal de la Tensión o Tensión Horizontal en las condiciones finales consideradas, para el vano de regulación (daN).

$a = a_r$ (vano de regulación, m).

h = Desnivel entre los puntos de fijación del conductor a los apoyos, en tramos de un solo vano (m).

h = 0, para tramos compuestos por más de un vano.

Obtención de la flecha en las condiciones finales (F), para cada vano real de la línea:

$F = Y_B - [h/a \cdot (X_B - X_{fm})] - Y_{fm}$

$X_{fm} = c \cdot \ln[h/a + \sqrt{(1+(h/a)^2)}]$

$Y_{fm} = c \cdot \cosh (X_{fm}/c)$

Siendo:

Y_B = Ordenada de uno de los puntos de fijación del conductor al apoyo (m).

X_B = Abcisa de uno de los puntos de fijación del conductor al apoyo (m).

Y_{fm} = Ordenada del punto donde se produce la flecha máxima (m).

X_{fm} = Abcisa del punto donde se produce la flecha máxima (m).

h = Desnivel entre los puntos de fijación del conductor a los apoyos (m).

a = proyección horizontal del vano (m).

1.3.1 Tensión máxima (Apdo. 3.2.1).

Condiciones iniciales a considerar en la ecuación del cambio de condiciones.

a) Zona A.

- Tracción máxima viento.

t = - 5 ºC.

Sobrecarga: viento (P_V).

b) Zona B.

- Tracción máxima viento.

t = -10 ºC.

Sobrecarga: viento (P_V).

- Tracción máxima hielo.

t = -15 ºC.

Sobrecarga: hielo (P_h).

- Tracción máxima hielo + viento. (Cuando sea requerida por la empresa eléctrica).

t = -15 ºC.

Sobrecarga: viento (P_{vh}).

Sobrecarga: hielo (P_h).

c) Zona C.

- Tracción máxima viento.

t = -15 ºC.

Sobrecarga: viento (P_V).

- Tracción máxima hielo.

t = -20 ºC.

Sobrecarga: hielo (P_h).

- Tracción máxima hielo + viento. (Cuando sea requerida por la empresa eléctrica).

t = -20 ºC.

Sobrecarga: viento (P_{vh}).

Sobrecarga: hielo (P_h).

1.3.2 Flecha máxima (Apdo. 3.2.3).

Condiciones finales a considerar en la ecuación del cambio de condiciones.

a) Hipótesis de viento.

t = +15 ºC.

Sobrecarga: Viento (P_V).

b) Hipótesis de temperatura.

t = + 50 ºC.

Sobrecarga: ninguna.

c) Hipótesis de hielo.

t = 0 ºC.

Sobrecarga: hielo (P_h).

Zona A: Se consideran las hipótesis a) y b).

Zonas B y C: Se consideran las hipótesis a), b) y c).

1.3.3 Flecha mínima.

Condiciones finales a considerar en la ecuación del cambio de condiciones.

a) Zona A.

t = -5 ºC.

Sobrecarga: ninguna.

b) Zona B.

t = -15 ºC.

Sobrecarga: ninguna.

c) Zona C.

t = -20 ºC.

Sobrecarga: ninguna.

1.3.4 Desviación cadena aisladores.

Condiciones finales a considerar en la ecuación del cambio de condiciones.

t = -5 ºC en zona A, -10 ºC en zona B y -15 ºC en zona C.

Sobrecarga: mitad de Viento ($P_V/2$).

1.3.5 Hipótesis de Viento. Cálculo de apoyos.

Condiciones finales a considerar en la ecuación del cambio de condiciones.

t = -5 ºC en zona A, -10 ºC en zona B y -15 ºC en zona C.
Sobrecarga: Viento (P_V).

1.3.6 Tendido de la línea.

Condiciones finales a considerar en la ecuación del cambio de condiciones.

t = -20 ºC (Sólo zona C).
t = -15 ºC (Sólo zonas B y C).
t = -10 ºC (Sólo zonas B y C).
t = -5 ºC.
t = 0 ºC.
t = + 5 ºC.
t = + 10 ºC.
t = + 15 ºC.
t = + 20 ºC.
t = + 25 ºC.
t = + 30 ºC.
t = + 35 ºC.
t = + 40 ºC.
t = + 45 ºC.
t = + 50 ºC.
Sobrecarga: ninguna.

1.4 LIMITE DINAMICO "EDS".

$EDS = (T_h / Q_r) \cdot 100 < 15$

Siendo:
EDS = Every Day Estress, esfuerzo al cual están sometidos los conductores de una línea la mayor parte del tiempo, correspondiente a la temperatura media o a sus proximidades, en ausencia de sobrecarga.
T_h = Componente Horizontal de la Tensión o Tensión Horizontal en las condiciones finales consideradas, para el vano de regulación (daN). Zonas A, B y C, tª = 15 ºC. Sobrecarga: ninguna.
Q_r = Carga de rotura del conductor (daN).

1.5 HIPOTESIS CALCULO DE APOYOS (Apdo. 3.5.3).

Apoyos de líneas situadas en zonas B y C (Altitud igual o superior a 500 m)

TIPO APOYO	TIPO ESF	HIPOTESIS 1ª (Viento)	HIPOTESIS 2ª (Hielo)	HIPOTESIS 3ª (Des. Tracciones)	HIPOTESIS 4ª (Rotura cond.)
Alineación Suspensión	V	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Viento. (apdo. 3.1.2) V = Pcv + Pca·nc	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Hielo (apdo. 3.1.3) V = Pch + Pca·nc	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Hielo (apdo. 3.1.3) V = Pch + Pca·nc	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Hielo (apdo. 3.1.3) V = Pch - Pchr + Pca·nc
	T	Viento. (apdo. 3.1.2) T = Fvc + Eca·nc			
	L			Des. Tracc. (apdo. 3.1.4.1) L = Dth	Rot. Cond. (apdo. 3.1.5.1) Lt = Roth
Alineación Amarre	V	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Viento. (apdo. 3.1.2) V = Pcv + Pca·nc	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Hielo (apdo. 3.1.3) V = Pch + Pca·nc	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Hielo (apdo. 3.1.3) V = Pch + Pca·nc	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Hielo (apdo. 3.1.3) V = Pch - Pchr + Pca·nc
	T	Viento. (apdo. 3.1.2) T = Fvc + Eca·nc			
	L			Des. Tracc. (apdo. 3.1.4.2) L = Dth	Rot. Cond. (apdo. 3.1.5.2) Lt = Roth
Angulo Suspensión	V	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Viento. (apdo. 3.1.2) V = Pcv + Pca·nc	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Hielo (apdo. 3.1.3) V = Pch + Pca·nc	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Hielo (apdo. 3.1.3) V = Pch + Pca·nc	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Hielo (apdo. 3.1.3) V = Pch - Pchr + Pca·nc
	T	Viento. (apdo. 3.1.2) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) T = Fvc + Eca·nc + RavT	Res. Angulo (apdo. 3.1.6) T = RahT	Des. Tracc. (apdo. 3.1.4.1) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) T = RahdT	Rot. Cond. (apdo. 3.1.5.1) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) T = RahrT
	L			Des. Tracc. (apdo. 3.1.4.1) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) L = RahdL	Rot. Cond. (apdo. 3.1.5.1) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) L = RahrL ; Lt = Roth
Angulo Amarre	V	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Viento. (apdo. 3.1.2) V = Pcv + Pca·nc	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Hielo (apdo. 3.1.3) V = Pch + Pca·nc	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Hielo (apdo. 3.1.3) V = Pch + Pca·nc	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Hielo (apdo. 3.1.3) V = Pch - Pchr + Pca·nc
	T	Viento. (apdo. 3.1.2) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) T = Fvc + Eca·nc + RavT	Res. Angulo (apdo. 3.1.6) T = RahT	Des. Tracc. (apdo. 3.1.4.2) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) T = RahdT	Rot. Cond. (apdo. 3.1.5.2) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) T = RahrT
	L	Res. Angulo (apdo. 3.1.6) L = RavL	Res. Angulo (apdo. 3.1.6) L = RahL	Des. Tracc. (apdo. 3.1.4.2) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) L = RahdL	Rot. Cond. (apdo. 3.1.5.2) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) L = RahrL ; Lt = Roth
Anclaje Alineación	V	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Viento. (apdo. 3.1.2) V = Pcv + Pca·nc	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Hielo (apdo. 3.1.3) V = Pch + Pca·nc	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Hielo (apdo. 3.1.3) V = Pch + Pca·nc	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Hielo (apdo. 3.1.3) V = Pch - Pchr + Pca·nc
	T	Viento. (apdo. 3.1.2) T = Fvc + Eca·nc			
	L			Des. Tracc. (apdo. 3.1.4.3) L = Dth	Rot. Cond. (apdo. 3.1.5.3) Lt = Roth
Anclaje Angulo y	V	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Viento. (apdo. 3.1.2) V = Pcv + Pca·nc	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Hielo (apdo. 3.1.3) V = Pch + Pca·nc	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Hielo (apdo. 3.1.3) V = Pch + Pca·nc	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Hielo (apdo. 3.1.3) V = Pch - Pchr + Pca·nc

Estrellam.	T	Viento. (apdo. 3.1.2) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) T = Fvc + Eca·nc + RavT	Res. Angulo (apdo. 3.1.6) T = RahT	Des. Tracc. (apdo. 3.1.4.3) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) T = RahdT	Rot. Cond. (apdo. 3.1.5.3) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) T = RahrT
	L	Res. Angulo (apdo. 3.1.6) L = RavL	Res. Angulo (apdo. 3.1.6) L = RahL	Des. Tracc. (apdo. 3.1.4.3) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) L = RahdL	Rot. Cond. (apdo. 3.1.5.3) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) L = RahrL ; Lt = Roth
Fin de línea	V	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Viento. (apdo. 3.1.2) V = Pcv + Pca·nc	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Hielo (apdo. 3.1.3) V = Pch + Pca·nc		Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Hielo (apdo. 3.1.3) V = Pch - Pchr + Pca·nc
	T	Viento. (apdo. 3.1.2) T = Fvc + Eca·nc			
	L	Des. Tracc. (apdo. 3.1.4.4) L = Dtv	Des. Tracc. (apdo. 3.1.4.4) L = Dth		Rot. Cond. (apdo. 3.1.5.4) Lt = Roth

1.5.1 Cargas permanentes (Apdo. 3.1.1).

Se considerarán las cargas verticales debidas al peso de los distintos elementos: conductores con sobrecarga (según hipótesis), aisladores, herrajes.

En todas las hipótesis en zona A y en la hipótesis de viento en zonas B y C, el peso que gravita sobre los apoyos debido al conductor y su sobrecarga "Pcv" será:

$Pcv = Lv \cdot Ppv \cdot \cos \alpha \cdot n$ (daN)

$Pcvr = Lv \cdot Ppv \cdot \cos \alpha \cdot nr$ (daN)

Siendo:

Lv = Longitud del conductor que gravita sobre el apoyo en las condiciones de -5 ºC (zona A), -10 ºC (zona B) o -15 ºC (zona C) con sobrecarga de viento (m).

Ppv = Peso propio del conductor con sobrecarga de viento (daN/m).

Pcvr = Peso que gravita sobre los apoyos de los conductores rotos con sobrecarga de viento para la 4ª hipótesis (daN).

α = Angulo que forma la resultante del viento con el peso propio del conductor.

n = número total de conductores.

nr = número de conductores rotos en la 4ª hipótesis.

En todas las hipótesis en zonas B y C, excepto en la hipótesis 1ª de Viento, el peso que gravita sobre los apoyos debido al conductor y su sobrecarga "Pch" será:

$Pch = Lh \cdot Pph \cdot n$ (daN)

$Pchr = Lh \cdot Pph \cdot nr$ (daN)

Siendo:

Lh = Longitud del conductor que gravita sobre el apoyo en las condiciones de -15 ºC (zona B) o -20 ºC (zona C) con sobrecarga de hielo (m).
Pph = Peso propio del conductor con sobrecarga de hielo (daN/m).
Pphr = Peso que gravita sobre los apoyos de los conductores rotos con sobrecarga de hielo para la 4ª hipótesis (daN).
n = número total de conductores.
nr = número de conductores rotos en la 4ª hipótesis.

En todas las zonas y en todas las hipótesis habrá que considerar el peso de los herrajes y la cadena de aisladores "Pca", así como el número de cadenas de aisladores del apoyo "nc".

1.5.2 Esfuerzos del viento (Apdo. 3.1.2).

- El esfuerzo del viento sobre los conductores "Fvc" en la hipótesis 1ª para las zonas A, B y C se obtiene de la siguiente forma:

Apoyos alineación

$Fvc = (a_1 \cdot d_1 \cdot n_1 + a_2 \cdot d_2 \cdot n_2)/2 \cdot k$ (daN)

Apoyos fin de línea

$Fvc = a/2 \cdot d \cdot n \cdot k$ (daN)

Apoyos de ángulo y estrellamiento

$Fvc = \Sigma\, a_p /2 \cdot d_p \cdot n_p \cdot k$ (daN)

Siendo:
a_1 = Proyección horizontal del conductor que hay a la izquierda del apoyo (m).
a_2 = Proyección horizontal del conductor que hay a la derecha del apoyo (m).
a = Proyección horizontal del conductor (m).
a_p = Proyección horizontal del conductor en la dirección perpendicular a la bisectriz del ángulo (apoyos de ángulo) y en la dirección perpendicular a la resultante (apoyos de estrellamiento) (m).
d, d_1, d_2, d_p = Diámetro del conductor(m).
n, n_1, n_2, n_p = nº de haces de conductores.
v = Velocidad del viento (Km/h).
$K = 60 \cdot (v/120)^2$ daN/m² si $d \leq 16$ mm y $v \geq 120$ Km/h

K = 50·(v/120)² daN/m² si d >16 mm y v ≥ 120 Km/h

- En la hipótesis 1ª para las zonas A, B y C habrá que considerar el esfuerzo del viento sobre los herrajes y la cadena de aisladores "Eca", así como el número de cadenas de aisladores del apoyo "nc".

1.5.3 Desequilibrio de tracciones (Apdo. 3.1.4)

- En la hipótesis 1ª (sólo apoyos fin de línea) en zonas A, B y C y en la hipótesis 3ª en zona A (apoyos alineación, ángulo, estrellamiento y anclaje), el desequilibrio de tracciones "Dtv" se obtiene:

Apoyos de alineación con cadenas de suspensión.

$Dtv = 8/100 \cdot T_h \cdot n$ (daN)

$Dtv = Abs((T_{h1} \cdot n_1) - (T_{h2} \cdot n_2))$ (daN)

Apoyos de alineación con cadenas de amarre.

$Dtv = 15/100 \cdot T_h \cdot n$ (daN)

$Dtv = Abs((T_{h1} \cdot n_1) - (T_{h2} \cdot n_2))$ (daN)

Apoyos de ángulo con cadenas de suspensión.

$Dtv = 8/100 \cdot T_h \cdot n$ (daN)

Este esfuerzo se combinará con la resultante de ángulo.

Apoyos de ángulo con cadenas de amarre.

$Dtv = 15/100 \cdot T_h \cdot n$ (daN)

Este esfuerzo se combinará con la resultante de ángulo.

Apoyos de anclaje de alineación.

$Dtv = 50/100 \cdot T_h \cdot n$ (daN)

$Dtv = Abs((T_{h1} \cdot n_1) - (T_{h2} \cdot n_2))$ (daN)

Apoyos de anclaje en ángulo y estrellamiento.

$Dtv = 50/100 \cdot T_h \cdot n$ (daN)

Este esfuerzo se combinará con la resultante de ángulo.

Apoyos fin de línea

$Dtv = 100/100 \cdot T_h \cdot n$ (daN)

Siendo:

n, n_1, n_2 = número total de conductores.

T_h, T_{h1}, T_{h2} = Componente horizontal de la tensión en las condiciones de -5 ºC (zona A), -10 ºC (zona B) y -15 ºC (zona C) con sobrecarga de viento (daN).

- En la hipótesis 2ª (fin de línea) y 3ª (alineación, ángulo, estrellamiento y anclaje) en zonas B y C, el desequilibrio de tracciones "Dth" se obtiene:

Apoyos de alineación con cadenas de suspensión.

$Dth = 8/100 \cdot T_{0h} \cdot n$ (daN)

$Dth = Abs((T_{0h1} \cdot n_1) – (T_{0h2} \cdot n_2))$ (daN)

Apoyos de alineación con cadenas de amarre.

$Dth = 15/100 \cdot T_{0h} \cdot n$ (daN)

$Dth = Abs((T_{0h1} \cdot n_1) – (T_{0h2} \cdot n_2))$ (daN)

Apoyos de ángulo con cadenas de suspensión.

$Dth = 8/100 \cdot T_{0h} \cdot n$ (daN)

Este esfuerzo se combinará con la resultante de ángulo.

Apoyos de ángulo con cadenas de amarre.

$Dth = 15/100 \cdot T_{0h} \cdot n$ (daN)

Este esfuerzo se combinará con la resultante de ángulo.

Apoyos de anclaje en alineación.

$Dth = 50/100 \cdot T_{0h} \cdot n$ (daN)

$Dth = Abs((T_{0h1} \cdot n_1) – (T_{0h2} \cdot n_2))$ (daN)

Apoyos de anclaje en ángulo y estrellamiento.

$Dth = 50/100 \cdot T_{0h} \cdot n$ (daN)

Este esfuerzo se combinará con la resultante de ángulo.

Apoyos fin de línea

$Dth = 100/100 \cdot T_{0h} \cdot n$ (daN)

Siendo:

n, n_1, n_2 = número total de conductores.

T_{0h} ,T_{0h1} ,T_{0h2} = Componente horizontal de la tensión en las condiciones -15 ºC (Zona B) y -20 ºC (Zona C) con sobrecarga de hielo (daN).

1.5.4 Rotura de conductores (Apdo. 3.1.5)

- El esfuerzo debido a la rotura de conductores "Rotv" en zona A, aplicado en el punto donde produzca la solicitación más desfavorable produciendo un esfuerzo de torsión, se obtiene:

Apoyos de alineación y de ángulo con cadenas de suspensión

- Se prescinde siempre que se cumplan las condiciones especificadas en el apdo 3.5.3.
- Si no se cumplen esas condiciones, se considerará el esfuerzo unilateral correspondiente a la rotura de un solo conductor "Rotv", aplicado en el punto que produzca la solicitación más desfavorable.

Rotv = T_{0h} (daN)

Apoyos de alineación y de ángulo con cadenas de amarre

- Se prescinde siempre que se cumplan las condiciones especificadas en el apdo 3.5.3.
- Si no se cumplen esas condiciones, se considerará el esfuerzo unilateral correspondiente a la rotura de un solo conductor "Rotv", aplicado en el punto que produzca la solicitación más desfavorable.

Rotv = T_{0h} (daN)

Apoyos de anclaje en alineación, anclaje en ángulo y estrellamiento

Rotv = T_{0h} (simplex, un sólo conductor por fase) (daN)

Rotv = $T_{0h} \cdot ncf \cdot 0,5$ (dúplex, tríplex, cuadruplex; dos, tres o cuatro conductores por fase) (daN)

Fin de línea

Rotv = $T_{0h} \cdot ncf$ (daN)

Rotv = $2 \cdot T_{0h} \cdot ncf$ (montaje tresbolillo y bandera) (daN)

Siendo:

ncf = número de conductores por fase.

T_{0h} = Componente horizontal de la tensión en las condiciones de -5 ºC (zona A), -10 ºC (zona B) y -15 ºC (zona C) con sobrecarga de viento (daN).

- El esfuerzo debido a la rotura de conductores "Roth" en zonas B y C, aplicado en el punto donde produzca la solicitación más desfavorable produciendo un esfuerzo de torsión, se obtiene:

Apoyos de alineación y de ángulo con cadenas de suspensión

- Se prescinde siempre que se cumplan las condiciones especificadas en el apdo 3.5.3.
- Si no se cumplen esas condiciones, se considerará el esfuerzo unilateral correspondiente a la rotura de un solo conductor "Roth", aplicado en el punto que produzca la solicitación más desfavorable.

Roth = T_{0h} (daN)

Apoyos de alineación y de ángulo con cadenas de amarre

- Se prescinde siempre que se cumplan las condiciones especificadas en el apdo 3.5.3.
- Si no se cumplen esas condiciones, se considerará el esfuerzo unilateral correspondiente a la rotura de un solo conductor "Roth", aplicado en el punto que produzca la solicitación más desfavorable.

Roth = T_{0h} (daN)

Apoyos de anclaje en alineación, anclaje en ángulo y estrellamiento

Roth = T_{0h} (simplex, un sólo conductor por fase) (daN)

Roth = $T_{0h} \cdot ncf \cdot 0,5$ (dúplex, tríplex, cuadruplex; dos, tres o cuatro conductores por fase) (daN)

Fin de línea

Roth = $T_{0h} \cdot ncf$ (daN)

Roth = $2 \cdot T_{0h} \cdot ncf$ (montaje tresbolillo y bandera) (daN)

Siendo:

ncf = número de conductores por fase.

T_{0h} = Componente horizontal de la tensión en las condiciones de -15 ºC (Zona B) y -20 ºC (Zona C) con sobrecarga de hielo (daN).

1.5.5 Resultante de ángulo (Apdo. 3.1.6)

El esfuerzo resultante de ángulo "Rav" de las tracciones de los conductores en la hipótesis 1ª para las zonas A, B y C se obtiene del siguiente modo:

$$Rav = \sqrt{((T_{h1} \cdot n_1)^2 + (T_{h2} \cdot n_2)^2 - 2 \cdot (T_{h1} \cdot n_1) \cdot (T_{h2} \cdot n_2) \cdot \cos[180 - \alpha])} \text{ (daN)}$$

El esfuerzo resultante de ángulo "Rav" se descompondrá en dos esfuerzos, uno en dirección longitudinal a la línea "RavL" y otro en dirección transversal a la línea "RavT".

Siendo:

n_1, n_2 = Número de conductores.

T_{h1}, T_{h2} = Tensiones horizontales en las condiciones de -5 ºC (zona A), -10 ºC (zona B) y -15 ºC (zona C) con sobrecarga de viento (daN).

α = Angulo que forman T_{h1} y T_{h2} (gr. sexa.).

El esfuerzo resultante de ángulo "Rah" de las tracciones de los conductores en la hipótesis 2ª para las zonas B y C se obtiene del siguiente modo:

$$Rah = \sqrt{((T_{h1} \cdot n_1)^2 + (T_{h2} \cdot n_2)^2 - 2 \cdot (T_{h1} \cdot n_1) \cdot (T_{h2} \cdot n_2) \cdot \cos[180 - \alpha])} \text{ (daN)}$$

El esfuerzo resultante de ángulo "Rah" se descompondrá en dos esfuerzos, uno en dirección longitudinal a la línea "RahL" y otro en dirección transversal a la línea "RahT".

Siendo:

n_1, n_2 = Número de conductores.

T_{h1}, T_{h2} = Tensiones horizontales en las condiciones de -15 ºC (zona B) y -20 ºC (zona C) con sobrecarga de hielo (daN).

α = Angulo que forman T_{h1} y T_{h2} (gr. sexa.).

El esfuerzo resultante de ángulo "Ravd" de las tracciones de los conductores en la hipótesis 3ª para la zona A se obtiene del siguiente modo:

$$Ravd = \sqrt{((T_{h1} \cdot n_1)^2 + (T_{h1} \cdot n_1 - Dtv)^2 - 2 \cdot (T_{h1} \cdot n_1) \cdot (T_{h1} \cdot n_1 - Dtv) \cdot \cos[180 - \alpha])} \text{ (daN)}$$

El esfuerzo resultante de ángulo "Ravd" se descompondrá en dos esfuerzos, uno en dirección longitudinal a la línea "RavdL" y otro en dirección transversal a la línea "RavdT".

Siendo:

n_1 = Número de conductores.

T_{h1} = Tensiones horizontales en las condiciones de -5 ºC (zona A), -10 ºC (zona B) y -15 ºC (zona C) con sobrecarga de viento (daN).

Dtv = Desequilibrio de tracciones en la hipótesis de viento.

α = Angulo que forman T_{h1} y (T_{h1} - Dtv) (gr. sexa.).

El esfuerzo resultante de ángulo "Rahd" de las tracciones de los conductores en la hipótesis 3ª para las zonas B y C se obtiene del siguiente modo:

$$Rahd = \sqrt{((T_{h1} \cdot n_1)^2 + (T_{h1} \cdot n_1 - Dth)^2 - 2 \cdot (T_{h1} \cdot n_1) \cdot (T_{h1} \cdot n_1 - Dth) \cdot \cos[180 - \alpha])} \text{ (daN)}$$

El esfuerzo resultante de ángulo "Rahd" se descompondrá en dos esfuerzos, uno en dirección

longitudinal a la línea "RahdL" y otro en dirección transversal a la línea "RahdT".

Siendo:

n_1 = Número de conductores.

T_{h1} = Tensiones horizontales en las condiciones de -15 ºC (zona B) y -20 ºC (zona C) con sobrecarga de hielo (daN).

Dth = Desequilibrio de tracciones en la hipótesis de hielo.

α = Angulo que forman T_{h1} y (T_{h1} - Dth) (gr. sexa.).

El esfuerzo resultante de ángulo "Ravr" de la rotura de conductores en la hipótesis 4ª para la zona A se obtiene del siguiente modo:

$$Ravr = \sqrt{((T_{h1} \cdot n_1)^2 + (T_{h2} \cdot n_2)^2 - 2 \cdot (T_{h1} \cdot n_1) \cdot (T_{h2} \cdot n_2) \cdot \cos[180 - \alpha])} \text{ (daN)}$$

El esfuerzo resultante de ángulo "Ravr" se descompondrá en dos esfuerzos, uno en dirección longitudinal a la línea "RavrL" y otro en dirección transversal a la línea "RavrT".

Siendo:

n_1, n_2 = Número de conductores quitando los conductores que se han roto.

T_{h1}, T_{h2} = Tensiones horizontales en las condiciones de -5 ºC (zona A), -10 ºC (zona B) y -15 ºC (zona C) con sobrecarga de viento (daN).

α = Angulo que forman T_{h1} y T_{h2} (gr. sexa.).

El esfuerzo resultante de ángulo "Rahr" de la rotura de conductores en la hipótesis 4ª para las zonas B y C se obtiene del siguiente modo:

$$Rahr = \sqrt{((T_{h1} \cdot n_1)^2 + (T_{h2} \cdot n_2)^2 - 2 \cdot (T_{h1} \cdot n_1) \cdot (T_{h2} \cdot n_2) \cdot \cos[180 - \alpha])} \text{ (daN)}$$

El esfuerzo resultante de ángulo "Rahr" se descompondrá en dos esfuerzos, uno en dirección longitudinal a la línea "RahrL" y otro en dirección transversal a la línea "RahrT".

Siendo:

n_1, n_2 = Número de conductores quitando los conductores que se han roto.

T_{h1}, T_{h2} = Tensiones horizontales en las condiciones de -15 ºC (zona B) y -20 ºC (zona C) con sobrecarga de hielo (daN).

α = Angulo que forman T_{h1} y T_{h2} (gr. sexa.).

*Nota: En los apoyos de estrellamiento las operaciones anteriores se han realizado tomando las tensiones dos a dos para conseguir la resultante total.

1.5.6 Esfuerzos descentrados

En los apoyos fin de línea, cuando tienen el montaje al tresbolillo o bandera, aparecen por la disposición de la cruceta esfuerzos descentrados en condiciones normales, cuyo valor será:

Esdt = T_{0h} · ncf (daN) (tresbolillo)

Esdb = 3 · T_{0h} · ncf (daN) (bandera)

Siendo:

ncf = número de conductores por fase.

T_{0h} = Componente horizontal de la tensión en las condiciones más desfavorables de tensión máxima.

1.5.7 Esfuerzos equivalentes

Los esfuerzos horizontales de los apoyos vienen especificados en un punto de ensayo, situado en la cogolla (excepto en los apoyos de hormigón y de chapa metálica que están 0,25 m por debajo de la cogolla).

Si los esfuerzos están aplicados en otro punto se aplicará un coeficiente reductor o de mayoración.

- Coeficiente reductor del esfuerzo nominal. Se aplica para esfuerzos horizontales a mayor altura del punto de ensayo, cuyo valor será:

<u>Apoyos de celosía y presilla</u>

$K = 4{,}6 / (H_S + 4{,}6)$

<u>Apoyos de hormigón</u>

$K = 5{,}4 / (H_S + 5{,}25)$

<u>Apoyos de chapa metálica</u>

$K = 4{,}6 / (H_S + 4{,}85)$

- Coeficiente de mayoración del esfuerzo nominal. Se aplica para esfuerzos horizontales a menor altura del punto de ensayo, cuyo valor será:

$K = H_{En} / H_F$

Por tanto los esfuerzos horizontales aplicados en el punto de ensayo serán:

T = Tc / K

L = Lc / K

El esfuerzo horizontal equivalente soportado por el apoyo será:

- Existe solamente esfuerzo transversal.

F = T

- Existe solamente esfuerzo longitudinal.

F = L

- Existe esfuerzo transversal y longitudinal simultáneamente.

En apoyos de celosía, presilla, hormigón vibrado hueco y chapa circular.

F = T + L

En apoyos de hormigón vibrado y chapa rectangular con viento sobre la cara secundaria.

F = RU · T + L

En apoyos de hormigón vibrado y chapa rectangular sin viento o con viento sobre la cara principal.

F = T + RN · L

El esfuerzo de torsión aplicado en el punto de ensayo será:

Lt = Ltc · Dc / Dn

En apoyos de hormigón vibrado y chapa rectangular el apoyo se orienta con su esfuerzo nominal principal en dirección del esfuerzo mayor (T o L).

Siendo:

H_{En} = Distancia desde el punto de ensayo de los esfuerzos horizontales hasta el terreno (m).

H_S = Distancia por encima de la cogolla, donde se aplican los esfuerzos horizontales (m).

H_F = Distancia desde punto de aplicación de los esfuerzos horizontales hasta el terreno (m).

Dn = Distancia del punto de ensayo del esfuerzo de torsión al eje del apoyo (m).

Dc = Distancia del punto de aplicación de los conductores al eje del apoyo (m).

H_v = Altura del punto de aplicación del esfuerzo del viento (m).

Eva = Esfuerzo del viento sobre el apoyo (daN).

EvaRed = Esfuerzo del viento sobre el apoyo reducido al punto de ensayo (daN).

$EvaRed = Eva \cdot H_v / H_{En}$

RU = Esfuerzo nominal principal / (Esfuerzo nominal secundario – EvaRed).

RN = Esfuerzo nominal principal / Esfuerzo nominal secundario.

Tc = Esfuerzo transversal en el punto de aplicación de los conductores (daN).

Lc = Esfuerzo longitudinal en el punto de aplicación de los conductores (daN).

Ltc = Esfuerzo de torsión en el punto de aplicación de los conductores (daN).

F = Esfuerzo horizontal equivalente (daN).

T = Esfuerzo transversal en el punto de ensayo (daN).

L = Esfuerzo longitudinal en el punto de ensayo (daN).

Lt = Esfuerzo de torsión en el punto de ensayo (daN).

1.5.8 Apoyo adoptado

El apoyo adoptado deberá soportar la combinación de esfuerzos considerados en cada hipótesis (V,F,Lt).

A estos esfuerzos se le aplicará un coeficiente de seguridad si el apoyo es reforzado.

- Hipótesis sin esfuerzo de torsión.

El esfuerzo horizontal debe cumplir la ecuación:

$E_n \geq F$

En apoyos de hormigón el esfuerzo vertical debe cumplir la ecuación:

$V_n \geq V$

En apoyos que no sean de hormigón se aplicará la ecuación resistente:

$(3 \cdot V_n) \geq V$

$(5 \cdot E_n + V_n) \geq (5 \cdot F + V)$

- Hipótesis con esfuerzo de torsión.

El esfuerzo horizontal debe cumplir la ecuación:

$E_{nt} \geq F$

El esfuerzo vertical debe cumplir la ecuación:

$V_{nt} \geq V$

El esfuerzo de torsión debe cumplir la ecuación:

$E_T \geq Lt$

Siendo:

V = Cargas verticales.

F = Esfuerzo horizontal equivalente.

Lt = Esfuerzo de torsión.

E_n = Esfuerzo nominal sin torsión del apoyo.

E_{nt} = Esfuerzo nominal con torsión del apoyo.

V_n = Esfuerzo vertical sin torsión del apoyo.

V_{nt} = Esfuerzo vertical con torsión del apoyo.

E_T = Esfuerzo de torsión del apoyo.

1.6 CIMENTACIONES (Apdo. 3.6).

Las cimentaciones se podrán realizar mediante zapatas monobloque o zapatas aisladas. En ambos casos se producirán dos momentos, uno debido al esfuerzo en punta y otro debido al viento sobre el apoyo.

Estarán situados los dos momentos, horizontalmente en el centro del apoyo y verticalmente a ras de tierra.

Momento debido al esfuerzo en punta

El momento debido al esfuerzo en punta "Mep" se obtiene:

$$Mep = Ep \cdot H_L$$

Siendo:

Ep = Esfuerzo en punta (daN).

H_L = Altura libre del apoyo (m).

Momento debido al viento sobre el apoyo

El momento debido al esfuerzo del viento sobre el apoyo "Mev" se obtiene:

$$Mev = Eva \cdot H_v$$

Siendo:

Eva = Esfuerzo del viento sobre el apoyo (daN). Según apdo. 3.1.2.3 se obtiene:

$Eva = 170 \cdot (v/120)^2 \cdot \eta \cdot S$ (apoyos de celosía).

$Eva = 100 \cdot (v/120)^2 \cdot S$ (apoyos con superficies planas).

$Eva = 70 \cdot (v/120)^2 \cdot S$ (apoyos con superficies cilíndricas).

v = Velocidad del viento (Km/h).

S = Superficie definida por la silueta del apoyo (m^2).

η = Coeficiente de opacidad. Relación entre la superficie real de la cara y el área definida por su silueta.

H_v = Altura del punto de aplicación del esfuerzo del viento (m). Se obtiene:

$H_v = H/3 \cdot (d_1 + 2 \cdot d_2) / (d_1 + d_2)$ (m)

H = Altura total del apoyo (m).

d_1 = anchura del apoyo en el empotramiento (m).

d_2 = anchura del apoyo en la cogolla (m).

1.6.1 Zapatas Monobloque.

Las zapatas monobloque están compuestas por macizos de hormigón de un solo bloque.

Momento de fallo al vuelco

Para que un apoyo permanezca en su posición de equilibrio, el momento creado por las fuerzas exteriores a él ha de ser absorbido por la cimentación, debiendo cumplirse por tanto:

$Mf \geq 1{,}65 \cdot (Mep + Mev)$

Siendo:

Mf = Momento de fallo al vuelco. Momento absorbido por la cimentación (daN · m).

Mep = Momento producido por el esfuerzo en punta (daN · m).

Mev = Momento producido por el esfuerzo del viento sobre el apoyo (daN · m).

Momento absorbido por la cimentación

El momento absorbido por la cimentación "Mf" se calcula por la fórmula de Sulzberger:

$Mf = [139 \cdot C_2 \cdot a \cdot h^4] + [a^3 \cdot (h + 0{,}20) \cdot 2420 \cdot (0{,}5 - 2/3 \cdot \sqrt{(1{,}1 \cdot h/a \cdot 1/10 \cdot C_2)})]$

Siendo:

C_2 = Coeficiente de compresibilidad del terreno a la profundidad de 2 m (daN/cm^3).

a = Anchura del cimiento (m).

h = Profundidad del cimiento (m).

1.6.2 Zapatas Aisladas.

Las zapatas aisladas están compuestas por un macizo de hormigón para cada pata del apoyo.

Fuerza de rozamiento de las tierras

Cuando la zapata intenta levantar un volumen de tierra, este opone una resistencia cuyo valor

será:

$Frt = \delta_t \cdot \Sigma\ (\gamma^2 \cdot L) \cdot tg\ [\phi/2]$

Siendo:

δ_t = Densidad de las tierras de que se trata (1600 daN/ m^3).

γ = Longitudes parciales del macizo, en m.

L = Perímetro de la superficie de contacto, en m.

ϕ = Angulo de las tierras (generalmente = 45º).

Peso de la tierra levantada

El peso de la tierra levantada será:

$P_t = V_t \cdot \delta_t$, en daN.

Siendo:

$V_t = 1/3 \cdot h \cdot (S_s + S_i + \sqrt{(S_s \cdot S_i)})$; volumen de tierra levantada, que corresponde a un tronco de pirámide, en m^3 .

δ_t = Densidad de la tierra, en daN/ m^3 .

h = Altura del tronco de pirámide de la tierra levantada, en m.

S_s = Superfice superior del tronco de pirámide de la tierra levantada, en m^2 .

S_i = Superfice inferior del tronco de pirámide de la tierra levantada, en m^2 .

Al volumen de tierra " V_t ", habrá que quitarle el volumen del macizo de hormigón que hay enterrado.

Peso del macizo de hormigón

El peso del macizo de hormigón de la zapata será:

$P_h = V_h \cdot \delta_h$, en daN.

Siendo:

δ_h = Densidad del macizo de hormigón, en daN/ m^3 .

$V_h = \Sigma\ V_{hi}$; los volumenes " V_{hi} " pueden ser cubos, pirámides o troncos de pirámide, en m^3 .

$V_i = 1/3 \cdot h \cdot (S_s + S_i + \sqrt{(S_s \cdot S_i)})$; volumen del tronco de pirámide, en m^3 .

$V_i = 1/3 \cdot h \cdot S$; volumen de la pirámide, en m^3 .

$V_i = h \cdot S$; volumen del cubo, en m^3 .

h = Altura del cubo, pirámide o tronco de pirámide, en m.

S_s = Superfice superior del tronco de pirámide, en m^2 .

S_i = Superfice inferior del tronco de pirámide, en m^2 .

S = Superfice de la base del cubo o pirámide, en m^2 .

Esfuerzo vertical debido al esfuerzo en punta

El esfuerzo vertical que tiene que soportar la zapata debido al esfuerzo en punta "Fep" se obtiene:

Fep = 0,5 · (Mep + Mev · f) / Base , en daN.

Siendo:

Mep = Momento producido por el esfuerzo en punta, en daN · m.

Mev = Momento producido por el esfuerzo del viento sobre el apoyo, en daN · m.

f = Factor que vale 1 si el coeficiente de seguridad del apoyo es normal y 1,25 si el coeficiente de seguridad es reforzado.

Base = Base del apoyo, en m.

Esfuerzo vertical debido a los pesos

Sobre la zapata actuarán esfuerzos verticales debidos a los pesos, el valor será:

$F_V = T_V /4 + P_a /4 + P_t + P_h$, en daN.

Siendo:

T_V = Esfuerzos verticales del cálculo de los apoyos, en daN.

P_a = Peso del apoyo, en daN.

P_t = Peso de la tierra levantada, en daN.

P_h = Peso del hormigón de la zapata, en daN.

Esfuerzo total sobre la zapata

El esfuerzo total que actúa sobre la zapata será:

$F_T = Fep + F_V$, en daN.

Siendo:

Fep = Esfuerzo debido al esfuerzo en punta, en daN.

F_V = Esfuerzo debido a los esfuerzos verticales, en daN.

Comprobación de las zapatas

Si el esfuerzo total que actúa sobre la zapata tiende a levantar el macizo de hormigón, habrá que comprobar el coeficiente de seguridad ”Cs“, cuyo valor será:

$Cs = (F_V + Frt) / Fep > 1,5$.

Si el esfuerzo total que actúa sobre la zapata tiende a hundir el macizo de hormigón, habrá que comprobar que el terreno tiene la debida resistencia ”Rt“, cuyo valor será:

$Rt = F_T / S$, en daN/cm^2 .

Siendo:

F_V = Esfuerzo debido a los esfuerzos verticales, en daN.

Frt = Esfuerzo de rozamiento de las tierras, en daN.

Fep = Esfuerzo debido al esfuerzo en punta, en daN.

F_T = Esfuerzo total sobre la zapata, en daN.

S = Superficie de la base del macizo, en cm^2 .

1.7 CADENA DE AISLADORES.

1.7.1 Cálculo eléctrico

El grado de aislamiento respecto a la tensión de la línea se obtiene colocando un número de aisladores suficiente "NAis", cuyo número se obtiene:

$NAis = Nia \cdot Ume / Llf$

Siendo:

NAis = número de aisladores de la cadena.

Nia = Nivel de aislamiento recomendado según las zonas por donde atraviesa la línea (cm/kV).

Ume = Tensión más elevada de la línea (kV).

Llf = Longitud de la línea de fuga del aislador elegido (cm).

1.7.2 Cálculo mecánico

Mecánicamente, el coeficiente de seguridad a la rotura de los aisladores "Csm" ha de ser mayor de 3.

El aislador debe soportar las cargas normales que actúan sobre él.

$Csmv = Qa / (Pv+Pca) > 3$

Siendo:

Csmv = coeficiente de seguridad a la rotura de los aisladores con cargas normales.
Qa = Carga de rotura del aislador (daN).
Pv = El esfuerzo vertical transmitido por los conductores al aislador (daN).
Pca = Peso de la cadena de aisladores y herrajes (daN).

El aislador debe soportar las cargas anormales que actúan sobre él.

$$Csmh = Qa / (Toh \cdot ncf) > 3$$

Siendo:
Csmh = coeficiente de seguridad a la rotura de los aisladores con cargas anormales.
Qa = Carga de rotura del aislador (daN).

Toh = Tensión horizontal máxima en las condiciones más desfavorables (daN).
ncf = número de conductores por fase.

1.7.3 Longitud de la cadena

La longitud de la cadena Lca será:

$$Lca = NAis \cdot LAis \ \ (m)$$

Siendo:
Lca = Longitud de la cadena (m).
NAis = número de aisladores de la cadena.
LAis = Longitud de un aislador (m).

1.7.4 Peso de la cadena

El peso de la cadena Pca será:

$$Pca = NAis \cdot PAis \ \ (daN)$$

Siendo:
Pca = Peso de la cadena (daN).
NAis = número de aisladores de la cadena.
PAis = Peso de un aislador (daN).

1.7.5 Esfuerzo del viento sobre la cadena

El esfuerzo del viento sobre la cadena Eca será:

Eca = k · (DAis / 1000) · Lca (daN)

Siendo:
Eca = Esfuerzo del viento sobre la cadena (daN).
k = 70 · $(v/120)^2$. Según apdo 3.1.2.2.
v = Velocidad del viento (Km/h).
DAis = Diámetro máximo de un aislador (mm).
Lca = Longitud de la cadena (m).

1.8 DISTANCIAS DE SEGURIDAD.

1.8.1 Distancia de los conductores al terreno

La altura de los apoyos será la necesaria para que los conductores, con su máxima flecha vertical, queden situados por encima de cualquier punto del terreno o superficies de agua no navegables a una altura mínima de:

D = Dadd + Del = 5,3 + Del (m), mínimo 6 m.

Siendo:
Dadd = Distancia de aislamiento adicional (m).
Del = Distancia de aislamiento en el aire mínima especificada, para prevenir una descarga disruptiva entre conductores de fase y objetos a potencial de tierra en sobretensiones de frente lento o rápido, según tabla 15 del apdo. 5.2 (m).

1.8.2 Distancia de los conductores entre sí

La distancia de los conductores entre sí "D" debe ser como mínimo:

D = k·√(F + L) + k' · Dpp (m).

Siendo:
k = Coeficiente que depende de la oscilación de los conductores con el viento, según tabla 16 del apdo. 5.4.1.
L = Longitud de la cadena de suspensión (m). Si la cadena es de amarre L=0.
F = Flecha máxima (m).
k' = 0,75.
Dpp = Distancia de aislamiento en el aire mínima especificada, para prevenir una descarga disruptiva entre conductores de fase durante sobretensiones de frente lento o rápido, según tabla 15 del apdo. 5.2 (m).

1.8.3 Distancia de los conductores al apoyo

La distancia mínima de los conductores al apoyo "ds" será de:

ds = Del (m), mínimo de 0,2 m.

Siendo:

Del = Distancia de aislamiento en el aire mínima especificada, para prevenir una descarga disruptiva entre conductores de fase y objetos a potencial de tierra en sobretensiones de frente lento o rápido, según tabla 15 del apdo. 5.2 (m).

1.9 ANGULO DE DESVIACION DE LA CADENA DE SUSPENSION.

Debido al esfuerzo del viento sobre los conductores, las cadenas de suspensión en apoyos de alineación y de ángulo sufren una desviación respecto a la vertical. El ángulo máximo de desviación de la cadena "γ" no podrá ser superior al ángulo "μ" máximo permitido para que se mantenga la distancia del conductor al apoyo.

$tg\ \gamma = (Pv + Eca/2) / (P_{-XºC+V/2} + Pca/2) = Etv / Pt$, en apoyos de alineación.

$tg\ \gamma = (Pv \cdot cos[(180-\alpha)/2] + Rav + Eca/2) / (P_{-XºC+V/2} + Pca/2) = Etv / Pt$, en apoyos de ángulo.

Siendo:

$tg\ \gamma$ = Tangente del ángulo que forma la cadena de suspensión con la vertical, al desviarse por la acción del viento.

Pv = Esfuerzo de la mitad de la presión de viento sobre el conductor (120 km/h) (daN).

Eca = Esfuerzo de la mitad de la presión de viento sobre la cadena de aisladores y herrajes (120 km/h) (daN).

$P_{-XºC+V/2}$ = Peso total del conductor que gravita sobre el apoyo en las condiciones de una Tª X (-5 ºC en zona A, -10 ºC en zona B, -15 ºC en zona C) con sobrecarga mitad de la presión de viento (120 km/h) (daN).

Pca = Peso de la cadena de aisladores y herrajes (daN).

α = Angulo que forman los conductores de la línea (gr. sexa.).

Rav = Resultante de ángulo en las condiciones de -5 ºC en zona A, -10 ºC en zona B y -15 ºC en zona C con sobrecarga mitad de la presión de viento (120 km/h) (daN).

Si el valor del ángulo de desviación de la cadena "γ" es mayor del ángulo máximo permitido "μ", se deberá colocar un contrapeso de valor:

$G = Etv / tg\ \mu - Pt$

1.10 DESVIACION HORIZONTAL DE LAS CATENARIAS POR LA ACCION DEL VIENTO.

$d_H = z \cdot \text{sen}\alpha$

Siendo:

d_H = Desviación horizontal de las catenarias por la acción del viento (m).

z = Distancia entre el punto de la catenaria y la recta de unión de los puntos de sujeción (m).

α = Angulo que forma la resultante del viento con el peso propio del conductor.

2 DATOS GENERALES DE LA INSTALACION

Tensión de la línea: 20 kV.

Tensión más elevada de la línea: 24 kV.

Velocidad del viento: 120 km/h.

Zonas: B.

CONDUCTOR.

Denominación: LA-56 (47-AL1/8-ST1A).

Sección: 54.6 mm^2 .

Diámetro: 9.45 mm.

Carga de Rotura: 1640 daN.

Módulo de elasticidad: 7900 daN/mm^2 .

Coeficiente de dilatación lineal: $19.1 \cdot 10^{-6}$.

Peso propio: 0.185 daN/m.

Peso propio más sobrecarga de viento: 0,596 daN/m.

Peso propio más sobrecarga con la mitad del viento: 0,339 daN/m.

Peso propio más sobrecarga de hielo (Zona B): 0,738 daN/m.

Peso propio más sobrecarga de hielo (Zona C): 1,292 daN/m.

3 TENSION MAXIMA EN LA LINEA Y COMPONENTE HORIZONTAL

Ver en la tabla de TENSIONES Y FLECHAS EN HIPOTESIS REGLAMENTARIAS.

4 TENSIONES HORIZONTALES Y FLECHAS

Ver en la tabla de TENSIONES Y FLECHAS EN HIPOTESIS REGLAMENTARIAS.

Ver en la tabla de TENSIONES Y FLECHAS DE TENDIDO.

5 APOYOS

Ver en la tabla de CALCULO DE APOYOS.

6 CIMENTACIONES

Ver en la tabla de CALCULO DE CIMENTACIONES.

7 DISTANCIAS DE SEGURIDAD

7.1 Distancia de los conductores al terreno

La altura de los apoyos será la necesaria para que los conductores, con su máxima flecha vertical, queden situados por encima de cualquier punto del terreno o superficies de agua no navegables a una altura mínima de.

dst_{des} = Dadd + Del = 5,3 + 0,22 = 5,52 m.; mínimo 6m.

dst_{des} = 7 m.

dst_{ais} = 6 m.

dst_{rec} = 6 m.

Siendo:

Dadd = Distancia de aislamiento adicional, para asegurar el valor Del con el terreno.

Del = Distancia de aislamiento en el aire mínima especificada, para prevenir una descarga disruptiva entre conductores de fase y objetos a potencial de tierra en sobretensiones de frente lento o rápido.

7.2 Distancia de los conductores entre sí

La distancia de los conductores entre sí D debe ser como mínimo:

$D_{des} = k \cdot \sqrt{(F + L)} + k' \cdot Dpp$

$D_{rec} = 1/3 \cdot k \cdot \sqrt{(F + L)} + k' \cdot Dpp$

Siendo:

k = Coeficiente que depende de la oscilación de los conductores con el viento, según tabla 16 del apdo. 5.4.1.

L = Longitud de la cadena de suspensión (m). Si la cadena es de amarre L=0.

F = Flecha máxima (m).

Dpp = Distancia de aislamiento en el aire mínima especificada, para prevenir una descarga disruptiva entre conductores de fase durante sobretensiones de frente lento o rápido.

<u>apoyo 2</u>

$D_{des} = 0,65 \cdot \sqrt{(0,27 + 0)} + 0,75 \cdot 0,25 = 0,52$ m

7.3 Distancia de los conductores al apoyo

La distancia mínima de los conductores al apoyo dsa será de:

dsa = Del = 0,22 m.; mínimo 0,2 m.

dsa = 0,22 m.

Siendo:

Del = Distancia de aislamiento en el aire mínima especificada, para prevenir una descarga disruptiva entre conductores de fase y objetos a potencial de tierra en sobretensiones de frente lento o rápido.

8 CRUZAMIENTOS.

N/A

9 TABLAS RESUMEN

9.1 TENSIONES Y FLECHAS EN HIPÓTESIS REGLAMENTARIAS

Vano	Conductor	Longit. (m)	Desni. (m)	Vano Regula. (m)	Hipótesis de Tensión Máxima						
					-5°C+V Toh(daN)	-10°C+V Toh(daN)	-15°C+H Toh(daN)	-15°C+H+V Toh(daN)	-15°C+V Toh(daN)	-20°C+H Toh(daN)	-20°C+H+V Toh(daN)
1-2	LA-56 (47-AL1/8-ST1A)	20	-1	20		501,4	545,4				

Vano	Conductor	Longit. (m)	Desni. (m)	Vano Regula. (m)	Hipótesis de Flecha Máxima						Hipótesis Flecha Mínima		
					15°C+V		70°C		0°C+H		-5°C	-15°C	-20°C
					Th(daN)	F(m)	Th(daN)	F(m)	Th(daN)	F(m)	F(m)	F(m)	F(m)
1-2	LA-56 (47-AL1/8-ST1A)	20	-1	20	311,6	0,1	34,8	0,27	430,1	0,09		0,02	

Vano	Conductor	Longit. (m)	Desni. (m)	Vano Regula. (m)	Hipótesis de Cálculo Apoyos					Desviación Cadenas Aisladores		
					-5°C+V Th(daN)	-10°C+V Th(daN)	-15°C+H Th(daN)	-15°C+V Th(daN)	-20°C+H Th(daN)	-5°C+V/2 Th(daN)	-10°C+V/2 Th(daN)	-15°C+V/2 Th(daN)
1-2	LA-56 (47-AL1/8-ST1A)	20	-1	20		501,4	545,4				494,6	

9.2 TENSIONES Y FLECHAS DE TENDIDO

Vano	Conductor	Long. (m)	Desni. (m)	V.Reg. (m)	-20°C		-15°C		-10°C		-5°C		0°C	
					T(daN)	F(m)	T(daN)	F(m)	T(daN)	F(m)	T(daN)	F(m)	T(daN)	F(m)
1-2	LA-56 (47-AL1/8-ST1A)	20	-1	20			533	0,02	492,2	0,02	451,3	0,02	410,5	0,02

Vano	Conductor	Long. (m)	Desni. (m)	V.Reg. (m)	5°C		10°C		15°C		20°C		25°C	
					T(daN)	F(m)	T(daN)	F(m)	T(daN)	F(m)	T(daN)	F(m)	T(daN)	F(m)
1-2	LA-56 (47-AL1/8-ST1A)	20	-1	20	369,6	0,03	328,8	0,03	288,4	0,03	248,3	0,04	208,7	0,04

Vano	Conductor	Long. (m)	Desni. (m)	V.Reg. (m)	30°C		35°C		40°C		45°C		50°C		EDS
					T(daN)	F(m)	T(daN)	F(m)	T(daN)	F(m)	T(daN)	F(m)	T(daN)	F(m)	
1-2	LA-56 (47-AL1/8-ST1A)	20	-1	20	170,3	0,05	134,4	0,07	103	0,09	78,4	0,12	61,8	0,15	17,58

9.3 CÁLCULO DE APOYOS

Apoyo	Tipo	Angulo Relativo	Hipótesis 1ª (Viento) (-5:A/-10:B/-15:C)°C+V				Hipótesis 2ª (Hielo) (-15:B/-20:C)°C+H			
		gr.sexa.	V (daN)	T (daN)	L (daN)	Lt (daN)	V (daN)	T (daN)	L (daN)	Lt (daN)
2	Fin Línea		62,3	29,2	1.504,1		20,4		1.636,2	

Apoyo	Tipo	Angulo Relativo	Hipótesis 3ª (Desequilibrio de tracciones) (-5:A)°C+V (-15:B/-20:C)°C+H				Hipótesis 4ª (Rotura de conductores) (-5:A)°C+V (-15:B/-20:C)°C+H				Dist.Lt	Dist.Min. Cond.
		gr.sexa.	V (daN)	T (daN)	L (daN)	Lt (daN)	V (daN)	T (daN)	L (daN)	Lt (daN)	(m)	(m)
2	Fin Línea						40,3			545,4	1,5	0,52

9.4 APOYOS ADOPTADOS

Apoyo	Tipo	Constitución	Coefic. Segur.	Angulo gr.sexa.	Altura Total (m)	Esf. Nominal (daN)	Esf. Secund. (daN)	Esf.punta c.Tors. (daN)	Esf.Ver. s.Tors. (daN)	Esf.Ver. c.Tors. (daN)	Esfuer. Torsión (daN)	Dist. Torsión (m)	Peso (daN)
2	Fin Línea	Celosia recto	N		14	2.000			600	600	1.400	1,5	

9.5 CRUCETAS ADOPTADAS

Apoyo	Tipo	Constitución	Montaje	D.Cond. Cruceta (m)	a Brazo Superior (m)	b Brazo Medio (m)	c Brazo Inferior (m)	d D.Vert. Brazos (m)	e D.eje jabalcón (m)	f D.ref. jabalcón (m)	g Altura Tirante (m)	Peso (daN)
2	Fin Línea	Celosia recto	Horizontal Atir.	1,5	1,5						0,6	65

9.6 CALCULO DE CIMENTACIONES

Apoyo	Tipo	Esf.Util Punta (daN)	Alt.Libre Apoyo (m)	Mom.Producido por el conduc. (daN.m)	Esf.Vie. Apoyos (daN)	Alt.Vie. Apoyos (m)	Mom.Producido Viento Apoyos (daN.m)	Momento Total Fuerzas externas (daN.m)
2	Fin Línea	2.000	12,1	24.200	412,3	5,38	2.217,1	26.417,1

Apoyo	Tipo	Ancho Cimen. A(m)	Alto Cimen. H(m)	MONOBLOQUE		ZAPATAS AISLADAS									
				Coefic. Comp. (daN/m³)	Mom.Absorbido por la cimentac. (daN.m)	Volum. Horm. (m³)	Peso Horm. (daN)	Volum. Tierra (m³)	Dens. Tierra (Kg/m³)	Peso Tierra (daN)	Esf.Roz. Tierra (daN)	Esf. Montan. (daN)	Esf. Vert. (daN)	Coef. Seg.	Res.Cálc. Tierra (daN/cm²)
2	Fin Línea	1,3	2,15	10	43.734,68										

9.7 CALCULO DE CADENAS DE AISLADORES

Apoyo	Tipo	Denom.	Qa (daN)	Diam. Aisl. (mm)	Llf (mm)	Long. Aisl. (m)	Peso Aisl. (daN)
2	Fin Línea	U40B	4.000	175	190	0,11	1,67

Apoyo	Tipo	N.Cad.	Denom.	N.Ais.	Nia (cm/KV)	Lca (m)	L.Alarg. (m)	Pca (daN)	Eca (daN)	Pv+Pca (daN)	Csmv	Toh · ncf (daN)	Csmh
2	Fin Línea	3 C.Am.	U40B	3	1,7	0,51	0,49	5,01	4,04	14,87	269,02	545,4	7,33

9.8 CALCULO DE ESFUERZOS VERTICALES SIN SOBRECARGA

Apoyo	Tipo	Esf.Vert. -20°C (daN)	Esf.Vert. -15°C (daN)	Esf.Vert. -5°C (daN)
2	Fin Línea		-59,4	-47,1

9.9 FLECHAS EN HIPOTESIS DE TRACCION MAXIMA

Vano	Conductor	Longit. (m)	Desni. (m)	Vano Regula. (m)	Hipótesis de Tensión Máxima						
					-5°C+V F(m)	-10°C+V F(m)	-15°C+H F(m)	-15°C+H+V F(m)	-15°C+V F(m)	-20°C+H F(m)	-20°C+H+V F(m)
1-2	LA-56 (47-AL1/8-ST1A)	20	-1	20		0,06	0,07				

APÉNDICE 2

CÁLCULOS ELECTRIFICACIÓN

ÍNDICE

1 CALCULOS LINEA SUBTERRANEA MT 1

1.1 FORMULAS EMPLEADAS 1

1.1.1 Generales 1

1.1.2 Conductividad Eléctrica 1

1.1.3 Cortocircuito 2

1.2 RESULTADOS 3

1.2.1 Características generales de la red 3

1.2.2 Resultados obtenidos para las distintas ramas y nudos 3

1.2.3 Pérdidas de potencia activa 3

1.2.4 Protecciones 4

1.2.5 Caída de tensión total 4

1.2.6 Cortocircuito 4

1.2.7 Cortocircuito en pantallas 5

2 CALCULOS CENTRO DE TRANSFORMACION 6

2.1 INTENSIDAD EN ALTA TENSIÓN 6

2.2 INTENSIDAD EN BAJA TENSIÓN 6

2.3 CORTOCIRCUITOS 6

2.3.1 Observaciones 6

2.3.2 Cálculo de corrientes de cortocircuito 6

2.3.3 Cortocircuito en el lado de Alta Tensión 7

2.3.4 Cortocircuito en el lado de Baja Tensión 7

2.4 DIMENSIONADO DEL EMBARRADO 7

2.4.1 Comprobación por densidad de corriente 7

2.4.2 Comprobación por solicitación electrodinámica 8

2.4.3 Comprobación por solicitación térmica a cortocircuito 8

2.5 SELECCIÓN DE LAS PROTECCIONES DE ALTA Y BAJA TENSIÓN 8

2.5.1 Protección trafo 1 8

2.5.2 Protección en Baja Tensión 9

2.6 DIMENSIONADO DE LA VENTILACIÓN DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN 9

2.7 DIMENSIONADO DEL POZO APAGAFUEGOS 10

2.8 CÁLCULO DE LAS INSTALACIONES DE PUESTA A TIERRA 10

2.8.1 Investigación de las características del suelo 10

2.8.2 Determinación de las corrientes máximas de puesta a tierra y del tiempo máximo

correspondiente a la eliminación del defecto *10*
2.8.3 Diseño de la instalación de tierra *10*
2.8.4 Cálculo de la resistencia del sistema de tierra *11*
2.8.5 Cálculo de las tensiones en el exterior de la instalación *12*
2.8.6 Cálculo de las tensiones en el interior de la instalación *13*
2.8.7 Cálculo de las tensiones aplicadas *13*
2.8.8 Investigación de las tensiones transferibles al exterior *14*
2.8.9 Corrección del diseño inicial. *15*
3 CALCULOS CORRIENTE CONTINUA 16
4 CALCULOS CORRIENTE ALTERNA 19
4.1 CUADRO BT CENTRO TRANSFORMACIÓN 19
4.2 CUADRO GENERAL (CGD) FASE II 19
4.3 CUADRO TELECONTROL EXISTENTE (FASE I) 21

1 CALCULOS LINEA SUBTERRANEA MT

1.1 FORMULAS EMPLEADAS

1.1.1 Generales

Emplearemos las siguientes:

I = S x 1000 / 1,732 x U = Amperios (A)

e = 1.732 x I[(L x Cosφ / k x s x n) + (Xu x L x Senφ / 1000 x n)] = voltios (V)

En donde:

I = Intensidad en Amperios.

e = Caída de tensión en Voltios.

S = Potencia de cálculo en kVA.

U = Tensión de servicio en voltios.

s = Sección del conductor en mm².

L = Longitud de cálculo en metros.

K = Conductividad.

Cos φ = Coseno de fi. Factor de potencia.

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

n = Nº de conductores por fase.

1.1.2 Conductividad Eléctrica

$K = 1/\rho$

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

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

Siendo,

K = Conductividad del conductor a la temperatura T.

ρ = Resistividad del conductor a la temperatura T.

ρ_{20} = Resistividad del conductor a 20°C. (Conductores bimetálicos, ρ_{20} = Stotal/Σ(s/ρ), siendo ρ y s la resistividad y sección de los distintos metales que componen el conductor)

Cu = 0.017241 ohmiosxmm²/m

Al = 0.028264 ohmiosxmm²/m

AlMgSi = 0.03250 ohmiosxmm²/m

Ac (Acero) = 0.192 ohmiosxmm²/m

Ac-Al (Acero recubierto Al) = 0.0848 ohmiosxmm²/m

α = Coeficiente de temperatura:

Cu = 0.003929

Al y demás conductores = 0.004032

T = Temperatura del conductor (°C).

T_0 = Temperatura ambiente (°C):

Cables enterrados = 25°C

Cables al aire = 40°C

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

XLPE, EPR = 90°C

HEPR = 90°C (105°C, Uo/U<=18/30 kv)

PVC = 70°C

Conductores Recubiertos = 90°C

Conductores Desnudos = 85°C

I = Intensidad prevista por el conductor (A).

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

1.1.3 Cortocircuito

* IpccM = Scc x 1000 / 1.732 x U

Siendo:

IpccM: Intensidad permanente de c.c. máxima de la red en Amperios.

Scc: Potencia de c.c. en MVA.

U: Tensión nominal en kV.

* Icccs = Kc x S / $(tcc)^{½}$

Siendo:

Icccs: Intensidad de c.c. en Amperios soportada por un conductor de sección "S", en un tiempo determinado "tcc".

S: Sección de un conductor en mm².

tcc: Tiempo máximo de duración del c.c., en segundos.

Kc: Cte del conductor que depende de la naturaleza y del aislamiento.

1.2 RESULTADOS

1.2.1 Características generales de la red

Tensión(V): 20000

C.d.t. máx.(%): 5

Cos φ : 0,8

Coef. Simultaneidad: 1

Constante cortocircuito Kc:

- PVC, Sección <= 300 mm². KcCu = 115, KcAl = 76
- PVC, Sección > 300 mm². KcCu = 102, KcAl = 68
- XLPE. KcCu = 143, KcAl = 94
- EPR. KcCu = 143, KcAl = 94
- HEPR, Uo/U > 18/30. KcCu = 143, KcAl = 94
- HEPR, Uo/U <= 18/30. KcCu = 135, KcAl = 89
- Desnudos. KcCu = 164, KcAl = 107, KcAl-Ac = 135

1.2.2 Resultados obtenidos para las distintas ramas y nudos

Linea	Nudo Orig.	Nudo Dest.	Long. (m)	Metal/ Xu (mΩ/m)	Canal.	Designación	Polar.	I. Cálculo (A)	Sección (mm2)	D.tubo (mm)	I. Admisi. (A)/Fci
1	1	2	5	Al/0,15	En.B.Tu.	RHZ1 18/30 H25	Unip.	11,55	3x150	160	249,9/1,02
2	2	3	49	Al/0,15	En.B.Tu.	RHZ1 18/30 H25	Unip.	11,55	3x150	160	249,9/1,02
3	3	4	41	Al/0,15	En.B.Tu.	RHZ1 18/30 H25	Unip.	11,55	3x150	160	249,9/1,02
4	4	5	44	Al/0,15	En.B.Tu.	RHZ1 18/30 H25	Unip.	11,55	3x150	160	249,9/1,02
5	5	6	17	Al/0,15	En.B.Tu.	RHZ1 18/30 H25	Unip.	11,55	3x150	160	249,9/1,02

Nudo	C.d.t. (V)	Tensión Nudo (V)	C.d.t. (%)	Carga Nudo
1	0	20.000	0	11,547 A(400 kVA)
2	0,024	19.999,977	0	0 A(0 kVA)
3	0,263	19.999,736	0,001	0 A(0 kVA)
4	0,463	19.999,537	0,002	0 A(0 kVA)
5	0,678	19.999,322	0,003	0 A(0 kVA)
6	0,761	19.999,238	0,004*	-11,547 A(-400 KVA)

NOTA:

- * Nudo de mayor c.d.t.

1.2.3 Pérdidas de potencia activa

Linea	Nudo Orig.	Nudo Dest.	Pérdida Potencia Activa Rama.3RI²(kW)	Pérdida Potencia Activa Total Itinerario.3RI²(kW)
1	1	2	0	
2	2	3	0,004	

3	3	4	0,003	
4	4	5	0,003	
5	5	6	0,001	0,012

1.2.4 Protecciones

Linea	Nudo Orig.	Nudo Dest.	Un (kV)	U1 (kV)	U2 (kV)	Fusibles;In (Amp)	I.Aut;In/IReg (Amp)	I-Secc;In/Iter/IFus (Amp)
1	1	2	24	125	50			400/12,5/16

In(A). Intensidad nominal del elemento de protección o corte.

Ireg(A). Intensidad de regulación del relé térmico del interruptor automático.

Iter(A). Intensidad nominal del relé térmico asociado al elemento de corte (seccionador interruptor).

IFus(A). Intensidad nominal de los fusibles asociados al elemento de corte (seccionador interruptor).

Resultados obtenidos para las Autoválvulas-Pararrayos:

Linea	Nudo Orig.	Nudo Dest.	In (kA)	Un (kV)	U1 (kV)	U2 (kV)
1	1	2	10	24	125	50

In (kA). Intensidad nominal de la autoválvula-pararrayos.

Un (kV). Tensión más elevada de la red.

U1 (kV). Tensión de ensayo al choque con onda de impulso de 1,2/50 microsegundos. kV cresta

U2 (kV). Tensión de ensayo a frecuencia industrial 50 Hz, bajo lluvia durante un minuto. kV eficaz

1.2.5 Caída de tensión total

1-2-3-4-5-6 = 0 %

1.2.6 Cortocircuito

Scc = 500 MVA.

U = 20 kV.

tcc = 0,5 s.

IpccM = 14.433,76 A.

Linea	Nudo Orig.	Nudo Dest.	Sección (mm2)	Icccs (A)	Prot. térmica/In	PdeC (kA)
1	1	2	3x150	19.940,41	400	16
2	2	3	3x150	19.940,41		
3	3	4	3x150	19.940,41		
4	4	5	3x150	19.940,41		
5	5	6	3x150	19.940,41		

1.2.7 Cortocircuito en pantallas

Datos generales:

Ipcc en la pantalla = 1.000 A.

Tiempo de duración c.c. en la pantalla = 1 s.

Resultados:

Sección pantalla = 25 mm².

Icc admisible en pantalla = 4.630 A.

2 CALCULOS CENTRO DE TRANSFORMACION

2.1 INTENSIDAD EN ALTA TENSIÓN

En un transformador trifásico la intensidad del circuito primario Ip viene dada por la expresión:

$$Ip = S / (1{,}732 \cdot Up) \quad ; \quad \text{siendo:}$$

S = Potencia del transformador en kVA.

Up = Tensión compuesta primaria en kV.

Ip = Intensidad primaria en A.

Sustituyendo valores:

Transformador	Potencia (kVA)	Up (kV)	Ip (A)
trafo 1	400	20	11.55

2.2 INTENSIDAD EN BAJA TENSIÓN

En un transformador trifásico la intensidad del circuito secundario Is viene dada por la expresión:

$$Is = (S \cdot 1000) / (1{,}732 \cdot Us) \quad ; \quad \text{siendo:}$$

S = Potencia del transformador en kVA.

Us = Tensión compuesta secundaria en V.

Is = Intensidad secundaria en A.

Sustituyendo valores:

Transformador	Potencia (kVA)	Us (V)	Is (A)
trafo 1	400	400	577.37

2.3 CORTOCIRCUITOS

2.3.1 Observaciones

Para el cálculo de la intensidad primaria de cortocircuito se tendrá en cuenta una potencia de cortocircuito de 500 MVA en la red de distribución, dato proporcionado por la Cía suministradora.

2.3.2 Cálculo de corrientes de cortocircuito

Para el cálculo de las corrientes de cortocircuito utilizaremos las siguientes expresiones:

- Intensidad primaria para cortocircuito en el lado de Alta Tensión:

$$Iccp = Scc / (1{,}732 \cdot Up) \quad ; \quad \text{siendo:}$$

Scc = Potencia de cortocircuito de la red en MVA.
Up = Tensión compuesta primaria en kV.
Iccp = Intensidad de cortocircuito primaria en kA.

- Intensidad secundaria para cortocircuito en el lado de Baja Tensión (despreciando la impedancia de la red de Alta Tensión):

$$Iccs = (100 \cdot S) / (1{,}732 \cdot Ucc\ (\%) \cdot Us) \quad ; \quad \text{siendo:}$$

S = Potencia del transformador en kVA.
Ucc (%) = Tensión de cortocircuito en % del transformador.
Us = Tensión compuesta en carga en el secundario en V.
Iccs = Intensidad de cortocircuito secundaria en kA.

2.3.3 Cortocircuito en el lado de Alta Tensión

Utilizando las expresiones del apartado 2.3.2.

Scc (MVA)	Up (kV)	Iccp (kA)
500	20	14.43

2.3.4 Cortocircuito en el lado de Baja Tensión

Utilizando las expresiones del apartado 2.3.2.

Transformador	Potencia (kVA)	Us (V)	Ucc (%)	Iccs (kA)
trafo 1	400	400	4	14.43

2.4 DIMENSIONADO DEL EMBARRADO

Las características del embarrado son:
Intensidad asignada : 400 A.
Límite térmico, 1 s. : 16 kA eficaces.
Límite electrodinámico : 40 kA cresta.

Por lo tanto dicho embarrado debe soportar la intensidad nominal sin superar la temperatura de régimen permanente (comprobación por densidad de corriente), así como los esfuerzos electrodinámicos y térmicos que se produzcan durante un cortocircuito.

2.4.1 Comprobación por densidad de corriente

La comprobación por densidad de corriente tiene por objeto verificar que el conductor que constituye el embarrado es capaz de conducir la corriente nominal máxima sin sobrepasar la densidad de corriente máxima en régimen permanente. Dado que se utilizan celdas bajo envolvente metálica fabricadas por Orma-

SF6 conforme a la normativa vigente, se garantiza lo indicado para la intensidad asignada de 400 A.

2.4.2 Comprobación por solicitación electrodinámica

La resistencia mecánica de los conductores deberá verificar, en caso de cortocircuito que:

$$\sigma máx \geq (Iccp^2 \cdot L^2) / (60 \cdot d \cdot W), \text{ siendo:}$$

σmáx = Valor de la carga de rotura de tracción del material de los conductores. Para cobre semiduro 2800 Kg / cm^2.

Iccp = Intensidad permanente de cortocircuito trifásico, en kA.

L = Separación longitudinal entre apoyos, en cm.

d = Separación entre fases, en cm.

W = Módulo resistente de los conductores, en cm^3.

Dado que se utilizan celdas bajo envolvente metálica fabricadas por Orma-SF6 conforme a la normativa vigente se garantiza el cumplimiento de la expresión anterior.

2.4.3 Comprobación por solicitación térmica a cortocircuito

La sobreintensidad máxima admisible en cortocircuito para el embarrado se determina:

$$Ith = \alpha \cdot S \cdot \sqrt{(\Delta T / t)}, \text{ siendo:}$$

Ith = Intensidad eficaz, en A.

α = 13 para el Cu.

S = Sección del embarrado, en mm^2.

ΔT = Elevación o incremento máximo de temperatura, 150ºC para Cu.

t = Tiempo de duración del cortocircuito, en s.

Puesto que se utilizan celdas bajo envolvente metálica fabricadas por Orma-SF6 conforme a la normativa vigente, se garantiza que:

$$Ith \geq 16 \text{ kA durante 1 s.}$$

2.5 SELECCIÓN DE LAS PROTECCIONES DE ALTA Y BAJA TENSIÓN

Los transformadores están protegidos tanto en AT como en BT. En Alta tensión la protección la efectúan las celdas asociadas a esos transformadores, y en baja tensión la protección se incorpora en los cuadros de BT.

2.5.1 Protección trafo 1

La protección del transformador en AT de este CT se realiza utilizando una celda de interruptor con fusibles combinados, siendo éstos los que efectúan la protección ante cortocircuitos. Estos fusibles son limitadores

de corriente, produciéndose su fusión antes de que la corriente de cortocircuito haya alcanzado su valor máximo.

Los fusibles se seleccionan para:

- Permitir el paso de la punta de corriente producida en la conexión del transformador en vacío.
- Soportar la intensidad nominal en servicio continuo.

La intensidad nominal de los fusibles se escogerá por tanto en función de la potencia:

Potencia (kVA)	In fusibles (A)
400	40

Para la protección contra sobrecargas se instalará un relé electrónico con captadores de intensidad por fase, cuya señal alimentará a un disparador electromecánico liberando el dispositivo de retención del interruptor.

2.5.2 Protección en Baja Tensión

En el circuito de baja tensión de cada transformador según RU6302 se instalará un Cuadro de Distribución de 4 salidas con posibilidad de extensionamiento. Se instalarán fusibles en todas las salidas, con una intensidad nominal igual al valor de la intensidad exigida a esa salida, y un poder de corte mayor o igual a la corriente de cortocircuito en el lado de baja tensión, calculada en el apartado 3.4.

La descarga del trafo al cuadro de Baja Tensión se realizará con conductores XLPE 0,6/1kV 240 mm^2 Al unipolares instalados al aire cuya intensidad admisible a 40ºC de temperatura ambiente es de 390 A.

Para el trafo 1, cuya potencia es de 400 kVA y cuya intensidad en Baja Tensión se ha calculado en el apartado 2, se emplearán 2 conductores por fase y 1 para el neutro.

2.6 DIMENSIONADO DE LA VENTILACIÓN DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

Para el cálculo de la superficie mínima de las rejillas de entrada de aire en el edificio del centro de transformación, se utiliza la siguiente expresión:

$$Sr = (Wcu + Wfe) / (0,24 \cdot k \cdot \sqrt{(h \cdot \Delta T^3)}), \quad \text{siendo:}$$

Wcu = Pérdidas en el cobre del transformador, en kW.
Wfe = Pérdidas en el hierro del transformador, en kW.
k = Coeficiente en función de la forma de las rejillas de entrada de aire, 0,5.
h = Distancia vertical entre centros de las rejillas de entrada y salida, en m.
ΔT = Diferencia de temperatura entre el aire de salida y el de entrada, 15ºC.

Sr = Superficie mínima de la rejilla de entrada de ventilación del transformador, en m^2.

No obstante, puesto que se utilizan edificios prefabricados de Orma-mn éstos han sufrido ensayos de homologación en cuanto al dimensionado de la ventilación del centro de transformación.

2.7 DIMENSIONADO DEL POZO APAGAFUEGOS

El pozo de recogida de aceite será capaz de alojar la totalidad del volumen que contiene el transformador, y así es dimensionado por el fabricante al tratarse de un edificio prefabricado.

2.8 CÁLCULO DE LAS INSTALACIONES DE PUESTA A TIERRA

2.8.1 Investigación de las características del suelo

Según la investigación previa del terreno donde se instalará este Centro de Transformación, se determina una resistividad media superficial de 150 Ωxm.

2.8.2 Determinación de las corrientes máximas de puesta a tierra y del tiempo máximo correspondiente a la eliminación del defecto

En instalaciones de Alta Tensión de tercera categoría los parámetros de la red que intervienen en los cálculos de faltas a tierras son:

Tipo de neutro

El neutro de la red puede estar aislado, rígidamente unido a tierra, o a través de impedancia (resistencia o reactancia), lo cual producirá una limitación de las corrientes de falta a tierra.

Tipo de protecciones en el origen de la línea

Cuando se produce un defecto, éste es eliminado mediante la apertura de un elemento de corte que actúa por indicación de un relé de intensidad, el cual puede actuar en un tiempo fijo (relé a tiempo independiente), o según una curva de tipo inverso (relé a tiempo dependiente). Asimismo pueden existir reenganches posteriores al primer disparo que sólo influirán en los cálculos si se producen en un tiempo inferior a 0,5 s.

Según los datos de la red proporcionados por la compañía suministradora, se tiene:
- Intensidad máxima de defecto a tierra (Inicial), Idmáx (A): 300.
- Duración de la falta.

Desconexión inicial:
Tiempo máximo de eliminación del defecto (s): 1.

2.8.3 Diseño de la instalación de tierra

Para los cálculos a realizar se emplearán los procedimientos del “Método de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para centros de transformación de tercera categoría”, editado por UNESA.

TIERRA DE PROTECCIÓN.

Se conectarán a este sistema las partes metálicas de la instalación que no estén en tensión normalmente

pero pueden estarlo por defectos de aislamiento, averías o causas fortuitas, tales como chasis y bastidores de los aparatos de maniobra, envolventes metálicas de las cabinas prefabricadas y carcasas de los transformadores.

TIERRA DE SERVICIO.
Se conectarán a este sistema el neutro del transformador y la tierra de los secundarios de los transformadores de tensión e intensidad de la celda de medida.

Para la puesta a tierra de servicio se utilizarán picas en hilera de diámetro 14 mm. y longitud 2 m., unidas mediante conductor desnudo de Cu de 50 mm^2 de sección. El valor de la resistencia de puesta a tierra de este electrodo deberá ser inferior a 37 Ω.

La conexión desde el centro hasta la primera pica del electrodo se realizará con cable de Cu de 50 mm^2, aislado de 0,6/1 kV bajo tubo plástico con grado de protección al impacto mecánico de 7 como mínimo.

2.8.4 Cálculo de la resistencia del sistema de tierra

Las características de la red de alimentación son:

· Tensión de servicio, U = 20000 V.
· Puesta a tierra del neutro:
- Desconocida.
· Nivel de aislamiento de las instalaciones de Baja Tensión, Ubt = 10000 V.
· Características del terreno:
· ρ terreno (Ωxm): 150.
· ρ_H hormigón (Ωxm): 3000.

TIERRA DE PROTECCIÓN.
Para el cálculo de la resistencia de la puesta a tierra de las masas (Rt), la intensidad y tensión de defecto (Id, U_E), se utilizarán las siguientes fórmulas:

· Resistencia del sistema de puesta a tierra, Rt:

$$Rt = Kr \cdot \rho \ (\Omega)$$

· Intensidad de defecto, Id:

$$Id = Idmáx \ (A)$$

· Aumento del potencial de tierra, U_E:

$$U_E = Rt \cdot Id \ (V)$$

El electrodo adecuado para este caso tiene las siguientes propiedades:
· Configuración seleccionada: 50-30/5/42.
· Geometría: Anillo.

· Dimensiones (m): 5x3.
· Profundidad del electrodo (m): 0.5.
· Número de picas: 4.
· Longitud de las picas (m): 2.

Los parámetros característicos del electrodo son:
· De la resistencia, Kr (Ω/Ωxm) = 0.093.
· De la tensión de paso, Kp (V/((Ωxm)A)) = 0.021.
· De la tensión de contacto exterior, Kc (V/((Ωxm)A)) = 0.0461.

Sustituyendo valores en las expresiones anteriores, se tiene:

$$Rt = Kr \cdot \rho = 0.093 \cdot 150 = 13.95\ \Omega.$$

$$Id = Idmáx = 300\ A.$$

$$U_E = Rt \cdot Id = 13.95 \cdot 300 = 4185\ V.$$

TIERRA DE SERVICIO.
El electrodo adecuado para este caso tiene las siguientes propiedades:

· Configuración seleccionada: 5/62.
· Geometría: Picas en hilera.
· Profundidad del electrodo (m): 0.5.
· Número de picas: 6.
· Longitud de las picas (m): 2.
· Separación entre picas (m): 3.

Los parámetros característicos del electrodo son:
· De la resistencia, Kr (Ω/Ωxm) = 0.073.

Sustituyendo valores:

$$Rt_{NEUTRO} = Kr \cdot \rho = 0.073 \cdot 150 = 10.95\ \Omega.$$

2.8.5 Cálculo de las tensiones en el exterior de la instalación

Con el fin de evitar la aparición de tensiones de contacto elevadas en el exterior de la instalación, las puertas y rejillas metálicas que dan al exterior del centro no tendrán contacto eléctrico alguno con masas conductoras que, a causa de defectos o averías, sean susceptibles de quedar sometidas a tensión.

Con estas medidas de seguridad, no será necesario calcular las tensiones de contacto en el exterior, ya que estas serán prácticamente nulas. Por otra parte, la tensión de paso en el exterior vendrá dada por las características del electrodo y la resistividad del terreno según la expresión:

$$U'p = Kp \cdot \rho \cdot Id = 0.021 \cdot 150 \cdot 300 = 945\ V.$$

2.8.6 Cálculo de las tensiones en el interior de la instalación

En el piso del Centro de Transformación se instalará un mallazo electrosoldado, con redondos de diámetro no inferior a 4 mm. formando una retícula no superior a 0,30x0,30 m. Este mallazo se conectará como mínimo en dos puntos opuestos de la puesta a tierra de protección del Centro.

Dicho mallazo estará cubierto por una capa de hormigón de 10 cm. como mínimo.

Con esta medida se consigue que la persona que deba acceder a una parte que pueda quedar en tensión, de forma eventual, estará sobre una superficie equipotencial, con lo que desaparece el riesgo de la tensión de contacto y de paso interior.

De esta forma no será necesario el cálculo de las tensiones de contacto y de paso en el interior, ya que su valor será prácticamente cero.

Asimismo la existencia de una superficie equipotencial conectada al electrodo de tierra, hace que la tensión de paso en el acceso sea equivalente al valor de la tensión de contacto exterior.

$$U'p\ (acc) = Kc \cdot \rho \cdot Id = 0.0461 \cdot 150 \cdot 300 = 2074.5\ V.$$

2.8.7 Cálculo de las tensiones aplicadas

Para la obtención de los valores máximos admisibles de la tensión de paso exterior y en el acceso, se utilizan las siguientes expresiones:

$$Up = 10 \cdot Uca \cdot (1 + (2 \cdot Rac + 6 \cdot \rho_S \cdot Cs) / 1000) \quad V.$$

$$Up\ (acc) = 10 \cdot Uca \cdot (1 + (2 \cdot Rac + 3 \cdot \rho_S \cdot Cs + 3 \cdot \rho_H \cdot C_H) / 1000) \quad V.$$

$$Cs = 1 - 0{,}106 \cdot [(1 - \rho / \rho_S) / (2 \cdot hs + 0{,}106)].$$

$$C_H = 1 - 0{,}106 \cdot [(1 - \rho / \rho_H) / (2 \cdot h_H + 0{,}106)].$$

$$t = t' + t'' \quad s.$$

Siendo:

Up = Tensión de paso admisible en el exterior, en voltios.

Up (acc) = Tensión en el acceso admisible, en voltios.

Uca = Tensión de contacto aplicada admisible según ITC-RAT 13 (Tabla 1), en voltios.

Rac = Resistencias adicionales, como calzado, aislamiento de la torre, etc, en Ω.

Cs = Coeficiente reductor de la resistencia superficial del suelo.

C_H = Coeficiente reductor de la resistencia del hormigón.

hs = Espesor de la capa superficial del terreno, en m.

h_H = Espesor de la capa de hormigón, en m.

ρ = Resistividad natural del terreno, en Ωxm.

ρ_S = Resistividad superficial del suelo, en Ωxm.

ρ_H = Resistividad del hormigón, 3000 Ωxm.

t = Tiempo de duración de la falta, en segundos.

t´ = Tiempo de desconexión inicial, en segundos.

t´´ = Tiempo de la segunda desconexión, en segundos.

Según el punto 8.2. el tiempo de duración de la falta es:

t´ = 1 s.

t = t´ = 1 s.

Sustituyendo valores:

$Up = 10 \cdot Uca \cdot (1 + (2 \cdot Rac + 6 \cdot \rho_S \cdot Cs) / 1000) = 10 \cdot 107 \cdot (1 + (2 \cdot 2000 + 6 \cdot 150 \cdot 1) / 1000) = 6313$ V.

$Up\ (acc) = 10 \cdot Uca \cdot (1 + (2 \cdot Rac + 3 \cdot \rho_S \cdot Cs + 3 \cdot \rho_H \cdot C_H) / 1000) = 10 \cdot 107 \cdot (1 + (2 \cdot 2000 + 3 \cdot 150 \cdot 1 + 3 \cdot 3000 \cdot 0.67) / 1000) = 12292.41$ V.

$Cs = 1 - 0{,}106 \cdot [(1 - \rho / \rho_S) / (2 \cdot hs + 0{,}106)] = 1 - 0{,}106 \cdot [(1 - 150 / 150) / (2 \cdot 0.1 + 0{,}106)] = 1$

$C_H = 1 - 0{,}106 \cdot [(1 - \rho / \rho_H) / (2 \cdot h_H + 0{,}106)] = 1 - 0{,}106 \cdot [(1 - 150 / 3000) / (2 \cdot 0.1 + 0{,}106)] = 0.67$

Los resultados obtenidos se presentan en la siguiente tabla:

Tensión de paso en el exterior y de paso en el acceso.

Concepto	Valor calculado	Condición	Valor admisible
Tensión de paso en el exterior	U'p = 945 V.	≤	Up = 6313 V.
Tensión de paso en el acceso	U'p (acc) = 2074.5 V.	≤	Up (acc) = 12292.41 V.

Tensión e intensidad de defecto.

Concepto	Valor calculado	Condición	Valor admisible
Aumento del potencial de tierra	U_E = 4185 V.	≤	Ubt = 10000 V.
Intensidad de defecto	Id = 300 A.	>	

2.8.8 Investigación de las tensiones transferibles al exterior

Al no existir medios de transferencia de tensiones al exterior no se considera necesario un estudio para su reducción o eliminación.

No obstante, para garantizar que el sistema de puesta a tierra de servicio no alcance tensiones elevadas cuando se produce un defecto, existirá una distancia de separación mínima (Dn-p), entre los electrodos de los sistemas de puesta a tierra de protección y de servicio.

$$Dn\text{-}p \geq (\rho \cdot Id) / (2000 \cdot \pi) = (150 \cdot 300) / (2000 \cdot \pi) = 7.16 \text{ m.}$$

Siendo:

ρ = Resistividad del terreno en Ωxm.

Id = Intensidad de defecto en A.

La conexión desde el centro hasta la primera pica del electrodo de servicio se realizará con cable de Cu de 50 mm^2, aislado de 0,6/1 kV bajo tubo plástico con grado de protección al impacto mecánico de 7 como mínimo.

2.8.9 Corrección del diseño inicial.

No se considera necesario la corrección del sistema proyectado según se pone de manifiesto en las tablas del punto 2.8.7.

3 CALCULOS CORRIENTE CONTINUA

TRAMO	TIPO	Nº SER	P (W)	cos φ	S (VA)	U (V)	MAT	C	PORC %	CAIDA MAX	I (A)	1,25 I	COEF RED	L (m)	SECC CALC	SECC ADOPT	CABLES FASE	Imax SOPORT	Ireal SOPORT	CANALIZ	ΔV (V)	ΔV (%)	ΔVacum (%)	RBT ITC 40
L1-CCS1	CC	1	9840	1	9840	731,04	Cu	56	1,5	10,9656	13,46	16,83	0,7	84	3,68	6	1	37	25,9	BANDEJA	6,730	0,921	1,429	1,5
L2-CCS1	CC	1	9840	1	9840	731,04	Cu	56	1,5	10,9656	13,46	16,83	0,7	75	3,29	6	1	37	25,9	BANDEJA	6,009	0,822	1,330	1,5
L3-CCS1	CC	1	9840	1	9840	731,04	Cu	56	1,5	10,9656	13,46	16,83	0,7	66	2,89	6	1	37	25,9	BANDEJA	5,288	0,723	1,232	1,5
L4-CCS1	CC	1	9840	1	9840	731,04	Cu	56	1,5	10,9656	13,46	16,83	0,7	56	2,46	6	1	37	25,9	BANDEJA	4,487	0,614	1,122	1,5
L5-CCS1	CC	1	9840	1	9840	731,04	Cu	56	1,5	10,9656	13,46	16,83	0,7	47	2,06	6	1	37	25,9	BANDEJA	3,766	0,515	1,024	1,5
L6-CCS1	CC	1	9840	1	9840	731,04	Cu	56	1,5	10,9656	13,46	16,83	0,7	38	1,67	6	1	37	25,9	BANDEJA	3,045	0,416	0,925	1,5
L7-CCS1	CC	1	9840	1	9840	731,04	Cu	56	1,5	10,9656	13,46	16,83	0,7	28	1,23	6	1	37	25,9	BANDEJA	2,243	0,307	0,815	1,5
L8-CCS1	CC	1	9840	1	9840	731,04	Cu	56	1,5	10,9656	13,46	16,83	0,7	19	0,83	6	1	37	25,9	BANDEJA	1,522	0,208	0,717	1,5
L9-CCS1	CC	1	9840	1	9840	731,04	Cu	56	1,5	10,9656	13,46	16,83	0,7	10	0,44	6	1	37	25,9	BANDEJA	0,801	0,110	0,618	1,5
L10-CCS1	CC	1	9840	1	9840	731,04	Cu	56	1,5	10,9656	13,46	16,83	0,7	1	0,04	6	1	37	25,9	BANDEJA	0,080	0,011	0,519	1,5
L11-CCS2	CC	1	9840	1	9840	731,04	Cu	56	1,5	10,9656	13,46	16,83	0,7	84	3,68	6	1	37	25,9	BANDEJA	6,730	0,921	1,495	1,5
L12-CCS2	CC	1	9840	1	9840	731,04	Cu	56	1,5	10,9656	13,46	16,83	0,7	75	3,29	6	1	37	25,9	BANDEJA	6,009	0,822	1,396	1,5
L13-CCS2	CC	1	9840	1	9840	731,04	Cu	56	1,5	10,9656	13,46	16,83	0,7	66	2,89	6	1	37	25,9	BANDEJA	5,288	0,723	1,297	1,5
L14-CCS2	CC	1	9840	1	9840	731,04	Cu	56	1,5	10,9656	13,46	16,83	0,7	56	2,46	6	1	37	25,9	BANDEJA	4,487	0,614	1,188	1,5
L15-CCS2	CC	1	9840	1	9840	731,04	Cu	56	1,5	10,9656	13,46	16,83	0,7	47	2,06	6	1	37	25,9	BANDEJA	3,766	0,515	1,089	1,5
L16-CCS2	CC	1	9840	1	9840	731,04	Cu	56	1,5	10,9656	13,46	16,83	0,7	38	1,67	6	1	37	25,9	BANDEJA	3,045	0,416	0,990	1,5
L17-CCS2	CC	1	9840	1	9840	731,04	Cu	56	1,5	10,9656	13,46	16,83	0,7	28	1,23	6	1	37	25,9	BANDEJA	2,243	0,307	0,881	1,5
L18-CCS2	CC	1	9840	1	9840	731,04	Cu	56	1,5	10,9656	13,46	16,83	0,7	19	0,83	6	1	37	25,9	BANDEJA	1,522	0,208	0,782	1,5
L19-CCS2	CC	1	9840	1	9840	731,04	Cu	56	1,5	10,9656	13,46	16,83	0,7	10	0,44	6	1	37	25,9	BANDEJA	0,801	0,110	0,684	1,5

L20-CCS2	CC	1	9840	1	9840	731,04	Cu	56	1,5	10,9656	13,46	16,83	0,7	1	0,04	6	1	37	25,9	BANDEJA	0,080	0,011	0,585	1,5
L21-CCS3	CC	1	9840	1	9840	731,04	Cu	56	1,5	10,9656	13,46	16,83	0,7	84	3,68	6	1	37	25,9	BANDEJA	6,730	0,921	1,513	1,5
L22-CCS3	CC	1	9840	1	9840	731,04	Cu	56	1,5	10,9656	13,46	16,83	0,7	75	3,29	6	1	37	25,9	BANDEJA	6,009	0,822	1,414	1,5
L23-CCS3	CC	1	9840	1	9840	731,04	Cu	56	1,5	10,9656	13,46	16,83	0,7	66	2,89	6	1	37	25,9	BANDEJA	5,288	0,723	1,316	1,5
L24-CCS3	CC	1	9840	1	9840	731,04	Cu	56	1,5	10,9656	13,46	16,83	0,7	56	2,46	6	1	37	25,9	BANDEJA	4,487	0,614	1,206	1,5
L25-CCS3	CC	1	9840	1	9840	731,04	Cu	56	1,5	10,9656	13,46	16,83	0,7	47	2,06	6	1	37	25,9	BANDEJA	3,766	0,515	1,107	1,5
L26-CCS3	CC	1	9840	1	9840	731,04	Cu	56	1,5	10,9656	13,46	16,83	0,7	38	1,67	6	1	37	25,9	BANDEJA	3,045	0,416	1,009	1,5
L27-CCS3	CC	1	9840	1	9840	731,04	Cu	56	1,5	10,9656	13,46	16,83	0,7	28	1,23	6	1	37	25,9	BANDEJA	2,243	0,307	0,899	1,5
L28-CCS3	CC	1	9840	1	9840	731,04	Cu	56	1,5	10,9656	13,46	16,83	0,7	19	0,83	6	1	37	25,9	BANDEJA	1,522	0,208	0,800	1,5
L29-CCS3	CC	1	9840	1	9840	731,04	Cu	56	1,5	10,9656	13,46	16,83	0,7	10	0,44	6	1	37	25,9	BANDEJA	0,801	0,110	0,702	1,5
L30-CCS3	CC	1	9840	1	9840	731,04	Cu	56	1,5	10,9656	13,46	16,83	0,7	1	0,04	6	1	37	25,9	BANDEJA	0,080	0,011	0,603	1,5
L31-CCS4	CC	1	9840	1	9840	731,04	Cu	56	1,5	10,9656	13,46	16,83	0,7	84	3,68	6	1	37	25,9	BANDEJA	6,730	0,921	1,601	1,5
L32-CCS4	CC	1	9840	1	9840	731,04	Cu	56	1,5	10,9656	13,46	16,83	0,7	75	3,29	6	1	37	25,9	BANDEJA	6,009	0,822	1,503	1,5
L33-CCS4	CC	1	9840	1	9840	731,04	Cu	56	1,5	10,9656	13,46	16,83	0,7	66	2,89	6	1	37	25,9	BANDEJA	5,288	0,723	1,404	1,5
L34-CCS4	CC	1	9840	1	9840	731,04	Cu	56	1,5	10,9656	13,46	16,83	0,7	56	2,46	6	1	37	25,9	BANDEJA	4,487	0,614	1,295	1,5
L35-CCS4	CC	1	9840	1	9840	731,04	Cu	56	1,5	10,9656	13,46	16,83	0,7	47	2,06	6	1	37	25,9	BANDEJA	3,766	0,515	1,196	1,5
L36-CCS4	CC	1	9840	1	9840	731,04	Cu	56	1,5	10,9656	13,46	16,83	0,7	38	1,67	6	1	37	25,9	BANDEJA	3,045	0,416	1,097	1,5
L37-CCS4	CC	1	9840	1	9840	731,04	Cu	56	1,5	10,9656	13,46	16,83	0,7	28	1,23	6	1	37	25,9	BANDEJA	2,243	0,307	0,988	1,5
L38-CCS4	CC	1	9840	1	9840	731,04	Cu	56	1,5	10,9656	13,46	16,83	0,7	19	0,83	6	1	37	25,9	BANDEJA	1,522	0,208	0,889	1,5
L39-CCS4	CC	1	9840	1	9840	731,04	Cu	56	1,5	10,9656	13,46	16,83	0,7	10	0,44	6	1	37	25,9	BANDEJA	0,801	0,110	0,790	1,5
L40-CCS4	CC	1	9840	1	9840	731,04	Cu	56	1,5	10,9656	13,46	16,83	0,7	1	0,04	6	1	37	25,9	BANDEJA	0,080	0,011	0,692	1,5
CCS1-CGS	CC	10	98400	1	98400	731,04	Al	35	1,5	10,9656	134,60	168,25	0,8	9,6	8,42	50	1	180	144	ZANJA, TUBO	1,477	0,202	0,508	1,5

CCS2-CGS	CC	10	98400	1	98400	731,04	Al	35	1,5	10,9656	134,60	168,25	0,8	17,8	15,61	70	1	220	176	ZANJA, TUBO	1,956	0,268	0,574	1,5
CCS3-CGS	CC	10	98400	1	98400	731,04	Al	35	1,5	10,9656	134,60	168,25	0,8	25,8	22,62	95	1	260	208	ZANJA, TUBO	2,089	0,286	0,592	1,5
CCS4-CGS	CC	10	98400	1	98400	731,04	Al	35	1,5	10,9656	134,60	168,25	0,8	33,8	29,64	95	1	260	208	ZANJA, TUBO	2,737	0,374	0,681	1,5
CGS- E BOMBEO (Cseccto)	CC	40	393600	1	4E+05	731,04	Al	35	1,5	10,9656	538,41	673,01	0,8	35	122.57	240	2	430	688	ZANJA, TUBO	2,240	0,306	0,306	1,5

CSeccto-VFH1	CC	1	75000	1	75000	731,04	Al	35	1,5	10,9656	102,59	128,24	0,78	10,5	7,02	95	1	260	202,8	BANDEJA	0,648	0,089	0,089	1,5
CSeccto-VFH2	CC	1	75000	1	75000	731,04	Al	35	1,5	10,9656	102,59	128,24	0,78	8,7	5,81	95	1	260	202,8	BANDEJA	0,537	0,073	0,073	1,5
CSeccto-VFH3	CC	1	75000	1	75000	731,04	Al	35	1,5	10,9656	102,59	128,24	0,78	6,95	4,64	95	1	260	202,8	BANDEJA	0,429	0,059	0,059	1,5

4 CALCULOS CORRIENTE ALTERNA

4.1 Cuadro BT Centro transformación

Denominación	P.Cálculo (W)	Dist.Cálc. (m)	Sección (mm²)	I.Cálculo (A)	I.Adm. (A)	C.T.Parc. (%)	C.T.Total (%)	Dimensiones (mm) Tubo,Canal, Band.
TR1	397340.47	5	2(4x240)Cu	577.73	978	0.05	0.05	200x60
CGD FASE II	397340.47	68.9	2(4x240)Cu	577.73	672	0.76	0.82	2(225)

Cortocircuito

Denominación	Longitud (m)	Sección (mm²)	Ikmaxi (kA)	P de C (kA)	Ikmaxf (kA)	Ikminf (A)	Curva válida, xIn	Lmáxima (m)	Fase
TR1	5	2(4x240)Cu			14.634	11460.38			
CGD FASE II	68.9	2(4x240)Cu	14.634	15|15	12.172	8516.61	630;10 In|630;10 In		

4.2 Cuadro general (CGD) FASE II

Denominación	P.Cálculo (W)	Dist.Cálc. (m)	Sección (mm²)	I.Cálculo (A)	I.Adm. (A)	C.T.Parc. (%)	C.T.Total (%)	Dimensiones(mm) Tubo,Canal,Band.
Alumbrado / Fuerza Sala E	3160.4	0.3	2x2.5Cu	16.22	32	0.03	0.84	
Al int	80	6.7	2x1.5+TTx1.5Cu	0.35	17.5	0.02	0.87	16
Al emerg	5	2	2x1.5+TTx1.5Cu	0.02	17.5	0	0.85	16
TC II/16A	3000	10.8	2x2.5+TTx2.5Cu	15.28	24	0.97	1.82	20
Extractor 1-3500 m3/h	213.28	4.4	2x2.5+TTx2.5Cu	1.23	24	0.03	0.87	20
Extractor 2-3500 m3/h	213.28	8.2	2x2.5+TTx2.5Cu	1.23	24	0.05	0.89	20
VFH 1	109900	7.4	3x70+TTx70Cu	158.63	175.55	0.15	0.97	75x60
Bomba1-215l/s	78947.37	25.25	3x70+TTx70Cu	113.95	175.55	0.36	0.36	75x60
VFH 2	109900	9.15	3x70+TTx70Cu	158.63	175.55	0.19	1.01	75x60
Bomba2-215l/s	78947.37	26.5	3x70+TTx70Cu	113.95	175.55	0.37	0.37	75x60
VFH 3R	109900	10.9	3x70+TTx70Cu	158.63	175.55	0.23	1.05	75x60
Bomba3R-215l/s	78947.37	27.75	3x70+TTx70Cu	113.95	175.55	0.39	0.39	75x60
VFH 4	*109300*	*7.4*	*3x95+TTx95Cu*	*157.76*	*213.33*	*0.11*	*0.93*	*75x60*
Bomba4-133l/s	*94537.81*	*28.95*	*3x95+TTx95Cu*	*136.45*	*213.33*	*0.36*	*0.36*	*75x60*
VFH 5	*109300*	*9.15*	*3x95+TTx95Cu*	*157.76*	*213.33*	*0.13*	*0.95*	*75x60*
Bomba5-133l/s	*94537.81*	*30.2*	*3x95+TTx95Cu*	*136.45*	*213.33*	*0.38*	*0.38*	*75x60*
VFH 6R	*109300*	*10.9*	*3x95+TTx95Cu*	*157.76*	*213.33*	*0.16*	*0.98*	*75x60*
Bomba6R-133l/s	*94537.81*	*31.45*	*3x95+TTx95Cu*	*136.45*	*213.33*	*0.39*	*0.39*	*75x60*
Servicios Cuadro	102.62	0.3	2x2.5Cu	0.46	32	0	0.78	
Al cuadro	18	2.5	2x1.5Cu	0.08	21	0	0.78	
R caldeo	100	2.5	2x2.5Cu	0.43	30	0.01	0.79	
Extractor c/filt 189 m3/h	53.03	2.5	2x2.5Cu	0.31	30	0	0.78	
Telecontrol existente	41.1	4.4	2x2.5Cu	0.18	24	0.01	0.79	16
Monitorizacion Campo FV	665	3	2x2.5+TTx2.5Cu	3.03	24	0.06	0.84	20

Est. Meteorologica	2	0.5	2x2.5Cu	0.01	30	0	0	
Datalogger	2	0.5	2x2.5Cu	0.01	30	0	0	
Modem router	4.5	0.5	2x2.5Cu	0.02	30	0	0	
Switch FO	150	0.5	2x2.5Cu	0.65	30	0	0	
Videovigilancia Campo FV	665	35	2x6+TTx6Cu	3.03	53	0.26	1.04	50
Disco duro 4 TB	5	0.5	2x2.5Cu	0.02	30	0	0	
Grabador camaras IP	24	0.5	2x2.5Cu	0.1	30	0	0	
E/S 18CH	2	0.5	2x2.5Cu	0.01	30	0	0	
Modem router 4G	4.5	0.5	2x2.5Cu	0.02	30	0	0	
Switch FO (8G)	150	0.5	2x2.5Cu	0.65	30	0	0	
Switch FO (16G)	270	0.5	2x2.5Cu	1.17	30	0	0	
Camaras CCTV	118.64	408	2x6+TTx6Cu	0.68	53	0.53	0.53	50

Cortocircuito

Denominación	Longitud (m)	Sección (mm²)	Ikmaxi (kA)	P de C (kA)	Ikmaxf (kA)	Ikminf (A)	Curva válida, xln	Lmáxima (m)	Fase
Alumbrado / Fuerza Sala E	0.3	2x2.5Cu	10.306	15	9.521	7126.44	25;C		R
Al int	6.7	2x1.5+TTx1.5Cu	9.521	10	1.436	694.57	10;C		R
Al emerg	2	2x1.5+TTx1.5Cu	9.521	10	3.834	1966.59	10;C		R
TC II/16A	10.8	2x2.5+TTx2.5Cu	9.521	10	1.479	716.23	16;C		R
Extractor 1-3500 m3/h	4.4	2x2.5+TTx2.5Cu	9.521	10	3.136	1576.24	1.6;10 In		R
Extractor 2-3500 m3/h	8.2	2x2.5+TTx2.5Cu	9.521	10	1.887	920.8	1.6;10 In		R
VFH 1	7.4	3x70+TTx70Cu	12.172	15	11.474	8258.67	160;10 In		
Bomba1-215l/s	25.25	3x70+TTx70Cu	11.474		9.356	5876.76			
VFH 2	9.15	3x70+TTx70Cu	12.172	15	11.312	8059.69	160;10 In		
Bomba2-215l/s	26.5	3x70+TTx70Cu	11.312		9.138	5662.8			
VFH 3R	10.9	3x70+TTx70Cu	12.172	15	11.153	7865.07	160;10 In		
Bomba3R-215l/s	27.75	3x70+TTx70Cu	11.153		8.927	5461.42			
VFH 4	*7.4*	*3x95+TTx95Cu*	*12.172*	*15*	*11.575*	*8434.17*	*250;10 In*		
Bomba4-133l/s	*28.95*	*3x95+TTx95Cu*	*11.575*		*9.552*	*6222.64*			
VFH 5	*9.15*	*3x95+TTx95Cu*	*12.172*	*15*	*11.438*	*8275.13*	*250;10 In*		
Bomba5-133l/s	*30.2*	*3x95+TTx95Cu*	*11.438*		*9.371*	*6043.53*			
VFH 6R	*10.9*	*3x95+TTx95Cu*	*12.172*	*15*	*11.303*	*8119.05*	*250;10 In*		
Bomba6R-133l/s	*31.45*	*3x95+TTx95Cu*	*11.303*		*9.196*	*5872.7*			
Servicios Cuadro	0.3	2x2.5Cu	10.306		9.521	7126.44			S
Al cuadro	2.5	2x1.5Cu	9.521	10	3.27	1648.41	10;C		S
R caldeo	2.5	2x2.5Cu	9.521	10	4.605	2431.42	10;C		S
Extractor c/filt 189 m3/h	2.5	2x2.5Cu	9.521	10	4.605	2431.42	16;C		S
Telecontrol existente	4.4	2x2.5Cu	10.306	15	3.306	1669.51	16;C		T
Monitorizacion Campo FV	3	2x2.5+TTx2.5Cu	10.306	15	4.394	2301.16	25;C		T
Est. Meteorologica	0.5	2x2.5Cu	4.394	4.5	3.937	2028.23	6;C		T
Datalogger	0.5	2x2.5Cu	4.394	4.5	3.937	2028.23	6;C		T
Modem router	0.5	2x2.5Cu	4.394	4.5	3.937	2028.23	6;C		T
Switch FO	0.5	2x2.5Cu	4.394	4.5	3.937	2028.23	6;C		T
Videovigilancia Campo FV	35	2x6+TTx6Cu	10.306	15	1.143	551.5	25;C		S
Disco duro 4 TB	0.5	2x2.5Cu	1.143	4.5	1.108	533.91	6;C		S
Grabador camaras IP	0.5	2x2.5Cu	1.143	4.5	1.108	533.91	6;C		S

E/S 18CH	0.5	2x2.5Cu	1.143	4.5	1.108	533.91	6;C		S
Modem router 4G	0.5	2x2.5Cu	1.143	4.5	1.108	533.91	6;C		S
Switch FO (8G)	0.5	2x2.5Cu	1.143	4.5	1.108	533.91	6;C		S
Switch FO (16G)	0.5	2x2.5Cu	1.143	4.5	1.108	533.91	6;C		S
Camaras CCTV	408	2x6+TTx6Cu	1.143	4.5	0.095	45.13	25;C		S

4.3 Cuadro Telecontrol existente (Fase I)

Denominación	P.Cálculo (W)	Dist.Cálc. (m)	Sección (mm²)	I.Cálculo (A)	I.Adm. (A)	C.T.Parc. (%)	C.T.Total (%)	Dimensiones (mm) Tubo,Canal, Band.
Automata existente	41.1	0.3	2x2.5Cu	0.18	30	0	0.79	
Caudalimetro	10	54.4	2x2.5Cu	0.04	32	0.01	0.8	32
Flujostato B1	10	24.85	2x2.5Cu	0.04	24	0.01	0.79	16
Flujostato B2	10	27.85	2x2.5Cu	0.04	32	0.01	0.79	32
Flujostato B3	10	30.85	2x2.5Cu	0.04	24	0.01	0.8	16
Transd. Pres. Col Entrada	0.5	28.7	2x2.5Cu	0	24	0	0.79	16
Transd. Pres. Col Salida	0.5	30.25	2x2.5Cu	0	24	0	0.79	16
Presostato Salida	0.1	30.25	2x2.5Cu	0	24	0	0.79	16

Cortocircuito

Denominación	Longitud (m)	Sección (mm²)	Ikmaxi (kA)	P de C (kA)	Ikmaxf (kA)	Ikminf (A)	Curva válida, xln	Lmáxima (m)	Fase
Automata existente	0.3	2x2.5Cu	3.306	4.5	3.136	1576.24	10;C		T
Caudalimetro	54.4	2x2.5Cu	3.136	4.5	0.294	140.09	6;C		T
Flujostato B1	24.85	2x2.5Cu	3.136	4.5	0.581	277.61	6;C		T
Flujostato B2	27.85	2x2.5Cu	3.136	4.5	0.528	252.45	6;C		T
Flujostato B3	30.85	2x2.5Cu	3.136	4.5	0.485	231.48	6;C		T
Transd. Pres. Col Entrada	28.7	2x2.5Cu	3.136	4.5	0.515	246.13	6;C		T
Transd. Pres. Col Salida	30.25	2x2.5Cu	3.136	4.5	0.493	235.39	6;C		T
Presostato Salida	30.25	2x2.5Cu	3.136	4.5	0.493	235.39	6;C		T

APÉNDICE 3

CARTA DE CONDICIONES COMPAÑÍA DISTRIBUIDORA

e-distribución

Ref. Solicitud: **AGRA001 0000510913-1**

AGRIMENSUR CONSULTING
MARIE CURIE Nº 8 LOCAL INGENIERIA
CORDOBA
14012 -
A la Atención de
JAVIER MUÑOZ

Tipo Solicitud: **SUMINISTRO**
NUEVO SUMINISTRO

ASUNTO: propuesta previa de acceso y conexión

Muy Sres. Nuestros:

Desde EDISTRIBUCIÓN Redes Digitales S.L. Unipersonal nos ponemos en contacto con Ud. en relación con la solicitud de **NUEVO SUMINISTRO** que nos ha formulado, por una potencia de 300 kW en **CL POLIGONO 5, PCL, 895, 18813, CUEVAS DEL CAMPO, GRANADA**, con objeto de comunicarle que una vez evaluada, existe capacidad de acceso, siendo las siguientes condiciones las que hacen viable la propuesta previa:

- Punto de conexión: \PZ_ALCON\20\C_CAMPO
- Coordenadas UTM del punto de conexión: 30, 507405.07, 4168822.85
- Capacidad de acceso propuesta (kW): 300
- Tensión nominal (V): 20.000
- Potencia de cortocircuito máxima de diseño (MVA):
- Potencia de cortocircuito mínima (MVA):
- *Restricciones temporales* del derecho de acceso:

  - De conformidad con lo previsto en el artículo 33.2 de la Ley 24/2013, de 26 de diciembre, el derecho de acceso en el punto de conexión propuesto podrá ser restringido temporalmente por situaciones que puedan derivarse de condiciones de operación o de necesidades de mantenimiento y desarrollo de la red.

EDISTRIBUCIÓN Redes Digitales S.L. Unipersonal Inscrita en el Registro Mercantil de Madrid, Tomo 36.900, Libro 0, folio 136, Hoja M-272592 C.I.F. B82846817

Estas indicaciones técnicas se facilitan para atender su solicitud, sin que puedan ser aplicadas para condiciones distintas a las consideradas (potencia, ubicación, etc.).

Además, conforme a lo establecido en la legislación vigente acompañamos la siguiente documentación:

- **Pliego de Condiciones Técnicas**, donde le informamos de los trabajos que se precisan para atender su solicitud, distinguiendo entre los correspondientes a refuerzo, adecuación, adaptación o reforma de la red de distribución existente en servicio o planificada y los que se requieren para la extensión de red desde el punto existente y el punto frontera de la nueva instalación.
- **Presupuesto** detallado de los trabajos de refuerzo, adecuación, adaptación o reforma de la red de distribución existente en servicio.

De acuerdo a la legislación vigente, todas las instalaciones detalladas en el Pliego de Condiciones Técnicas deben ser ejecutadas a cargo del solicitante.

La medida de energía deberá cumplirse con lo establecido en el RD 1110/2007 por el que se aprueba el Reglamento unificado de Puntos de Medida del Sistema Eléctrico, referente a medida, seguridad y calidad industrial para permitir y garantizar la correcta medida de la energía eléctrica.

Conforme prevé el RD 1183/2020, le informamos que dispone de un plazo máximo de 30 días hábiles para comunicarnos la aceptación de la propuesta previa.

Para que esta propuesta previa pueda considerarse aceptada y procedamos a remitir los permisos de acceso y conexión será requisito imprescindible, el pago, en este mismo plazo, de las infraestructuras incluidas en el pliego de condiciones técnicas, a través de los medios recogidos en esta misma comunicación. Transcurrido este plazo sin haber recibido comunicación por su parte, se considerará no aceptada la propuesta previa, lo que supondrá la desestimación de la solicitud de los permisos de acceso y conexión.

Le informamos que hemos remitido también las presentes condiciones técnico económicas al solicitante que usted representa.

Una vez ejecutadas las instalaciones de extensión y enlace, el usuario final de la energía podrá formalizar el contrato de suministro, a través de una empresa Comercializadora de electricidad de su libre elección.

La lista de empresas comercializadoras existentes en la actualidad se encuentra disponible en la página web de la CNMC (www.cnmc.es, apdo. Energía/Operadores energéticos/Listado de comercializadores).

EDISTRIBUCIÓN Redes Digitales S.L. Unipersonal Inscrita en el Registro Mercantil de Madrid, Tomo 36.900, Libro 0, folio 136, Hoja M-272592 C.I.F. B82846817

El usuario final de la energía deberá abonar, tras la puesta en servicio de la instalación, la cuota de acceso conforme a la potencia y tarifa contratada, así como los derechos de enganche que correspondan según la legislación vigente.

Quedamos a su disposición para cualquier aclaración en el teléfono **900 920 959**, o a través del correo electrónico conexiones.edistribución@enel.com. Así mismo, en nuestra página web www.edistribucion.com, podrá obtener mayor información respecto de la tramitación de este proceso y legislación aplicable.

Atentamente,

EDISTRIBUCIÓN Redes Digitales S.L. Unipersonal.

Operaciones Comerciales
Conexiones

13 de julio de 2022

EDISTRIBUCIÓN Redes Digitales S.L. Unipersonal Inscrita en el Registro Mercantil de Madrid, Tomo 36.900, Libro 0, folio 136, Hoja M-272592 C.I.F. B82846817

SPRPAYCM

PLIEGO DE CONDICIONES TECNICAS

- **Trabajos de adecuación, refuerzo o reforma de instalaciones de la red existente en servicio**

Los trabajos incluidos en este apartado, que suponen actuaciones sobre instalaciones ya existentes en servicio, de acuerdo con la legislación vigente, serán realizados directamente por la empresa distribuidora propietaria de las redes, por razones de seguridad, fiabilidad y calidad del suministro, consistiendo en:

- Refuerzos, adecuaciones o reformas de instalaciones en servicio con coste a cargo del cliente:

ADECUACIÓN DE INSTALACIÓN EXISTENTE

- Entronque y conexión de las nuevas instalaciones con la red existente:
  - La operación será realizada a cargo de esta empresa distribuidora.
  - El coste de los materiales utilizados en dicha operación, en base a la legislación vigente, será a cargo del cliente.

- **Trabajos extensión para la conexión desde el punto frontera hasta el punto de conexión con la red de distribución.**

Los trabajos incluidos en este apartado, al no suponer actuaciones sobre instalaciones en servicio, podrán ser realizados, a decisión del solicitante, por cualquier empresa instaladora legalmente autorizada o por la empresa distribuidora:

Se da punto de entronque en LAMT existente en apoyo A626686 donde el nuevo apoyo de la derivación deberá ir en un radio max. de 20ml y no originaran tracción mecánica sobre la LAMT existente.

De acuerdo con la legislación vigente, las nuevas instalaciones necesarias desde el punto de conexión con la red existente hasta el punto frontera con la instalación particular que vayan a formar parte de la red de distribución, y sean realizadas directamente por el solicitante, habrán de ser cedidas a EDISTRIBUCIÓN Redes Digitales S.L. Unipersonal, quien se responsabilizará de su operación y mantenimiento.

Adjuntamos el detalle de los trámites a seguir en caso de que opte por encargar su ejecución a una empresa instaladora. Una vez finalizadas y supervisadas por EDISTRIBUCIÓN Redes Digitales S.L. Unipersonal, deben cederse a esta Distribuidora, que se responsabilizará desde ese momento de su operación y mantenimiento:

EDISTRIBUCIÓN Redes Digitales S.L. Unipersonal Inscrita en el Registro Mercantil de Madrid, Tomo 36.900, Libro 0, folio 136, Hoja M-272592 C.I.F. B82846817

SPRPAYCM

e-distribución

PRESUPUESTO

1. Trabajos de adecuación, refuerzo o reforma de instalaciones de la red existente en servicio.

Adjuntamos presupuesto detallado de los trabajos de refuerzo, adecuación, adaptación o reforma de instalaciones de la red existente en servicio a realizar por EDISTRIBUCIÓN Redes Digitales S.L. Unipersonal, y de los materiales utilizados en el entronque, cuyo importe asciende a:

- Derechos de Supervisión:	0,00 €
- Entronque: sólo material (mano de obra a cargo de la distribuidora)	0,00 €
- Trabajos adecuación de instalaciones existentes:	2.925,79 €
- **Suma parcial:**	**2.925,79 €**
- I.V.A. (IVA/IGIC/IPSI en vigor):	614,42 €
- **Total importe abonar SOLICITANTE:**	**3.540,21 €**

*Importe total calculado con el impuesto vigente a fecha de emisión de estas condiciones económicas. En caso de producirse una variación del mismo, el importe a abonar deberá actualizarse con el impuesto aplicable a la fecha del pago según corresponda a persona receptora física o jurídica.

La operación de entronque y conexión de las nuevas instalaciones con la red existente será realizada a cargo de esta empresa distribuidora.

Por las circunstancias especiales de esta acometida, el plazo estimado de ejecución para su puesta en servicio, que incluye los trabajos reservados a esta distribuidora, será aproximadamente de 80 días hábiles, a contar desde que se finalicen por su parte las instalaciones de enlace de su instalación y se disponga de los permisos y autorizaciones administrativas necesarias, y finalizada su instalación de enlace para la conexión.

Puede proceder a su aceptación haciendo efectivo el importe mencionado. Para su comodidad, puede realizarlo mediante alguna de las siguientes opciones:

- Accediendo a la URL

https://zonaprivada.edistribucion.com/solicitudesconexion?lang=es&cod=a2f2o000006zu8H

con lo que podrá proceder a realizar el abono del importe indicado vía pasarela de pago.

- Accediendo al portal privado de la web www.edistribucion.com y desde el detalle de la solicitud proceder al pago mediante pasarela de pago o aportando el justificante de transferencia, haciendo constar en el justificante la referencia de la solicitud nº 0000510913-1.

- A través de nuestro Servicio de Asistencia Técnica, por medio de correo electrónico a conexiones.edistribucion@enel.com, haciendo constar la referencia de la solicitud nº 0000510913-1 y aportando el justificante de transferencia realizada a la cuenta bancaria. ES20-0182-3994-06-0202689006

EDISTRIBUCIÓN Redes Digitales S.L. Unipersonal Inscrita en el Registro Mercantil de Madrid, Tomo 36.900, Libro 0, folio 136, Hoja M-272592 C.I.F. B82846817

SPRPAYCM

e-distribución

En cuanto recibamos el pago anteriormente indicado, comenzaremos a trabajar para adecuar la red eléctrica a su instalación y emitiremos la factura a nombre de **CDAD. REGANTES ..**

En el caso de que la factura deba emitirse a nombre de otra persona (física o jurídica), será necesario haber sido autorizado en el momento de formalizar la solicitud o que previo al pago, nos envíe la autorización de pago y facturación firmada a conexiones.edistribucion@enel.com. El modelo de autorización de pago y facturación se encuentra disponible en www.edistribucion.com (Conexiones a la Red - ¿Deseas descargar los formularios para enviarlos por correo electrónico?) o también puede solicitarlo a conexiones.edistribucion@enel.com.

Si considera que el impuesto aplicable debe modificarse rogamos contacte con conexiones.edistribucion@enel.com.

ANEXO I DESGLOSE PRESUPUESTO

CARGOS IMPUTABLES AL CLIENTE

Trabajos de adecuación de instalaciones existentes

Udes.	Precio Ud.(€)	Descripción	Cargo*	Total
3	14,64 €	AISLADOR POLIMERICO CS70EB 125/600-455	I	43,92 €
3	59,02 €	CONJUNTO POLIM AMARRE < 180	I	177,06 €
3	58,51 €	SEMICRUCETA 2m ZONA A B APOYO<=4500daN	I	175,54 €
1	438,35 €	ABRIR Y CERRAR PUENTES POR CIRCUITO	I	438,35 €
20	3,70 €	TENDIDO CIRCUITO HASTA 56 INCLUSIVE	I	74,09 €
1	441,00 €	FORRADO AVIFAUNA APOYO SIMPLE AMARRE	I	441,00 €
96	0,64 €	MONTAJE ARMADO SEMICRUCETA (POR KG)	I	61,69 €
0,5	134,08 €	FORRADO AVIFAUNA APOYO	I	67,04 €
9	28,45 €	0300012 PROT AVIF FORRO CONDUCTOR ? 18mm	I	256,06 €
3	132,34 €	0300026 PROT AVIFAUNA KIT AIS AMARRE GA1	I	397,01 €
6	132,34 €	0300026 PROT AVIFAUNA KIT AIS AMARRE GA1	I	794,03 €
		TOTAL		**2.925,79 €**

EDISTRIBUCIÓN Redes Digitales S.L. Unipersonal Inscrita en el Registro Mercantil de Madrid, Tomo 36.900, Libro 0, folio 136, Hoja M-272592 C.I.F. B82846817

SPRPAYCM

e-distribución

CARGOS NO IMPUTABLES AL CLIENTE

Entronque: sólo material. (mano de obra a cargo de la distribuidora).

Udes.	Descripción	Cargo*
1	COLOC CARTELERIA (AVISOS) TRABAJO PROGR	N
1	CONEXION DERIVACION DIRECTA	N
1	MANIOBRA Y CREACION Z.P. MT, 1 PAREJA	N
1	PLANO “AS BUILT” RED SUB MT/BT 100<L<15M	N
1	ACTA PREVIA PLANIFICACIÓN TRJ RED MT-BT	N

NOTA: TODAS LAS CANTIDADES FIGURAN EN EUROS Y SIN IMPUESTOS VIGENTES.
LA VALIDEZ DE ESTAS CONDICIONES: 30 DÍAS

EDISTRIBUCIÓN Redes Digitales S.L. Unipersonal Inscrita en el Registro Mercantil de Madrid, Tomo 36.900, Libro 0, folio 136, Hoja M-272592 C.I.F. B82846817

ANEXO II TRAMITES NECESARIOS PARA LA EJECUCIÓN DE LAS INSTALACIONES DE EXTENSIÓN POR EL SOLICITANTE Y CESIÓN :

Antes del comienzo de los trabajos se realizará una reunión con el Promotor donde se designarán las personas que a lo largo de la realización se constituirán en interlocutores permanentes para analizar y decidir aquellos aspectos que surjan durante la realización de los trabajos. Asimismo, se decidirán las responsabilidades de cada parte, así como los hitos de ejecución: el Promotor avisará a EDISTRIBUCIÓN Redes Digitales S.L. Unipersonal con la suficiente antelación sobre la previsión de las diferentes etapas de realización, y en especial de aquellas partidas que una vez concluidas quedarán fuera de la simple visualización in situ. Se definirá también la documentación a aportar por el Promotor relativa a la calidad de las instalaciones: ensayos, etc.

En caso de que las instalaciones a ceder incluyan uno o varios centros de transformación, se deberá tener en cuenta que sus cuadros de baja tensión deberán estar adaptados para el nuevo requerimiento legal de telegestión de los contadores según Normas e-distribución FNZ001 (10ª ed.), FNL002 (3ª ed.), FNZ002 (3ª ed.) o FNL001 (5ª ed.), según corresponda. Estos incluirán fusibles de protección del circuito de concentrador, además de un conector (conjunto macho/hembra) previsto para la conexión del citado concentrador.

Finalizada la obra y con anterioridad de 30 días mínimo a la puesta en servicio de la instalación, será preciso que nos faciliten la documentación siguiente:

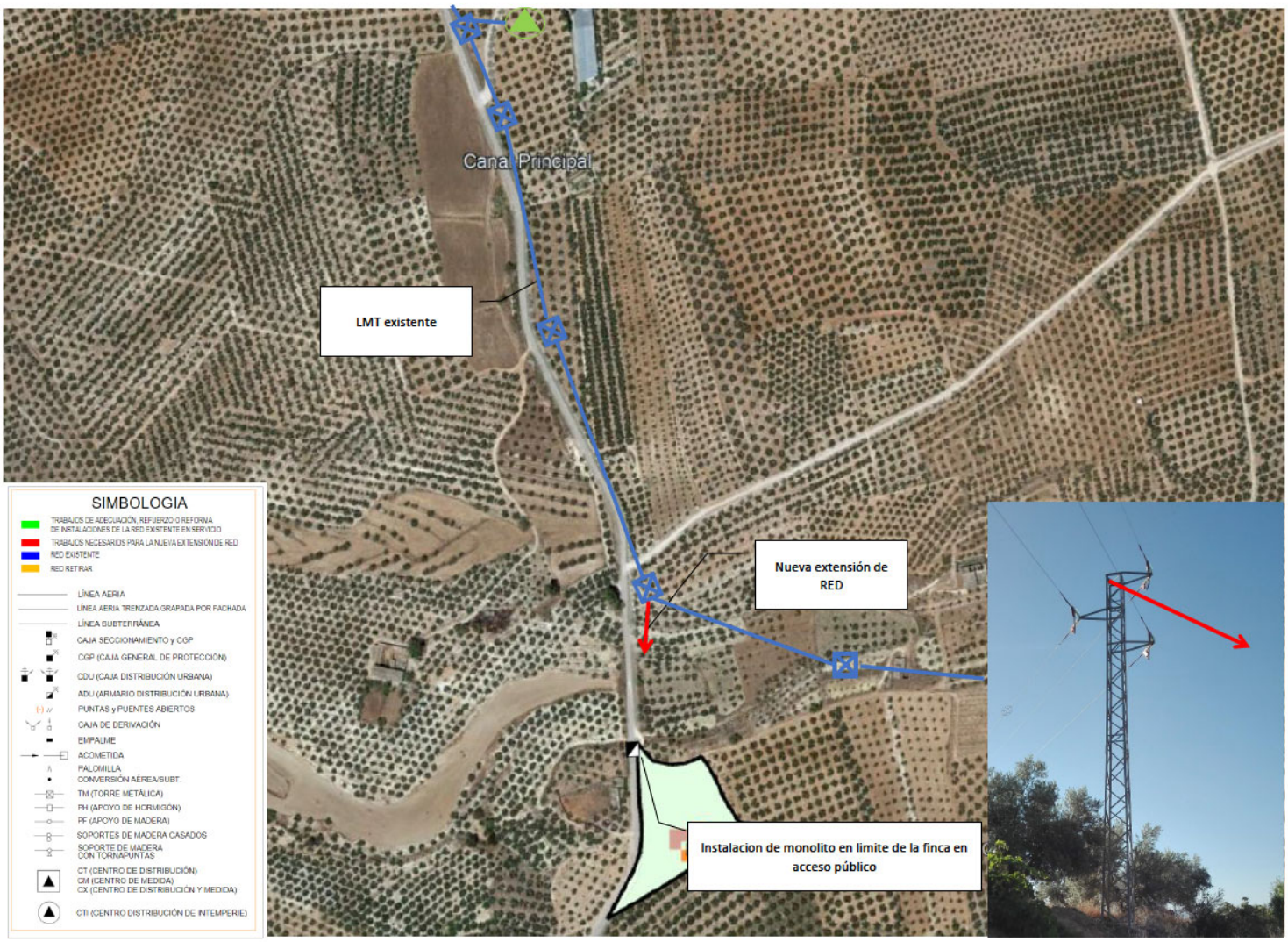
- Dos copias del Proyecto.
- Autorización administrativa del Proyecto.
- Permisos de paso de los propietarios y Organismos Oficiales afectados, y licencia municipal de obras.
- Dirección Técnica de Obra visada (con planos acotados de detalle si incluye red subterránea)
- Certificado de ejecución de la empresa contratista que realice las instalaciones.
- Documentación definida en la mencionada reunión.

Una vez dispongamos de esta documentación y se haya verificado por nuestros técnicos la correcta ejecución de las instalaciones conforme al Proyecto, se realizará un Convenio de cesión de instalaciones a EDISTRIBUCIÓN Redes Digitales S.L. Unipersonal y procederemos a solicitar la Autorización de Puesta en Marcha y cambio de titularidad a favor de la empresa distribuidora, al Servicio Provincial de Industria y Energía. Una vez asumida la nueva titularidad, EDISTRIBUCIÓN Redes Digitales S.L. Unipersonal se encargará del mantenimiento y operación de las instalaciones.

La puesta en servicio se realizará bajo la supervisión de EDISTRIBUCIÓN Redes Digitales S.L. Unipersonal, una vez efectuadas por el Promotor las pruebas y ajustes de los equipos y cumplimentados los protocolos correspondientes.

La Recepción Definitiva de la instalación se efectuará doce meses después de la Recepción Provisional, si durante este tiempo su funcionamiento ha sido satisfactorio (entendiéndose como tal su disponibilidad para la explotación normal). La fecha del Acta de Recepción Provisional de la instalación define el comienzo del Período de Garantía cuya duración será hasta la Recepción Definitiva. Si se comprobase que cualquier elemento o dispositivo fuese defectuoso, dentro del plazo de garantía, el Promotor estará obligado a reparar o sustituirlo por su cuenta y riesgo en el plazo más breve, asumiendo todos los gastos correspondientes a la sustitución o reparación (transporte, desmontaje y montajes, etc.).

EDISTRIBUCIÓN Redes Digitales S.L. Unipersonal Inscrita en el Registro Mercantil de Madrid, Tomo 36.900, Libro 0, folio 136, Hoja M-272592 C.I.F. B82846817


Canal Principal
LMT existente
Nueva extensión de RED
Instalacion de monolito en limite de la finca en acceso público
SIMBOLOGIA
TRABAJOS DE ADECUACIÓN, REFUERZO O REFORMA DE INSTALACIONES DE LA RED EXISTENTE EN SERVICIO
TRABAJOS NECESARIOS PARA LA NUEVA EXTENSIÓN DE RED
RED EXISTENTE
RED RETIRAR
LÍNEA AERIA
LÍNEA AERIA TRENZADA GRAPADA POR FACHADA
LÍNEA SUBTERRÁNEA
CAJA SECCIONAMIENTO y CGP
CGP (CAJA GENERAL DE PROTECCIÓN)
CDU (CAJA DISTRIBUCIÓN URBANA)
ADU (ARMARIO DISTRIBUCIÓN URBANA)
PUNTAS y PUENTES ABIERTOS
CAJA DE DERIVACIÓN
EMPALME
ACOMETIDA
PALOMILLA
CONVERSIÓN AÉREA/SUBT.
TM (TORRE METÁLICA)
PH (APOYO DE HORMIGÓN)
PF (APOYO DE MADERA)
SOPORTES DE MADERA CASADOS
SOPORTE DE MADERA CON TORNAPUNTAS
CT (CENTRO DE DISTRIBUCIÓN)
CM (CENTRO DE MEDICIÓN)
CX (CENTRO DE DISTRIBUCIÓN Y MEDIDA)
CTI (CENTRO DISTRIBUCIÓN DE INTEMPERIE)