



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUOLA TÉCNICA
SUPERIOR INGENIERÍA
INDUSTRIAL VALENCIA

Curso Académico:

ÍNDICE

- I. MEMORIA DESCRIPTIVA
- II. ANEXOS
 - i. ESTUDIO ECONÓMICO
 - ii. CÁLCULO GENERADOR FOTOVOLTAICO
 - iii. CÁLCULOS RED DE MEDIA TENSIÓN
 - iv. CÁLCULOS CENTROS DE TRANSFORMACIÓN
 - v. PUESTA A TIERRA PFV
- III. PRESUPUESTO
- IV. CONCLUSIÓN Y BIBLIOGRAFÍA
- V. PLANOS

I. MEMORIA DESCRIPTIVA

ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN	4
2	TITULAR DE LA INSTALACIÓN	4
3	NORMATIVA LEGAL	4
4	SITUACIÓN DE LAS INSTALACIONES	7
5	PROCESO PRODUCTIVO	10
6	BALANCE DE MATERIA	10
7	PLAZO DE EJECUCIÓN DEL PROYECTO	11
8	DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES	12
8.1	Generador Fotovoltaico	12
8.2	Producción Estimada	15
8.3	Obra Civil	15
8.4	Líneas de Baja Tensión	16
8.4.1	Corriente Continua	16
8.4.2	Corriente Alterna	18
8.5	Centro de Transformación	20
8.6	Línea Subterránea de Media Tensión 30 kV	20
8.7	Protecciones	20
8.8	Servicios Complementarios	21
8.9	Red de Puesta a Tierra	21
8.10	Elementos de Protección del Medio Natural	22
9	GENERADOR FOTOVOLTAICO	23
9.1	Características Generales	23
9.2	Módulos Fotovoltaicos	23
9.3	Tracker	25
9.4	Cableado de Corriente Continua	26
9.5	Cajas de Conexión	26
9.6	Inversor	27
10	OBRA CIVIL	29
10.1	Viales	29
10.2	Zanjas	30
10.2.1	Zanjas para circuitos de Baja Tensión	30

10.2.2	Zanjas para circuitos de Media Tensión	30
10.2.3	Zanja para Circuitos de Antiintrusismo y Servicios Auxiliares	30
10.2.4	Características de los tubos	30
10.3	Arquetas	31
10.4	Caseta de Vigilancia, Control y Seguridad	31
10.5	Cerramiento	32
10.6	Red de drenaje	33
11	CENTROS DE TRANSFORMACIÓN	34
11.1	Características Generales	34
11.1.1	Edificio de Transformación	35
11.1.2	Edificio PF-305	36
11.1.3	Edificio PFU-5	38
11.2	Instalación Eléctrica	39
11.2.1	Inversor	39
11.2.2	Celdas de Media Tensión	40
11.2.3	Transformadores	43
11.2.4	Servicios Auxiliares	44
11.2.5	Medida de la Energía	45
11.2.6	Protecciones	45
11.2.7	Puesta a Tierra	45
11.2.8	Señalizaciones y Material de Seguridad	46
12	RED COLECTORA SUBTERRÁNEA DE MEDIA TENSIÓN 30 KV	46
13	SERVICIOS COMPLEMENTARIOS	47
13.1	Servicios Auxiliares	47
13.2	Iluminación Exterior	47
13.3	Monitorización	48
13.4	Estación meteorológica	50
13.5	Seguridad	51
14	PUESTA A TIERRA DEL GENERADOR FOTOVOLTAICO	51
15	DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS CON LOS ORGANISMOS AFECTADOS ...	52
15.1	Descripción Cruzamiento con Camino de La Fuente del Rey	52
15.2	Descripción Cruzamiento con Afluente del Arroyo de los Hongos	52
15.3	Descripción Afección con Línea de 20 KV	53
15.4	Descripción Afección con Carretera N-323	53
16	CONCLUSIÓN	54

1 INTRODUCCIÓN

El objeto del presente proyecto es el de exponer ante los Organismos Competentes que la instalación que nos ocupa reúne las condiciones y garantías mínimas exigidas por la reglamentación vigente, con el fin de obtener la Autorización Administrativa.

2 TITULAR DE LA INSTALACIÓN

La Sociedad promotora de la Instalación es:

Denominación: UNIVERSITAT POLITECNICA DE VALENCIA
C.I.F.: Q4618002B
Dirección: CM VERA, Nº 14
C.P.: 46020
Municipio: VALENCIA
Provincia: VALENCIA
Tlf.: +34 963877000

3 NORMATIVA LEGAL

Serán de aplicación cuantas prescripciones figuren en las Normas, Instrucciones o Reglamentos Oficiales que guarden relación con las obras objeto de este diseño, con sus instalaciones complementarias, o con los trabajos necesarios para realizarlas.

A tal fin, se incluye a continuación una relación no exhaustiva de la normativa técnica aplicable.

- REAL DECRETO 661/2007 por el que se establece la metodología para la actuación y sistematización del régimen económico y jurídico de la actividad de producción de energía en régimen especial.
- REAL DECRETO 337/2014 de 9 de mayo, por el que se aprueba el Reglamento sobre condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Instalaciones Eléctricas de alta tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITC-RAT 01 a 23.
- Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión y sus instrucciones técnicas complementarias. Aprobado por Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, B.O.E. 224 de 18/09/02.
- REAL DECRETO 1110/2007 de 18 de septiembre, por el que se aprueba el Reglamento unificado de puntos de medida del sistema eléctrico.
- REAL DECRETO 1699/2011, conexiones de instalaciones fotovoltaicas a la red de baja tensión.
- REAL DECRETO 187/2016 del Ministerio de Industria, Energía y Turismo sobre exigencias de seguridad del material eléctrico.
- REAL DECRETO 186/2016 sobre compatibilidad electromagnética.

- REAL DECRETO 1955/2000, según el cual se regula las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones generadoras de energía eléctrica.
- REAL DECRETO 50/2008, de 19 de febrero, por el que se regulan los procedimientos administrativos referidos a las instalaciones de energía solar fotovoltaica emplazadas en la Comunidad Autónoma de Andalucía.
- REAL DECRETO 1247/2008 de 18 de julio, por el que se aprueba la Instrucción de Hormigón Estructural (EHE-08).
- DECRETO 1964/75 de 23 de mayo por el que se aprueba el Pliego General de Condiciones para la Recepción de Conglomerantes Hidráulicos y sus modificaciones posteriores (DECRETO 114/79 de 11 de enero, por el que se reestructura el Pliego de Condiciones Técnicas Generales para la Recepción de Cementos y REAL DECRETO 256/2016 de 10 de junio por el que se aprueba la instrucción para la recepción de cementos RC-03).
- REAL DECRETO 9/2008, del 11 de enero, por el que se modifica el Reglamento del Dominio Público Hidráulico, aprobado por el Real Decreto 849/1986, de 11 de abril. por el que se aprueba el Reglamento del Dominio Público Hidráulico, que desarrolla los títulos preliminar I, IV, V, VI y VII de la Ley 29/1985, de 2 de agosto, de Aguas.
- ORDEN MINISTERIAL de 6 de febrero de 1976, por la que se aprueba el Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes de la Dirección General de Carreteras y Caminos Vecinales (PG-3/75) y sus posteriores modificaciones (ORDEN MINISTERIAL de 21 de enero de 1988, ORDEN MINISTERIAL de 8 de mayo de 1989 y ORDEN MINISTERIAL de 28 de septiembre de 1989).
- Orden de 26 de marzo de 2007, por la que se aprueban las especificaciones técnicas de las instalaciones fotovoltaicas andaluzas.
- Pliego de instalaciones Técnicas para Instalaciones Solares Fotovoltaicas Conectadas a Red del Instituto para la Diversificación y el Ahorro de Energía (IDAE)
- Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Líneas Eléctricas de Alta Tensión. Aprobado por Real Decreto 223/2008, de 15 de febrero.
- Instrucciones Técnicas Complementarias del Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Líneas Eléctricas de Alta Tensión.
- Real Decreto 337/2014, de 9 de mayo, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITC-RAT 01 a 23.
- Autorización de Instalaciones Eléctricas. Aprobado por Ley 54/1997.
- Ordenación del Sistema Eléctrico Nacional y desarrollos posteriores. Aprobado por Ley 54/1997.
- Real Decreto 614/2001, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico. Condiciones impuestas por los organismos Públicos afectados.
- Ley de regulación del Sector Eléctrico, Ley 24/2013 de 26 de diciembre.
- NTE-IEP. Norma tecnológica del 13-03-73, para Instalaciones Eléctricas de Puesta en Tierra.
- Normas UNE y recomendaciones UNESA.
 - ✓ Condiciones impuestas por los Organismos Públicos afectados
 - ✓ Ordenanzas municipales del ayuntamiento donde se ejecute la obra

- ✓ Condicionados que puedan ser emitidos por organismos afectados por las instalaciones
 - ✓ Normas particulares de la compañía suministradora
 - ✓ Cualquier otra normativa y reglamentación de obligado cumplimiento para este tipo de instalaciones
-
- Ley 37/2015, de 29 de septiembre, de Carreteras.
 - Ley 3/1995 de Vías Pecuarias y su Reglamento 155/1998.
 - Ley 8/2001 del 12 de Julio de Carreteras de Andalucía.
 - Orden de 12 de julio de 2002, por la que se regulan los documentos de control y seguimiento a emplear en la recogida de residuos peligrosos en pequeñas cantidades.
 - Ley 7/2002, de 17 de diciembre, de Ordenación Urbanística de Andalucía.
 - Ley autonómica de 18/2003, de 29 de diciembre, por la que se aprueban medidas fiscales y administrativas en la Comunidad de Andalucía.
 - Ley 62/2003, de 30 de diciembre, de medidas fiscales, administrativas y del orden social.
 - Real Decreto 110/2015, de 20 de febrero, sobre residuos de aparatos eléctricos y electrónicos.
 - Ley 2/2007, del 27 de Marzo, de fomento de las energías renovables, el ahorro y la eficiencia energética de Andalucía.
 - Real Decreto Legislativo 7/2015, de 30 de octubre, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Suelo y Rehabilitación Urbana.
 - Ley autonómica 2/2012, de 30 de Enero, modificación de la Ley 7/2002, de 17 de diciembre, de Ordenación Urbanística de Andalucía.
 - Decreto 2/2012, de 10 de Enero, por el que se regula el régimen de las edificaciones y asentamientos existentes en suelo no urbanizable en la Comunidad Autónoma de Andalucía.
 - Decreto 73/2012, de 22 de marzo, por el que se aprueba el Reglamento de Residuos de Andalucía.
 - Código Técnico de la Edificación (CTE)
 - Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE)
 - Real Decreto 2267/2004, de 3 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de Seguridad Contra Incendios en los Establecimientos Industriales.
 - Real Decreto 842/2013, de 31 de octubre, por el que se aprueba la clasificación de los productos de construcción y de los elementos constructivos en función de sus propiedades de reacción y de resistencia frente al fuego.

También, se han aplicado las Recomendaciones UNESA, normas UNE, EN y documentos de Armonización HD.

Además, se contemplarán todas aquellas normas que por la pertenencia de España a la Comunidad Económica Europea, sean de obligado cumplimiento en el momento de la presentación del Proyecto Constructivo.

4 SITUACIÓN DE LAS INSTALACIONES

Las instalaciones de estudio están situadas en el Término Municipal de Jaén (Jaén).

- **Planta Fotovoltaica:**

Se localiza al oeste del término municipal de Jaén, a unos 2.7 Km al norte del núcleo urbano de Jaén. Limita al este con la carretera N-323, hacia el sur con tierras de labor y un polígono industrial, hacia el norte, oeste y suroeste la presencia de campos de secano de olivos.

Esta finca presenta un acceso fundamental, desvío por la carretera N-323 en el camino de la fuente del Rey y por el camino Chillón.

La planta fotovoltaica se implanta sobre una superficie total de 69,72 ha. formada por las parcelas 4, 5, 9 del polígono 46 y en la parcela 131 del polígono 6 del término municipal de Jaén.

Latitud: 37,833552°

Longitud: -3,782849°

Altitud: 65 – 100 m

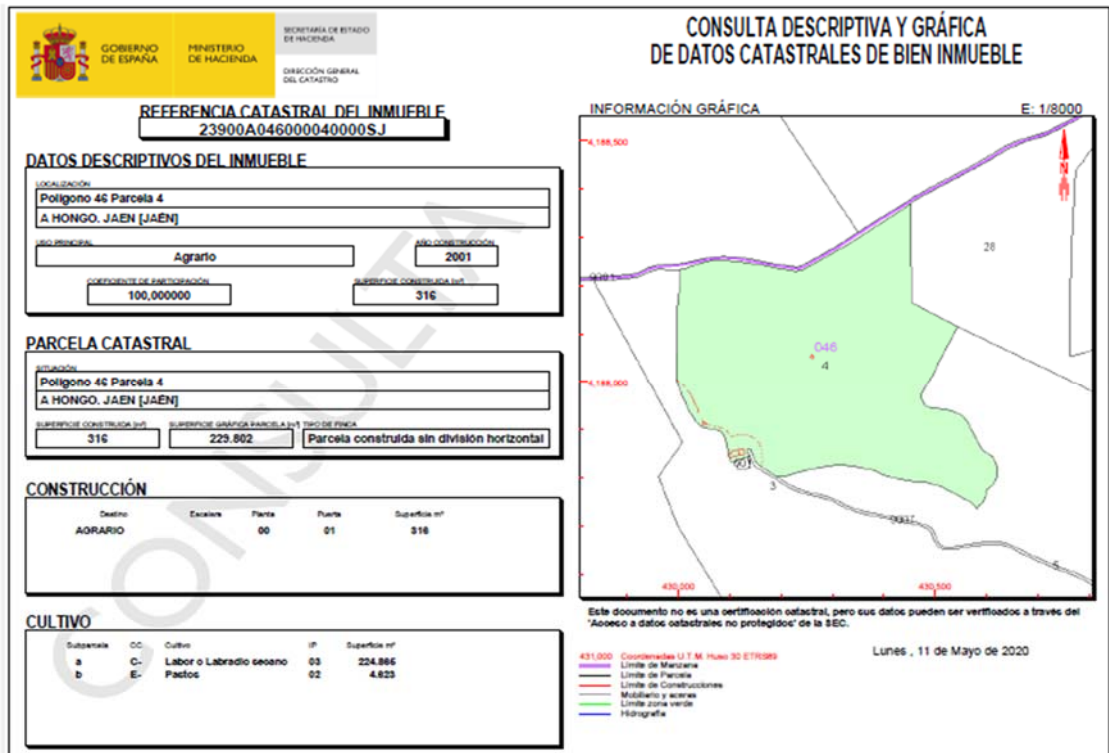


Imagen 1: Parcela instalación

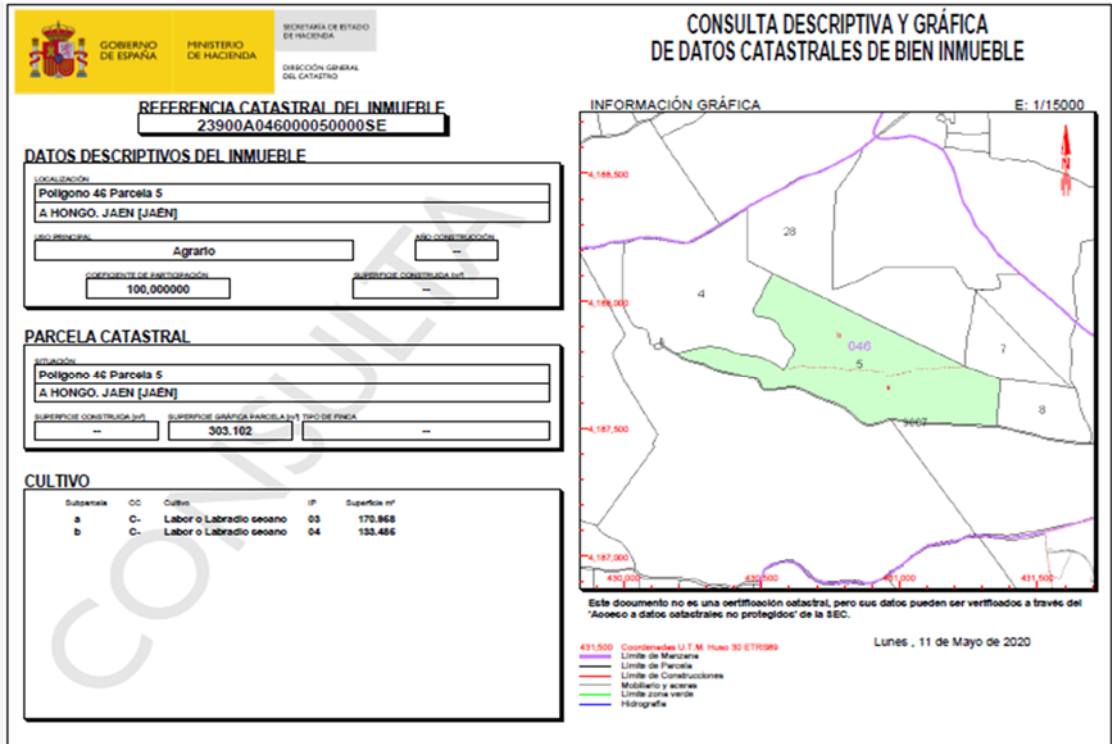


Imagen 2: Parcela instalación

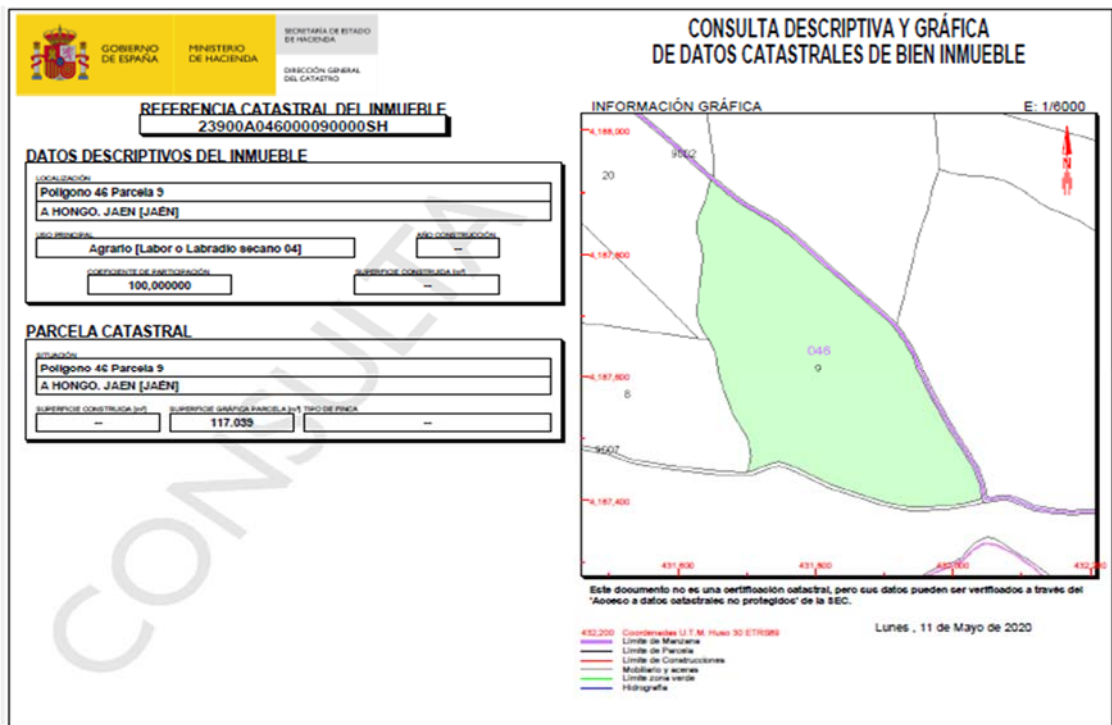


Imagen 3: Parcela instalación

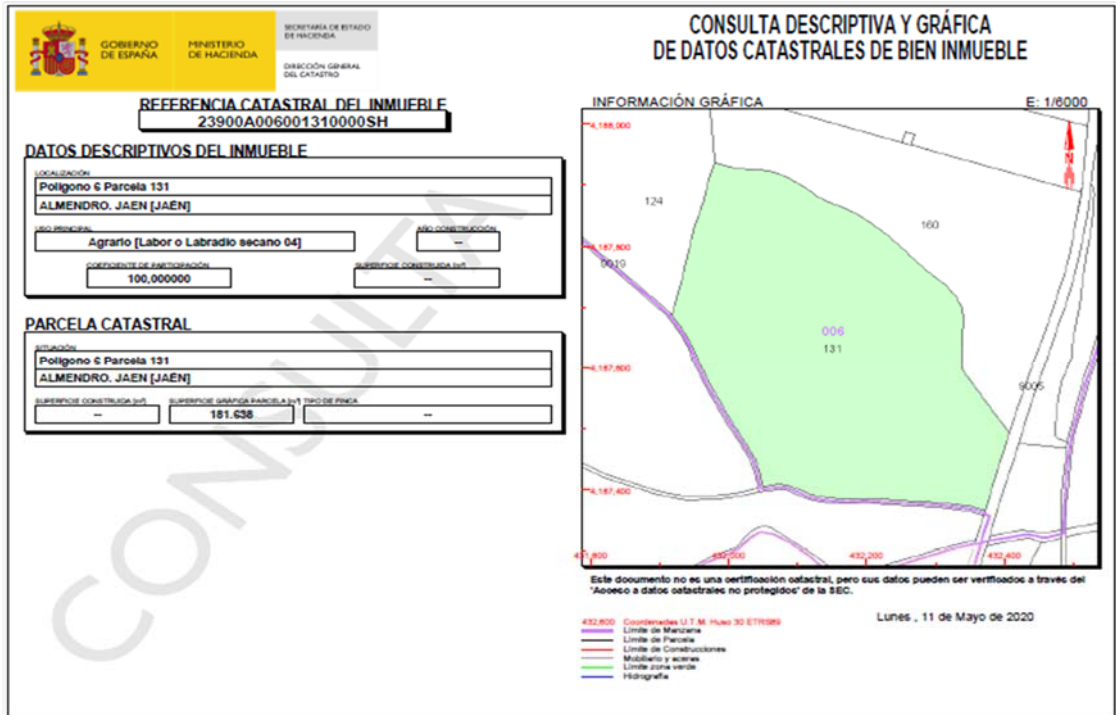


Imagen 4: Parcela instalación

Por último, mencionar que los terrenos están situados en zonas dedicadas al sector agrario.

5 PROCESO PRODUCTIVO

El principio de funcionamiento se basa en el efecto fotoeléctrico. Las células solares están formadas por dos capas de material semiconductor. Entre estas dos capas una tipo “N” y otra tipo “P” se origina un campo eléctrico. La estructura cristalina y el campo eléctrico fuerzan a los electrones a circular en un determinado sentido, lo que origina la diferencia de potencial y por tanto la corriente eléctrica.

La energía procedente del sol se transforma directamente en energía eléctrica en las llamadas células solares o fotovoltaicas, constituidas por un material semiconductor, el silicio. Al incidir luz sobre estas células se origina una corriente eléctrica (efecto fotovoltaico).

Para obtener suficiente amperaje, se conectan varias de ellas en serie formando los llamados módulos o paneles fotovoltaicos. Estos a su vez se agrupan conectándolos en serie en cadenas llamadas strings.

Los strings a su vez, se agrupan en las cajas de concentración de strings o cajas de strings de las cuales se tiene una única salida con un circuito en corriente continua para transportar la energía producida en los paneles hasta las Power Stations donde se ubican los inversores.

En los inversores se convierte la corriente de continua a alterna trifásica y posteriormente mediante un transformador asociado a cada inversor se eleva la tensión hasta el nivel de media tensión de la instalación, en este caso a 30 kV.

Para colocar los paneles solares se ha optado por estructuras seguidoras a un eje horizontal mediante las cuales se variará la orientación de los paneles de Este a Oeste. De esta forma se aumenta la producción con respecto a estructura fija alrededor de un 25%.

Este tipo de estructuras no cuenta con cimentaciones ya que los pilares de sujeción van hincados directamente en el terreno.

6 BALANCE DE MATERIA

No se consume materia en la planta fotovoltaica únicamente se genera energía, evitando gases de efecto invernadero.

✓ Balance de energía

La planta fotovoltaica no consume energía procedente de carburos, con lo cual evita emisiones de CO₂ a la atmósfera.

La energía solar fotovoltaica está dentro del selecto grupo de las llamadas “energías limpias”, ya que produce electricidad sin expulsar a la atmósfera gases de efecto invernadero.

✓ Cálculo de cantidad de CO₂ evitado anualmente

- *Emisiones de CO₂ en la fabricación durante la vida útil de un panel (30 años).*

Se estima que una instalación de 1 kWp genera 2,06 tCO₂, con lo cual, nuestra instalación genera en su fabricación 102.691 tCO₂.

Estas emisiones se reducirán cuando se apliquen medidas de reciclado de paneles. Según algunos autores, el reciclado podría reducirlas hasta en un 45%. Y por último se encuentran los adelantos tecnológicos en la producción de dichos paneles, los mismos adelantos que hicieron que entre mediados de los años noventa y la actualidad, el nivel de emisiones se haya reducido hasta en un 85%.

- Emisiones de CO2 evitadas durante la vida útil de un panel (30 años).

El sistema eléctrico español ronda los 0,181 Kg/kWh producido en el mix de centrales, según REE.

La generación de la planta es de aproximadamente **89.993 MWh/año**, con ello la cantidad de CO2 evitado mediante esta tecnología, es de:

16.289 tCO2/año

Vemos que en aproximadamente 6 años se consigue recuperar el CO2 generado en la fabricación. Durante la vida útil de la instalación (30 años) descontando las emisiones en la fabricación, tendremos:

Toneladas de CO2 evitado: 488.662

7 PLAZO DE EJECUCIÓN DEL PROYECTO

El plazo de inicio de las obras es inmediato una vez se dispongan de las pertinentes licencias de Obras y Administrativas, y el de finalización sería de 245 días.

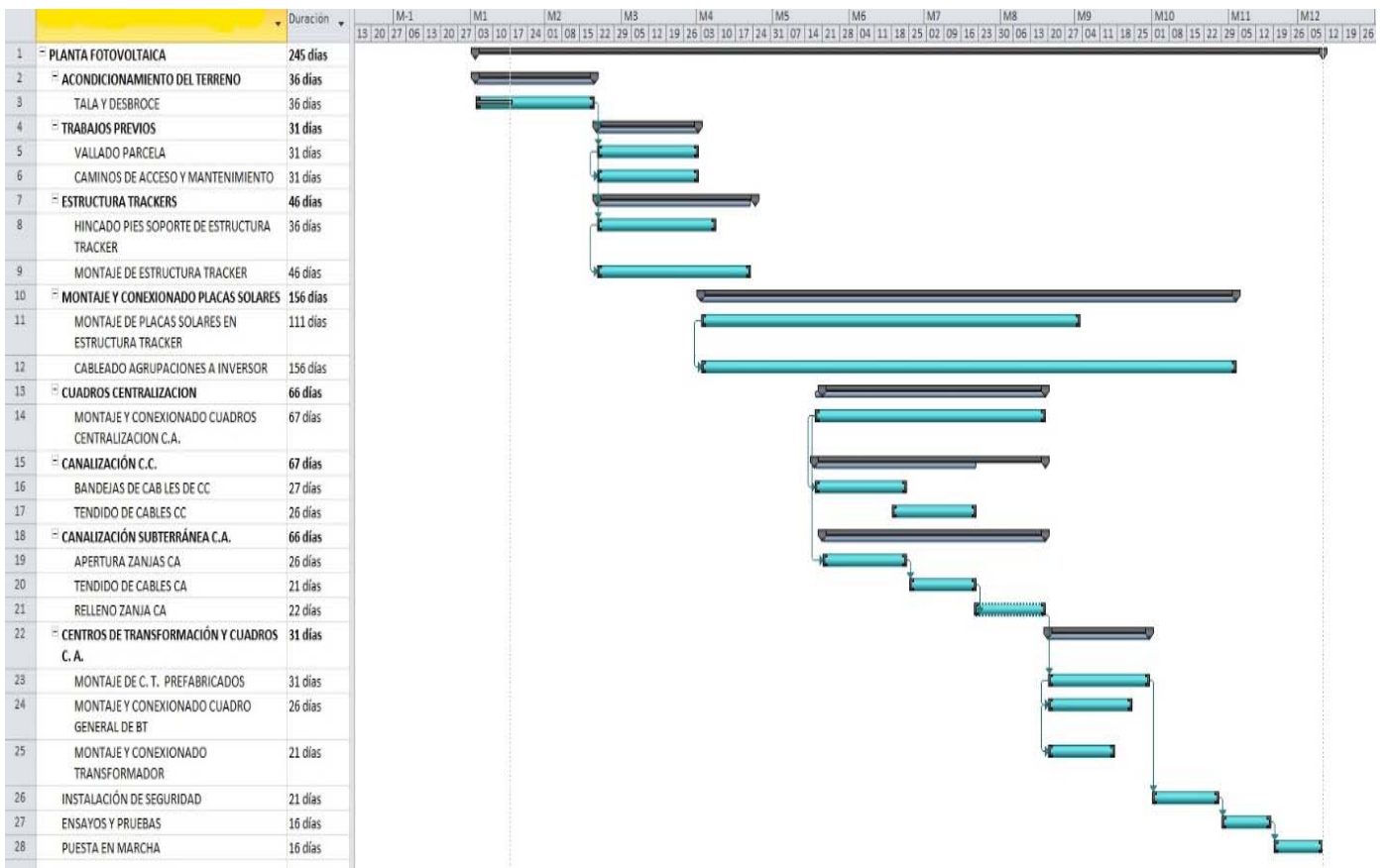


Imagen 5: Cronograma

8 DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES

8.1 Generador Fotovoltaico

Se proyecta una planta fotovoltaica conectada a red con una potencia nominal de 43 MWn y una potencia total pico de 49,85 MWp, formada por tracker monofila con eje Norte-Sur, que contendrán 144.480 módulos solares de 345 Wp, modelo Astroenergy CHSM6612M-HV 345 W o similares y se conectarán a inversores distribuidos, con un total de 344 inversores de 125 kWn (Ver plano 2: Planta General).

Se instalarán 6 Centros de Transformación de 6.300 kVA a los que se conectarán 48 inversores por CT, un Centro de Transformación de 4.200 kVA al que se conectarán 32 inversores y un Centro de Transformación de 3.150 kVA donde se conectarán 24 inversores (Ver planos 3.1 y 3.2: Distribución MT).

Los inversores serán del modelo Kaco BP 125.0 TL3 y se instalarán en las proximidades del CT, donde se le conectan 420 módulos repartidos en 15 agrupaciones (strings), lo que permite una potencia unitaria de 144.900 Wp (Ver plano 4: Esquema Unifilar MT)..

Cada agrupación (string) está formada por 28 módulos en serie, lo que permite una potencia de 9.660Wp.

Los módulos se instalarán sobre la estructura seguidora, la cual será del fabricante Ideematec, modelo safeTrack Horizon, en configuración 2V con 56 módulos por tracker (Ver plano 9: Estructura Metálica. Tracker).

A la salida de los inversores saldrán las líneas trifásicas a 600 V de tensión para elevarla en transformadores 30/0,6 kV, situados en el centro de transformación más próximo.

Para el dimensionamiento de la instalación se ha partido del cálculo de inversores para conseguir no superar la potencia pico concedida por la compañía suministradora, haciendo que el valor de la potencia nominal no supere la pico en la situación más desfavorable. A partir de ahí, se han adoptado a las necesidades de estos (los inversores), el número de paneles que se necesitan, así como la potencia unitaria que deben tener.

Tabla 1: Resumen General de la Instalación

Potencia nominal	43.000,00 kW
Potencia pico	49.845,60 kWp
Nº de trackers	2.580 Ud
Nº de inversores (inversores distribuidos)	344 Ud
Potencia inductor	125 kW
Nº de Centros de Transformación	8 Ud
Nº de Módulos	144.480 Ud
Nº de módulos	Astroenergy, CHSM6612M-HV 345Wp o similar
Nº de módulos por strings	28

- Bloques CT:

Tabla 2: Resumen Bloque CT 6.300 kVA (CT 1, 2, 3, 4, 6 y 7)

Potencia Centro de Transformador	6.300 kW
Nº Transformadores	2 Ud
Potencia Transformadores	3.150 kW
Nº de inversores	48 Ud
Nº de módulos	20.160 Ud
Nº de trackers	360 Ud
Nº de cajas de strings	48 Ud
Nº de strings	720 Ud

Tabla 3: Resumen Bloque CT 4.200 kVA (CT 5)

Potencia Centro de Transformador	4.200 kW
Nº Transformadores	2 Ud
Potencia Transformadores	2.100 kW
Nº de inversores	32 Ud
Nº de módulos	13.440 Ud
Nº de trackers	240 Ud
Nº de cajas de strings	32 Ud
Nº de strings	480 Ud

Tabla 4; Resumen Bloque CT 3.150 kVA (CT 8)

Potencia Centro de Transformador	3.150 kW
Nº Transformadores	1 Ud
Potencia Transformador	3.150 kW
Nº de inversores	24 Ud
Nº de módulos	10.080 Ud
Nº de trackers	180 Ud
Nº de cajas de strings	24 Ud
Nº de strings	360 Ud

- **Módulo seleccionado:**

Tabla 5: Resumen Módulo Fotovoltaico

Módulo Fotovoltaico	Astroenergy, CHSM6612M-HV 345Wp o similar
Potencia nominal (STC)	345 Wp
Nº módulos	144.480 Ud

- **Seguidor seleccionado:**

Tabla 6: Resumen Seguidor a 1 eje horizontal

Seguidor o Tracker	Ideematec, modelo safeTrack Horizon, en configuración 2V con 56 módulos o similar
Orientación	Este - Oeste (+55° / -55°)
Nº de seguidores	2.580 Ud

En este tracker se pueden unir longitudinalmente filas de hasta 6 mesas movidas por un mismo motor.

- **Inversor seleccionado:**

Tabla 7: Resumen Inversor

Inversor	Kaco BP 125.0 TL3
Potencia nominal inversor	125 kW
Potencia pico bloque inversor	144.900 kWp
Nº de trackers	112 Ud
Nº de cajas de strings	1 Ud
Nº de strings	15 Ud

8.2 Producción Estimada

Para el cálculo de la Producción Estimada al año en la planta se ha utilizado el programa PVSYST con los datos anuales de la zona en la que se asienta la instalación (proceso explicativo de cálculo en Anexo 2.2 puntos 2, 3 y 4). Se utilizan los datos de irradiación sobre superficie horizontal en el lugar de emplazamiento de la Planta Fotovoltaica, siendo el siguiente resultado:

• Energía anual en plano Horizontal:	1.734,6 kWh/m ² año.
• Energía diaria en plano Horizontal:	5,01 kWh/m ² día.
• Energía diaria en plano Receptor:	2.154,3 kWh/m ² año.
• Factor de Rendimiento (PR):	83,8 %
• Horas Solares Equivalentes Producción (HSP):	1.805 h/año.
• Energía exportada a la red:	89.993 MWh/año.

8.3 Obra Civil

Para la construcción de la planta fotovoltaica se realizará la obra civil siguiente:

- Explanación y acondicionamiento del terreno, lo que implica la realización de excavaciones, rellenos y compactación.
- Adecuación de los caminos existentes que no alcancen los mínimos necesarios para la circulación de los vehículos de montaje y mantenimiento.
- Construcción de viales necesarios en la planta fotovoltaica.
- Construcción del cerramiento mediante malla de simple torsión galvanizada.
- Hincado directo de los perfiles metálicos de las estructuras de los trackers en el terreno.
- Obras de drenaje.
- Realización de zanjas para los cables de potencia, control y antiintrusismo.
- Implantación de las casetas de los centros de transformación y caseta de vigilancia, control y seguridad.
- Cimentación de soportes para la ubicación de los equipos de antiintrusismo.

8.4 Líneas de Baja Tensión

8.4.1 Corriente Continua

En las líneas que une los **módulos fotovoltaicos con las cajas de concentración de string**, se utilizará cable de Cu del tipo H1Z2Z2-K (AS) 1,5/1,5 kV Unipolar, 2x (1x 6) mm² sobre abrazadera, bandeja perforada o enterrado. Tiene las siguientes características:

- ✚ Cable conductor de cobre estañado.
- ✚ Flexibilidad: flexible, clase 5, según UNE EN 60228.
- ✚ Temperatura máxima en el conductor: 120 °C (20000 h); 90 °C (30 años) y 250 °C en cortocircuito.
- ✚ Aislamiento compuesto reticulado, tabla B.1, anexo B de EN 50618.
- ✚ Cubierta de compuesto reticulado, tabla B.1, anexo B de EN 50618.
- ✚ Color: negro, rojo o azul.
- ✚ Doble aislamiento (clase II).
- ✚ Temperatura de servicio: -40 °C, +120 °C (20000 h); -40 °C, +90 °C (30 años). (Cable termoestable).
- ✚ Tensión continua de diseño: 1,5/1,5 kV.
- ✚ Tensión continua máxima: 1,8/1,8 kV.
- ✚ Tensión alterna de diseño: 1/1 kV.
- ✚ Tensión alterna máxima: 1,2/1,2 kV.
- ✚ Ensayo de tensión alterna durante 5 min: 6,5 kV.
- ✚ Ensayo de tensión continua durante 5 min: 15 kV.
- ✚ Radio mínimo de curvatura estático (posición final instalado):
3D (D - 12 mm) y 4D > 12 mm). (D = diámetro exterior del cable máximo).
- ✚ Ensayos de fuego
 - No propagación de la llama: EN 60332-1-2; IEC 60332-1-2; NFC 32070-C2.
 - No propagación del incendio: EN 50305-9; DIN VDE 0482 parte 266-2-5.
 - Libre de halógenos: EN 50525-1.
 - Baja opacidad de humos: EN 61034-2; IEC 61034-2.
 - Nula emisión de gases corrosivos: EN 50305 (ITC < 3).



Imagen 6: Cable de Cu del tipo H1Z2Z2-K (AS) 1,5/1,5 kV Unipolar, 2x (1x 6) mm²

Desde las cajas de concentración hasta el inversor: se utilizará cable de Al del tipo RV-K (AS) 1,8 kV Unipolar, 2x(1x240) mm² soterrado en sus zanjas correspondientes.

Las características del conductor RV-K (AS) son las siguientes:

- ✚ Metal: aluminio grado eléctrico según IRAM
- ✚ Unipolares: Cuerdas circulares Clase 5, normales o compactas según corresponda.
- ✚ Temperatura máxima en el conductor: 90°C en servicio continuo, 250°C en cortocircuito.
- ✚ Aislante de Polietileno reticulado silanizado (XLPE).
- ✚ Tensión 1,5/1,5 kV
- ✚ Resistente a la absorción de agua y rayos ultravioletas
- ✚ Conductor de alta seguridad, no propagador de la llama, ni de incendio, baja emisión de humos y libre de halógenos.



Imagen 7: Cable de Al del tipo RV-K (AS) 1,8 kV Unipolar, 2x(1x240) mm²

8.4.2 Corriente Alterna

Se trata de la línea que va desde el inversor hasta el transformador. Esta línea se divide a su vez en tres líneas, describiéndose a continuación:

- a) **Desde el inversor hasta el cuadro de Baja Tensión del Centro de Transformación:** se utilizará cable de Al del tipo RV-K (AS) 0,6/1 kV Unipolar, 3x(1x240) mm² enterrados directamente.
- b) **Desde cuadro de Baja Tensión hasta Transformador:** se utilizará cable de Al del tipo RV-K (AS) 0,6/1 kV Unipolar, 3x(1x630) mm² en galería.
- c) **Desde Transformador hasta Celda de Protección de Trafo:** se utilizará cable de Al del tipo RHZ1 (AS) + H25 18/30 kV Unipolar, 3x(1X95) mm² en galería.

Las características del conductor RV-K (AS) son las siguientes:

- ✚ Metal: aluminio grado eléctrico según IRAM.
- ✚ Unipolares: Cuerdas circulares Clase 5, normales o compactas según corresponda.
- ✚ Temperatura máxima en el conductor: 90°C en servicio continuo, 250°C en cortocircuito.
- ✚ Aislante de Polietileno reticulado silanizado (XLPE).
- ✚ Tensión 1,5/1,5 kV.
- ✚ Resistente a la absorción de agua y rayos ultravioletas.
- ✚ Conductor de alta seguridad, no propagador de la llama, ni de incendio, baja emisión de humos y libre de halógenos.



Imagen 8: Cable de Al del tipo RV-K (AS) 0,6/1 kV Unipolar

Las características del conductor RHZ1 (AS) + H25 son las siguientes:

- ✚ Metal: cuerda redonda compacta de hilos de aluminio.
- ✚ Flexibilidad: clase 2, según UNE-EN 60228.
- ✚ Temperatura máxima en el conductor: 90 °C en servicio permanente, 250 °C en cortocircuito.
- ✚ Semiconductora interna: Capa extrusionada de material conductor.
- ✚ Aislamiento: Material de polietileno reticulado (XLPE).
- ✚ Semiconductora externa: Capa extrusionada de material conductor separable en frío.
- ✚ Protección longitudinal contra el agua: cordones cruzados higroscópicos o cinta hinchante.
- ✚ Pantalla metálica: Material de hilos de cobre en hélice con cinta de cobre a contraespira.
- ✚ Cubierta exterior Material: poliolefina termoplástica, Z1 Vemex.
- ✚ Color: rojo.
- ✚ Temperatura de servicio: -25 °C, + 90 °C,
- ✚ Ensayo de tensión alterna durante 5 min. (tensión conductor-pantalla): 42 kV (cables 12/20 kV) y 63 kV (cables 18/30 kV).
- ✚ Los cables satisfacen los ensayos establecidos en la norma IEC 60502-2.
- ✚ Prestaciones frente al fuego en la Unión Europea:
 - ✚ Clase de reacción al fuego (CPR): Fca.
 - ✚ Requerimientos de fuego: EN 50575:2014 + A1:2016.
 - ✚ Clasificación respecto al fuego: EN 13501-6.
- ✚ Normativa de fuego también aplicable a países que no pertenecen a la Unión Europea:
 - ✚ Libre de halógenos: EN 60754-1; EN 60754-1.
 - ✚ Reducida emisión de gases tóxicos: EN 60754-2; IEC 60754-2.
 - ✚ Baja opacidad de humos: UNE-EN 61034-2; IEC 61034-2.



Imagen 9: Conductor RHZ1 (AS) + H25 mm²

8.5 Centro de Transformación

La energía producida por las instalaciones, en forma de corriente alterna trifásica de 50 Hz, a baja tensión es elevada a media tensión mediante el transformador instalado en el interior de una caseta prefabricada.

Se utilizan 8 Centros de Transformación, donde 6 Centros alojarán dos transformadores en aceite de 3.150 kVA, un (1) Centro alojará un transformador en aceite de 3.150 kVA, más un (1) Centro que albergará dos transformadores de 2.100 kVA.

Las características principales de los centros de transformación son:

- | | |
|-------------------------------|----------------------|
| – Potencia del transformador: | 3.150 kVA, 2.100 kVA |
| – Relación de transformación: | 0,6 / 30 kV |
| – Nivel de aislamiento: | 36 KV |

8.6 Línea Subterránea de Media Tensión 30 kV

La energía generada, se evacúa mediante una línea enterrada directamente, desde el centro de transformación hasta la subestación. Se explicará en puntos adyacentes.

8.7 Protecciones

Se instalarán protecciones eléctricas en todos los circuitos de la instalación fotovoltaica para asegurar la protección de los distintos equipos ante los distintos tipos de faltas eléctricas. Todas las protecciones cumplirán con la normativa correspondiente en cada caso.

De esta manera, todos los equipos de la planta estarán provistos de elementos de protección, algunos de los cuales se exponen a continuación:

- Se instalarán varistores entre los terminales positivos y negativos de los módulos fotovoltaicos y entre cada uno de ellos y tierra para proteger contra posibles sobretensiones inducidas por descargas atmosféricas.
- Los conductores de CC del campo fotovoltaico estarán dimensionados para soportar, como mínimo el 125% de la intensidad de cortocircuito sin necesidad de protección. Dichos conductores estarán dotados de fusibles rápidos, dimensionados al 125% de la intensidad de cortocircuito en cada una de las líneas que van al inversor. Estos fusibles estarán tarados a un valor de 16 A y para trabajar en valores de tensión de 1.500 V.
- Los conductores de corriente alterna estarán protegidos mediante fusibles e interruptores magnetotérmicos para proteger el sistema contra sobreintensidades.
- Los inversores dispondrán de un sistema de aislamiento galvánico o similar que evite el paso de corriente continua al lado de corriente alterna de manera efectiva. Asimismo, los inversores incorporarán al menos las siguientes protecciones: frente a cortocircuitos, contra tensiones y frecuencia de red fuera de rango e inversión de polaridad en la etapa de continua.

- Todas las partes metálicas de la instalación estarán puestas a tierra. La conexión a tierra ofrecerá una buena protección contra sobrecargas atmosféricas, además de garantizar una superficie equipotencial que previene contactos indirectos.
- Los equipos accionados eléctricamente estarán provistos de protecciones a tierra e interruptores diferenciales.

8.8 Servicios Complementarios

La planta fotovoltaica dispondrá de una serie de sistemas que se describen a continuación:

- La energía necesaria para la alimentación de los servicios complementarios será aportada por el transformador instalado en el centro de transformación.
- Se instalará un trafo de SS. AA. en cada centro de transformación para garantizar el suministro eléctrico en baja tensión.
- Se utilizará un sistema Scada que permitirá controlar todas las variables de la instalación. Estará ubicado en el centro de control y vigilancia.
- Se instalará una estación de meteorología.
- Sólo se dispondrá de un sistema de alumbrado en el interior de los centros de transformación y en el centro de control y vigilancia.
- Para detectar la presencia de intrusos en el recinto se instalará un sistema de circuito cerrado de televisión.

8.9 Red de Puesta a Tierra

Las masas de la instalación fotovoltaica estarán conectadas a una tierra independiente de la del neutro del trafo de SS. AA. del centro de transformador de acuerdo con el reglamento electrotécnico para baja tensión y unida a las masas del resto de suministros.

La red de tierras para protecciones se va a realizar con conductor de cobre desnudo enterrado y una sección de 35 mm².

Se dimensionará de forma que la resistencia máxima posible, R_{max} , será tal que ninguna masa pueda alcanzar una tensión de contacto de un valor superior a 24 V.

La configuración de las mismas debe ser redonda y de alta resistencia, asegurando una máxima rigidez para facilitar su introducción en el terreno.

El vallado y el sistema de antiintrusismo se conectan juntos a tierra mediante cable desnudo y picas de 1,5 m de profundidad y 14 mm de diámetro.

La puesta a tierra de los Centros de Transformación y caseta de vigilancia, control y seguridad, se unirá a la tierra del generador fotovoltaico.

(Ver plano 6: Tierras).

8.10 Elementos de Protección del Medio Natural.

Para evitar la alteración el medio natural se llevarán a cabo las siguientes actuaciones.

Se crearán manchas de vegetación para evitar o minimizar en la medida de lo posible los procesos de erosión que puedan ser detectados en el proceso de vigilancia ambiental de las instalaciones.

En la fase de restauración y con anterioridad a la revegetación, se restituirá la recogida de pluviales y su desagüe al entorno en régimen de arroyada difusa. Se construirán cunetas con capacidad y pendiente que finalicen en varios aliviaderos situados a igual cota y que dispersen de forma difusa la escorrentía sobre la misma parcela.

En la fase de explotación se construirán cunetas y desagües frente a tormentas que prevengan la llegada de escorrentías a zonas erosionables. Los caminos se dotarán de cunetas que finalizarán en pocetas de decantación.

Las aguas residuales procedentes de los aseos, serán tratadas mediante un sistema de depuración antes de su vertido y /o aprovechamiento.

Se creará una cubierta vegetal en las calles entre placas y en la parte inferior de las mismas para crear un hábitat propio de las especies de aves esteparias, utilizando semillas de gramíneas, sin aplicar ningún tipo de tratamiento químico ni roturación mecánica, sobre todo en época de reproducción de estas especies.

Se plantará vegetación arbustiva autóctona alrededor de la valla de seguridad, para formar un seto natural que sirva como zona de refugio para distintas especies faunísticas, especialmente paseriformes. Para ello se emplearán principalmente especies capaces de producir bayas silvestres que sirvan de alimento a estas especies.

En el vallado se dispondrán trampillas de salida para mamíferos, para disminuir el efecto barrera que pueda suponer esta infraestructura.

Se instalarán cajas nido para la nidificación de aves protegidas distribuidas por toda la planta solar fotovoltaica.

Creación de rodales de vegetación de ribera, con especies principalmente herbáceas, donde se pueda albergar fauna para los procesos de cría.

9 GENERADOR FOTOVOLTAICO

9.1 Características Generales

Se proyecta una planta fotovoltaica conectada a red con las siguientes características:

- Potencia Nominal: 43.000 kW
- Potencia Global Generador: 49.845,6 kWp (STC)
- Tensión funcionamiento Generador (50°C): 981 (V)
- Tipo de tracker: Seguidor a un eje Horizontal
IDEEMATEC safe Track Horizon o similar
- Orientación: Este - Oeste +55° -55°
- N° de mesas: 2.580
- Módulo fotovoltaico: **Astroenergy CHSM6612M-HV 345** o similar
- Potencia pico: 345 Wp
- N° de módulos: 144.480
- N° de módulos en serie: 28
- N° de string: 5.160
- Inversor: **Kaco BP 125.0 TL3**
- N° Inversores: 344

9.2 Módulos Fotovoltaicos

Astroenergy CHSM6612M-HV 345 o similar con las siguientes características:

- **Características Eléctricas:**
 - Tecnología celular: Si monocristalino
 - Potencia: 345 W
 - Eficiencia del módulo: 17,80 %
 - Corriente Punto de Máxima Potencia (Imp): 9,01 A
 - Tensión Punto de Máxima Potencia (Vmp): 38,34 V
 - Corriente de Cortocircuito (Isc): 9,48 A
 - Tensión de Circuito Abierto (Voc): 46,70 V
 - Coeficiente de Temperatura de Isc (α): +0,043 % C
 - Coeficiente de Temperatura de Voc (β): -0,282 % C
 - Coeficiente de Temperatura de P (γ): -0,376 % C
 - Máxima Tensión del Sistema: 1.500 V_{cc}
 - Temperatura de trabajo entre: 46 ± 2%°C
 - Cable de salida de 10 mm² en cobre

- **Características Físicas:**

- Dimensionamiento (mm): 1954x990x40mm
- Peso (aprox.): 21,80 kg

- **Especificaciones:**

- Temperatura de trabajo entre: -40 °C y 85 °C
- Máxima tensión de aislamiento: 1000 Vcc

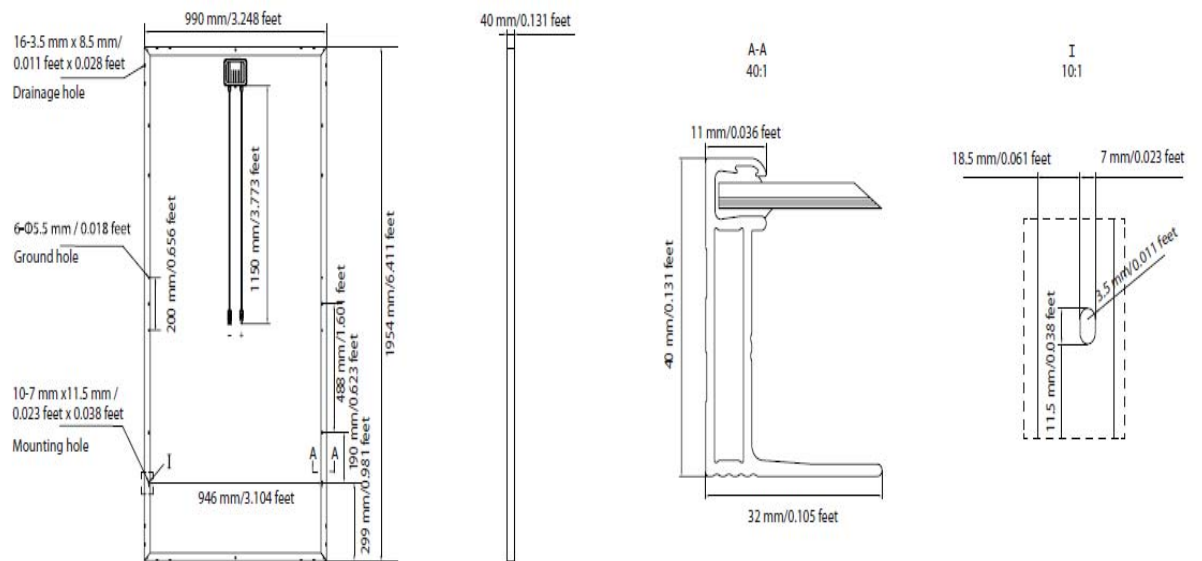


Imagen 10: Módulo fotovoltaico Astroenergy CHSM6612M-HV 345

9.3 Tracker

Los módulos fotovoltaicos se instalarán sobre una estructura móvil capaz de soportar su propio peso y cualquier inclemencia climatológica.

La estructura de los tracker irá hincada en el terreno mediante tornillos sujetos a los perfiles metálicos.

Los módulos fotovoltaicos se instalarán sobre una estructura capaz de soportar su propio peso y cualquier inclemencia climatológica.

Las características principales de las estructuras son:

- Modelo: IDEEMATEC, safe Track Horizon H4
- Material: Perfiles de acero.
- Inclinación: Éste – Oeste $-55^{\circ}/+55^{\circ}$
- Altura mínima: 1,3 m
- Longitud: 28 módulos x 990 mm
- Ancho de mesa: 2 módulos x 1954 mm.
- Composición módulos: 2 filas x 28 módulos = 56 módulos
- N° de mesas en PFV: 2.580
- Distancia eje entre filas (desde ejes): 8 m
- N° ejes: 1
- N° filas: 2
- N° de mesas por tracker: 2 - 6
- Rango de temperatura sistema de control y motor: $-20^{\circ}\text{C}/+50^{\circ}\text{C}$
- Velocidad del viento en funcionamiento: 48 km/h – 105 km/h (30 mph – 65 mph)
- Velocidad del viento máx. en posición de seguridad: 144 km/h – 290 km/h (90 mph – 180 mph)
- Alimentación de motor:
 - Tensión de alimentación motor: 400 V (AC) / 230 V (DC)
 - Potencia del motor: 370 W / 200 W
 - Clase de protección: IP65



Imagen 11: Tracker IDEEMATEC, safe Track Horizon H4

9.4 Cableado de Corriente Continua

Las líneas entre módulos y ramas e inversor estarán constituidas por dos cables unipolares, de las características siguientes:

Línea que une los módulos fotovoltaicos con la caja de concentración:

- Tipo:	H1Z2Z2-K
- Tensión:	1,5/1,5 kV
- Conductor:	Cobre
- Instalación:	Sobre abrazadera, bandeja perforada o subterráneo
- Sección:	1x 6 mm ²

Para la elección de la sección del conductor se han tenido en cuenta la intensidad máxima admisible por el cable y la caída de tensión.

Los cables se etiquetarán e identificarán adecuadamente según los esquemas eléctricos y se adoptará un código de colores, facilitando las labores de mantenimiento.

9.5 Cajas de Conexión

Se utilizarán cajas de conexionado con 16 (15 efectivas) entradas, que se colocarán entre el generador fotovoltaico y el inversor. Existen entradas para los conductores de corriente continua, tanto positivos como negativos, y para los conductores de comunicación. Por otro lado, dispone de salidas para los conductores de corriente continua hacia el inversor.

La caja de concentración dispone de fusibles de protección de 15A para cada línea e interruptores manuales para conexión/desconexión de los string. Además la protección a la línea que une ésta con el inversor tiene una protección magnetotérmica de 160A.

Las cajas de conexión se instalarán evitando la exposición directa al sol. Estas tienen las características siguientes:

⚡	Tensión máxima de entrada:	1500V
⚡	Intensidad máxima de entrada por String:	16A
⚡	Intensidad máxima de Salida:	315A
⚡	Suministro auxiliar de tensión de CC:	24V
⚡	Máxima sección de entrada de conductores:	10mm ² .
⚡	Máxima sección de salida de conductores:	240mm ² .
⚡	Protección de tierra:	con cable de hasta 16mm ² .
⚡	Dimensiones:	845x635x300
⚡	Peso:	38 kg
⚡	Rango de temperaturas:	-25°C a +40°C
⚡	Rango de humedad relativa:	15% a 95%
⚡	Grado de protección:	IP65

La distribución interna de las cajas se muestra en la siguiente figura:

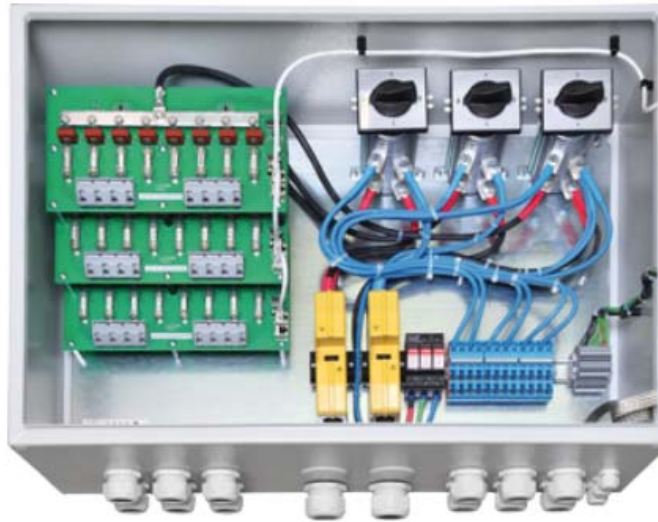


Imagen 12: Caja de Conexión

9.6 Inversor

Los inversores serán los aparatos electrónicos encargados de transformar la corriente continua generada por las placas solares en corriente alterna apta para ser inyectada en la red de distribución (3*600 Vac y 50Hz).

Estos dispositivos también se ocupan del seguimiento del punto de máxima potencia de los módulos fotovoltaicos optimizando de esta forma la producción de energía sean cuales quieran las condiciones meteorológicas.

Conexión CA mediante tres fases (sin neutro) mediante bornas bimetálicas.

Inversor tipo **KACO Blueplanet 125 TL3 XL** o similar con las siguientes características:

Características Principales:

- Tipo: Trifásico
- Potencia: 125 kW

Entrada C.C.:

- Rango de tensión DC MPP (VDC): 875 – 1.300 V
- Rango de trabajo: 875 – 1.300 V
- Tensión nominal: 900/1.000 V
- Tensión en vacío: 1.500 V
- Corriente de entrada máxima: 160 A
- Corriente cortocircuito máxima permitida: 300 A
- Nº de entradas: 1

Salida A.C.:

- Potencia nominal: 125 kVA
- Tensión de trabajo: 480-760 V

- Corriente nominal: 120.3 A
- Corriente de salida máxima: 132.3 A
- Rango de frecuencia de Red: 50 Hz
- Distorsión armónica total TDH: < 3%
- Factor de potencia: Ajustable
- Máxima eficiencia: 99,1%

Otras características:

- Dimensiones: 719 x 699 x 450 mm (Al x An x Pro)
- Peso: 80 kg
- Temperatura máxima de trabajo: -25 °C a +60 °C



Imagen 13: Inversor tipo KACO Blueplanet 125 TL3 XL

10 OBRA CIVIL

10.1 Viales

Se acondicionarán los caminos existentes para la entrada a las instalaciones fotovoltaicas. Todos los viales de la planta fotovoltaica tienen que cumplir unas especificaciones mínimas que se establecen a continuación:

- Ancho del camino: 3,5 a 4 m, según convenga.
- Radio mínimo de curvatura: 12 m en el exterior de la curva.
- Pendientes máximas: 7% en tierra y 12 % en suelo cementado.

Los caminos a realizar y reformar se acondicionarán para que puedan ser usados por camiones, que son los que transportarán las piezas necesarias para la construcción de la instalación.

Este acondicionamiento permitirá el transporte de los equipos a instalar, así como el acceso a las parcelas, de la cual se verá también beneficiada durante su explotación, sobre todo en las labores de mantenimiento.

En la realización al acondicionamiento de la plataforma de los viales se tendrán en cuenta las especificaciones formuladas anteriormente. La anchura de la plataforma será de 4 metros.

En lo referente a su realización, los viales se harán primero mediante la formación de un cajeadado de 10 cm de profundidad, incluyendo el explanado para la preparación de sub-bases, con aportación de zahorras a cielo abierto, extendido y apisonado por medios mecánicos en dos tongadas de 15 cm de espesor hasta conseguir un grado de compactación del 95% del proctor normal, incluso regado de las mismas y refino de taludes, y con p.p. de medios auxiliares y transporte de las mismas a pie de tajo. Además de lo anterior, comprenderá una capa superficial extendida y apisonada de chino lavado procedente de machaqueo, en idénticas condiciones de compactación, de 10 cm de espesor definitivo, incluso formación de cuneta en terreno natural con maquinaria al efecto.

Como se ha indicado anteriormente, el radio mínimo de curvatura es de 12 m, suficiente para el paso de los vehículos por la parcela sin mayores problemas. No obstante, para que la carga pueda pasar es necesario eliminar cualquier obstáculo en el entorno de estas curvas. La tierra vegetal desbrozada en la realización del cajeadado será almacenada en lugar apropiado; cuando finalice la obra, dicha tierra será extendida en los taludes que haya sido necesario crear. Los terraplenes necesarios para acondicionar el terreno podrán realizarse a partir del material extraído de los desmontes, ya que se estima que el material es, como mínimo, tolerable. Las excavaciones se realizarán con talud 2/3, y los terraplenes con talud 3/2. Estos taludes no recibirán ningún tipo de tratamiento especial dada su pequeña altura total. Las pendientes transversales de la plataforma serán del 2'5% desde el eje hacia los extremos de la misma en toda la longitud de los caminos, mientras que las cunetas para drenaje serán de tipo "V". Los viales, a su paso por las áreas de maniobra, deben ser solidarios a éstas para evitar la creación de escalones o pendientes bruscas de acceso.

10.2 Zanjas

En el lecho de la zanja se colocará una capa de arena de un espesor de 0,10 m, sobre la que se depositarán los cables o tubos de polietileno de doble pared, corrugada y de color rojo la exterior, lisa e incolora la interior y con guía de plástico resistente. Encima irá otra capa de arena con un espesor mínimo de 0,30 m, sobre la que se colocará una cinta de señalización como advertencia de la presencia de cables eléctricos. A continuación se tenderá una capa de tierra procedente de la excavación y con tierras de préstamo.

En las zonas de cruce de viales y en los accesos a centros de transformación se sustituirá la capa de arena por hormigón H-100.

10.2.1 Zanjas para circuitos de Baja Tensión

En corriente continua y alterna de baja tensión, los circuitos discurrirán por el interior de la zanja lo harán directamente sobre lecho de arena. La profundidad de estas zanjas en corriente continua será de 0,925m. de alto y una anchura de 0,60 m. o se adapta a la cantidad de conductores o tubos seleccionados.

Para corriente alterna se usa una zanja máxima de 1,30 x 1 metros. Adapta a la cantidad de conductores o tubos seleccionados.

Se utilizarán tubo corrugado de Ø225mm para los conductores de corriente continua de 240mm² de sección, para los cruces con calzadas y cauces.

En la zanja irá un cable de 35 mm² de Cu para la toma de tierra de las estructuras.

10.2.2 Zanjas para circuitos de Media Tensión

Para los circuitos de Media Tensión que discurran por el interior de la zanja lo harán directamente sobre lecho de arena. La profundidad de excavación es de 1 m o 1,3 m. y anchura de 0,40, 0,6 o 1 m.

Se utilizarán tubo corrugado de Ø200 mm para la terna de conductores de 150 o 240 mm² de sección, para los cruces con calzadas y cauces.

Junto a los cables de M.T. se instalará un tubo corrugado de Ø 63 mm para el circuito de señal de los Centros de Transformación.

10.2.3 Zanja para Circuitos de Antiintrusismo y Servicios Auxiliares

Se realizará una zanja para albergar dos tubos corrugados de Ø 63 mm par servicios auxiliares y de Ø63 mm para comunicaciones.

10.2.4 Características de los tubos

Se trata de tubos de estructura celular, fabricados en Polietileno cuya unión se realiza mediante manguitos. Los tubos deben su rigidez a la parte externa anillada que aumenta el momento de inercia de la pared del tubo. La pared interior lisa facilita el paso de los cables.

Las características más importantes son:

- ✚ Materia: PEAD (Libre de Halógenos)
- ✚ Resistencia al aplastamiento: 250 N ó 450 N
- ✚ Temperatura de trabajo: -15°C hasta 120°C
- ✚ Características: Muy resistente a las cargas estáticas y móviles muy intensas. Fácil manipulación,
- ✚ Curvable en rollos. Fuerte resistencia al punzonamiento.
- ✚ Fabricados según norma: UNE EN 61386.2.4

10.3 Arquetas

Para facilitar el tendido de los cables de corriente continua, en los tramos rectos se instalarán arquetas registrables como máximo cada 40 m. Esta distancia podrá variarse de forma razonable, en función de derivaciones y cambios de dirección.

Se dispondrá de una arqueta de derivación por cada caja de conexión. En los puntos donde se produzcan cambios de dirección de los tubos, también se instalarán arquetas.

Las dimensiones interiores mínimas de las arquetas serán de 40 x 40 cm, siendo la profundidad mínima de la arqueta de 60 cm.

Las arquetas se ejecutarán con paredes laterales de ladrillo macizo enfoscado o de hormigón HM-25 y un espesor mínimo de paredes de 10 cm. El fondo de la arqueta estará formado por el propio terreno.

Todas las arquetas irán dotadas de marco y tapa de fundición dúctil.

10.4 Caseta de Vigilancia, Control y Seguridad

Se ubicará una caseta de tipo contenedor marca Containex o similar de dimensiones interiores 8,40 x 2,35 x 2,60 m (largo, ancho, alto) para alojar el sistema de control y seguridad de la planta.

Se dotarán de las instalaciones necesarias de agua, luz y saneamiento.

El agua será no potable obtenida mediante un aljibe alimentado por cubas.

La alimentación de energía eléctrica se obtendrá de la subestación de la Planta Fotovoltaica.

Para el saneamiento, se instalará un separador de grasas y un pozo ciego.

El apoyo de la caseta se realiza mediante una losa de hormigón armado de 15 cm. de espesor, con una resistencia mínima de 15 N/mm² y armadura de malla formada por barras de 12 mm de diámetro, con 25 cm. de separación en ambas direcciones.

Debajo de la losa se extenderá una capa de hormigón en masa de 5 cm de espesor para nivelación.

Esta losa es suficiente debido al poco peso que presenta el conjunto en general.

Para las aguas residuales procedentes de los aseos, serán tratadas mediante un sistema de depuración antes de su vertido y / o aprovechamiento.

Se ha previsto proveerla de:

- Compartimentación interior
- Alumbrado interior para cada una de las estancias.
- Alumbrado de Emergencia.
- Ventilación y/o aire acondicionado.
- Tomas de corriente para los distintos dispositivos interiores de control y auxiliares.
- Instalación de saneamiento.
- Suministro de Agua.

La caseta y cada una de las instalaciones se pueden observar en los planos correspondientes del documento "Planos" de este proyecto constructivo.

10.5 Cerramiento

Todo el recinto de la planta solar fotovoltaica estará vallado de malla de simple torsión, con el fin de aislar del paso a las instalaciones.

Características técnicas de la Valla:

- Malla simple torsión galvanizada en caliente de forma romboidal.
- La malla estará elaborada con alambre galvanizado según la norma UNE En-10218-2.
- La resistencia mínima de los alambre será de 50 kg/mm².
- Luz de malla, como mínimo 50 mm.
- La altura mínima del vallado será de 2 m.

Instalación de la Valla:

La malla se soportará sobre alambre galvanizados, tensados sobre postes de dimensiones apropiadas a la altura del cerramiento. La fijación de la malla a los alambres de soporte se realiza mediante atado de alambre galvanizado de menor calibre o grapas de unión.

El vallado tiene una longitud aproximada de 7.300 m.

En el vallado se instalarán trampillas para permitir la salida de mamíferos, disminuyendo el efecto barrera que pueda suponer el cerramiento.

Postes:

Las características técnicas del poste de la valla serán:

- Poste conformado en frío con chapa galvanizada de espesor mínimo de 1,25 mm.
- Pestaña con taladrado para paso de alambre para instalación de malla de cerramiento que le confiera rigidez.
- Garra para inserción en cimentación, troquelada en el pie del poste, que se abra fácilmente en el momento del montaje.

- Sistema de protección anticorrosivo de las siguientes características: Espesor mínimo de galvanizado de 85 micras tanto en los elementos estructurales como en los accesorios.

Puertas de acceso:

Las puertas deberán estar construidas en tubo cuadrado y malla modular. El marco en tubo cuadrado estará pre taladrado para la fijación de las bridas de malla. El cierre se realizará mediante cerradura con manivela y llave embutida en el marco. El marco se presentará con placas de anclaje al firme o con sobre medida para insertar en el firme. La apertura de la puerta será de 180°, permitiendo una disponibilidad total del espacio de paso. La apertura deberá poder ser tanto al exterior como al interior. El cierre de la hoja se conseguirá mediante pestillo al suelo, sobre una cajera tubular.

La puerta estará compuesta por dos hojas de 2 m de altura mínima y 2,5 m de anchura mínima cada una, con lo que permitirán un ancho de paso de 4,9 m mínimo. Estarán abisagradas en unos postes de 2 m de altura mínima.

El cerramiento tendrá en sus puertas señales normalizadas de advertencia de riesgo eléctrico.

10.6 Red de drenaje

El diseño de la red de drenaje longitudinal se ha teniendo en cuenta los factores:

- Topográficos: posición de la explanada respecto al terreno continuo, puntos altos y bajos.
- Climatológicos e Hidrológicos: capacidad hidráulica de los diversos elementos para el aguacero correspondiente al periodo de retorno de 10 años.

Para no producir estancamientos de agua en la Planta, se realizarán las siguientes obras de drenaje:

- Las ramblas que alimentan los Arroyos de Regordillo y los Hongos que atraviesan la planta fotovoltaica, serán limpiadas y se mejorará su evacuación de aguas para que no se produzcan desbordamientos que puedan inundar la Planta.
- En los tramos de las ramblas donde no aparezca una zona clara que diga hacia donde se evacua el agua fluvial, se realizará un canal en tierra con trazado continuo hasta unir con el Arroyo que debe alimentar.
- Junto con los viales descritos, se construirán cunetas y desagües como prevención a posibles escorrentías provocadas por tormentas. Los caminos se dotarán de cunetas que finalizarán en pocetas de decantación.

11 CENTROS DE TRANSFORMACIÓN

La energía eléctrica producida por las instalaciones, en forma de corriente alterna trifásica de 50 Hz, a 600 V es elevada a media tensión (30 kV) mediante transformadores instalados en el interior de edificios prefabricados, con el fin de minimizar pérdidas por el transporte de energía a través de la planta fotovoltaica.

11.1 Características Generales

Se utilizan 8 centros de transformación para alojar las centralizaciones de baja tensión con interruptores de protección tipo Masterpact y a los transformadores elevadores de 0,6/30KV de los cuales 6 centros de transformación de 6.300 kVA (2 trafos de 3.150 kVA), 1 centro de transformación de 4.200 kVA (2 trafos de 2.100 kVA) y 1 centro de transformación de 3.150 kVA (1 trafa de 3.150 kVA),.

El edificio será del tipo prefabricado.

Las celdas a utilizar son de 600 A o 1.250 A según los cálculos de intensidad.

Centro de Transformación (CT1, CT2, CT3, CT4, CT6, CT7):

- 6 edificios del tipo PF-305 **6.300 KVA**.
- 1 celda de línea de entrada.
- 1 celda de línea de salida.
- 2 celdas de protección del transformador.
- 2 transformadores en baño de aceite de 3.300 kVA cada uno de ellos.

Centro de Transformación (CT5):

- 1 edificio del tipo PF-305 **4.200 KVA**.
- 1 celda de línea de entrada.
- 1 celda de línea de salida, que será de interruptor automático.
- 2 celda de protección del transformador.
- 2 transformadores en baño de aceite de 2.100 kVA.

Centro de Transformación (CT8):

- 1 edificio del tipo PFU-5 **3.150 KVA**.
- 1 celda de línea de entrada.
- 1 celda de línea de salida, que será de interruptor automático.
- 1 celda de protección del transformador.
- 1 transformador en baño de aceite de 3.150 kVA.

11.1.1 Edificio de Transformación

Para los Centros de Transformación, se utilizarán 8 edificios, de los cuáles seis (6) edificios serán del tipo **PF-305 6.300 kVA** o similar, un (1) edificio será del tipo **PF-305 4.200 kVA** o similar. y un (1) edificio será del tipo **PFU-5 3.150 kVA** o similar.

- Descripción:

Los Centros de Transformación PF, de superficie y maniobra interior (tipo caseta), están formados por distintos elementos prefabricados de hormigón vibrado, que se ensamblan en obra para constituir un edificio, en cuyo interior se incorporan todos los componentes eléctricos, desde la apartamentada de MT hasta los cuadros de BT, incluyendo los transformadores, dispositivos de Control e interconexiones entre los diversos elementos.

- Tensión de servicio: 36 kV
- Frecuencia : 50 Hz
- Potencia de cortocircuito: 500 MVA
- Intensidad de cortocircuito nominal: 16 kA
- Tensión asignada: 36 kV

- Placa piso:

Sobre la placa base, y a una altura de unos 500 mm, se sitúa la placa piso, que se apoya en un resalte interior de las paredes, permitiendo este espacio el paso de cables de MT y BT, a los que se accede a través de unas troneras cubiertas con losetas.

-Instalación Eléctrica:

Características de la Red de Alimentación.

La red de la cual se alimenta el Centro de Transformación es del tipo subterráneo, con una tensión de 30 kV, nivel de aislamiento según la MIE-RAT 12, y una frecuencia de 50 Hz.

11.1.2 Edificio PF-305

Se proyectan siete (6) edificios serán del tipo **PF-305 6.300 kVA** o similar, en cuyo interior albergará los siguientes equipos:

- Transformadores de potencia de 3.150 kVA cada transformador en aceite
- Celdas de línea.
- Celdas de protección del transformador.
- Un (1) sistema de SS. AA.
- Un (1) sistema de comunicaciones.

Para los Centros de Transformación n° 2, 4, 6, 7:

• Tipo de aparamenta MT: SF ₆	Celdas de aislamiento y corte en
• Esquema de conexión:	1L+1L+1P+1P
• Potencia Transformador de Potencia:	3.150 kVA
• N° de transformadores:	2
• Masterpact de 2.500 A cu. (BT):	4

Para los Centros de Transformación n° 1 y 3:

• Tipo de aparamenta MT: SF ₆	Celdas de aislamiento y corte en
• Esquema de conexión:	1L+1P+1P
• Potencia Transformador de Potencia:	3.150 kVA
• N° de transformadores:	2
• Masterpact de 2.500 A cu. (BT):	4

Para el Centro de Transformación n° 5:

• Tipo de aparamenta MT: SF ₆	Celdas de aislamiento y corte en
• Esquema de conexión:	1L+1L+1P+1P
• Potencia Transformador de Potencia:	2.100 kVA
• N° de transformadores:	2
• Masterpact de 2.500 A cu. (BT):	4

-Descripción

Los Centros de Transformación en edificio PF se componen de:

- Aparamenta de MT con aislamiento integral en gas: Sistema **SIEMENS 8DJH 36** o similar, (36 kV).
- Unidades de protección, control y medida (telemando, tele medida, control integrado, tele gestión, etc.) PL-300 o similar
- Transformador/es de distribución de MT/BT de llenado integral en dieléctrico líquido.
- Aparamenta de BT: Cuadro/s de Baja Tensión de hasta 12 salidas por cuadro.
- Interconexiones directas por cable MT y BT.
- Protecciones con fusibles calibrados a medida y Master Packt 2.500 A. (4 por centro)
- Circuito de puesta a tierra.
- Circuito de alumbrado y servicios auxiliares.
- Edificio modular de hormigón PF.

Dimensiones exteriores

- Longitud: 11.960 mm
- Fondo: 2.620 mm
- Altura: 3.600 mm
- Peso: 38.300 kg

11.1.3 Edificio PFU-5

Se proyecta un (1) edificio serán del tipo **PFU-5 3.150 kVA** o similar, en cuyo interior albergará los siguientes equipos:

- Transformador de 3.150 kVA.
- Celdas de línea.
- Celda de protección del transformador.
- Un (1) sistema de SS. AA.
- Un (1) sistema de comunicaciones.

Para el Centro de Transformación n° 8:

• Tipo de aparamenta MT: SF ₆	Celdas de aislamiento y corte en
• Esquema de conexión:	1L+1L+1P
• Potencia Transformador de Potencia:	3.150 kVA
• N° de transformadores:	1
• Masterpact de 2.500 A cu. (BT):	2

- Descripción

Los Centros de Transformación en edificio PF se componen de:

- Aparamenta de MT con aislamiento integral en gas: Sistema **SIEMENS 8DJH 36** o similar, (36 kV).
- Unidades de protección, control y medida (telemando, tele medida, control integrado, tele gestión, etc.) PL-300 o similar
- Transformador/es de distribución de MT/BT de llenado integral en dieléctrico líquido.
- Aparamenta de BT: Cuadro/s de Baja Tensión de hasta 12 salidas por cuadro.
- Interconexiones directas por cable MT y BT.
- Protecciones con fusibles calibrados a medida y dos (2) Master Packt 2.500 A.
- Circuito de puesta a tierra.
- Circuito de alumbrado y servicios auxiliares.
- Edificio modular de hormigón PF.

Dimensiones exteriores

- Longitud: 6.080 mm
- Fondo: 2.380 mm
- Altura: 3.045 mm
- Peso: 17.460 kg

11.2 Instalación Eléctrica

11.2.1 Inversor

Los inversores serán los aparatos electrónicos encargados de transformar la corriente continua generada por las placas solares en corriente alterna apta para ser inyectada en la red de distribución.

Estos dispositivos también se ocupan del seguimiento del punto de máxima potencia de los módulos fotovoltaicos optimizando de esta forma la producción de energía sean cuales quieran las condiciones meteorológicas.

Conexión CA mediante tres fases (sin neutro) mediante bornas bimetálicas.

Inversor tipo **Kaco BP 125.0 TL3** o similar con las siguientes características:

Características Principales:

- Tipo: Trifásico
- Potencia: 125 kW

Entrada C.C.:

- Rango de tensión DC MPP (VDC): 875-1300 V
- Rango de trabajo: 875-1450 V
- Tensión nominal: 900 V
- Tensión de arranque: 1000 V
- Tensión en vacío: 1.500 V
- Corriente de entrada máxima: 160 A
- Corriente cortocircuito máxima permitida: 300 A
- Nº de entradas por tracker: 2

Salida A.C.:

- Potencia nominal: 125 kVA
- Tensión de transformador: 3 x 400 V
- Corriente nominal: 120,3 A
- Corriente de salida máxima: 132,3 A
- Rango de frecuencia de Red: 50 Hz
- Distorsión armónica total TDH: < 3%
- Factor de potencia: Ajustable
- Máxima eficiencia: 99,1%

Otras características:

- Dimensiones: 719 x 699 x 450 mm (Al x An x Pro)
- Peso: 80 kg
- Temperatura máxima de trabajo: -25 °C a +60 °C

11.2.2 Celdas de Media Tensión

Se utilizarán tres celdas compactas con envolvente metálica, fabricada por **SIEMENS 8DJH 36** o similar, con las siguientes características:

- Bloque: RRT
- Tensión asignada: 36 kV
- Corriente asignada: 630 A
- Corriente de corta duración (3 s): 20 kA
- Corriente, cresta: 50 kA
- Corriente de cierre de cortocircuito: 50 kA
- Nivel de aislamiento
 - Frecuencia industrial a tierra y entre fases: 70 kV
 - Impulso tipo rayo a tierra y entre fases (cresta): 170 kV
- Características físicas:
 - Ancho: 1.360 mm
 - Fondo: 920 mm
 - Alto: 1.600 mm

Celda modular de línea (Interruptor – Seccionador)

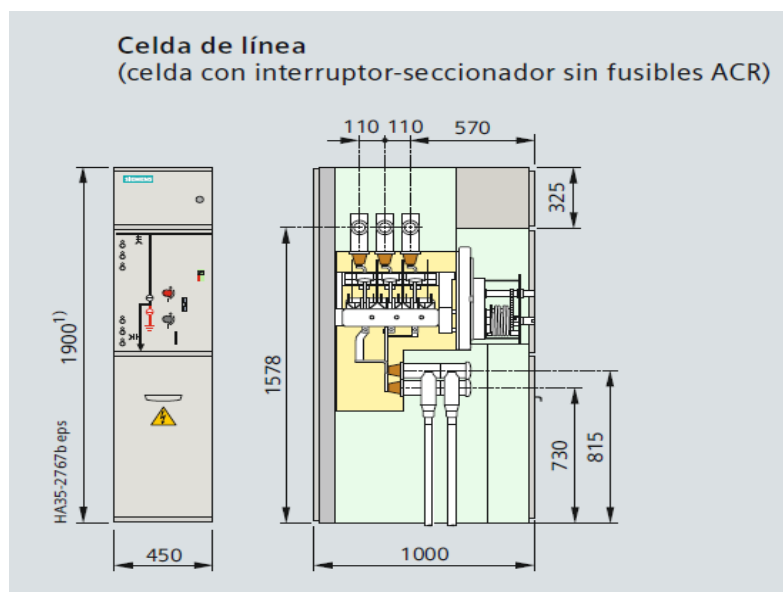


Imagen 14: Interruptor-Seccionador

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

🚧 Celda modular de Protección de Transformador

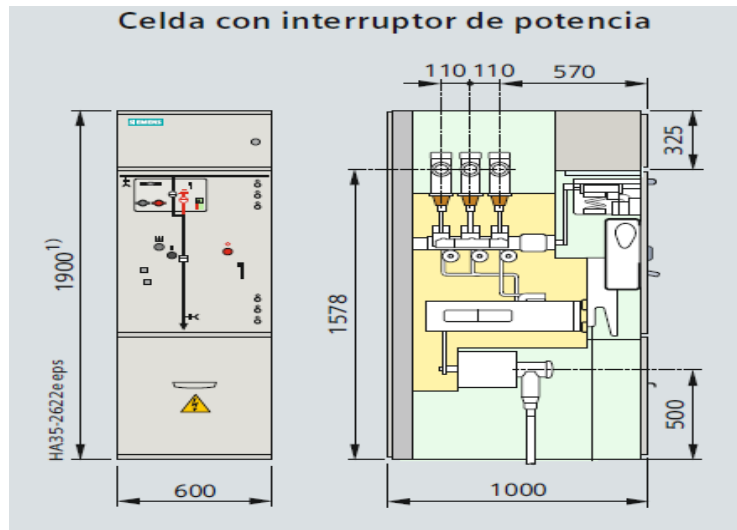


Imagen 15: Celda con interruptor de potencia

🚧 Sistema de aislamiento

- Cuba de la celda llena de gas SF₆
- Características del gas SF₆:
 - ✓ No tóxico
 - ✓ Inodoro e incoloro
 - ✓ Incombustible
 - ✓ Químicamente neutro
 - ✓ Más pesado que el aire
 - ✓ Electronegativo (aislante de alta calidad)
- Presión del gas SF₆ en la cuba (valores absolutos a 20 °C):
 - ✓ Nivel de llenado asignado: 150 kPa
 - ✓ Presión de diseño: 180 kPa
 - ✓ Temperatura de diseño del gas SF₆: 80 °C
 - ✓ Presión de reacción del disco de ruptura: ≥ 300 kPa
 - ✓ Presión de ruptura: ≥ 550 kPa
 - ✓ Cuota de fugas de gas: < 0,1 % por año.

🚧 Diseño de las celdas

- Montadas en fábrica, con ensayos de tipo
- Bajo envolvente metálica
- Cuba soldada herméticamente, de acero inoxidable
- Embarrado unipolar con aislamiento sólido, blindado, sistema enchufarle
- Libres de mantenimiento
- Grado de protección
 - ✓ IP 65 para todas las partes bajo alta tensión del circuito primario
 - ✓ IP 3XD para la envolvente de las celdas
- Interruptor de potencia al vacío

- Seccionador de tres posiciones para seccionar y poner a tierra a través del interruptor de potencia
- Puesta a tierra con capacidad de cierre a través del interruptor de potencia al vacío
- Interruptor-seccionador de tres posiciones
- Conexión de cables con sistema de conexión de cono exterior según DIN EN 50 181
- Montaje junto a la pared o libre
- Montaje y posible ampliación posterior de celdas existentes sin trabajos de gas
- Sustitución de la cuba sin trabajos de gas
- Transformadores de medida desmontables sin trabajos de gas por estar instalados fuera de los recintos de gas
- Envolvente de chapa de acero galvanizada por procedimiento sendzimir; frente de la celda, parte trasera de la celda y paredes finales recubiertas con pintura en polvo en color “light basic” (SN 700)
- Compartimento de baja tensión desmontable, guirnalda de interconexión enchufables
- Canaletas de cables laterales metálicas para cables de mando.

Datos eléctricos (valores máximos) y dimensiones

Tensión asignada	kV	36
Frecuencia asignada	Hz	50
Tensión soportada asignada de corta duración a frecuencia industrial	kV	70
Tensión soportada asignada de impulso tipo rayo	kV	170
Valor de cresta de la corriente admisible asignada	kA	63
Corriente asignada de cierre en cortocircuito	kA	63
Corriente admisible asignada de corta duración	kA	25
1 s	kA	20
3 s	kA	20
Corriente asignada de corte en cortocircuito	kA	25
Corriente asignada en servicio continuo del embarrado	A	1000
Corriente asignada en servicio continuo de las derivaciones	A	630/800/1000
Ancho	mm	450/600
Profundidad con canal de alivio de presión trasero	mm	1000
Altura	mm	1900

Imagen 16: Valores Celda

11.2.3 Transformadores

Transformador trifásico con neutro accesible en el secundario y refrigeración natural aceite, de tensión primaria 30 kV y tensión secundaria 600 V.

TRANSFORMADOR 3.150 kVA 30 / 0,6 kV

- Potencia: 3.150 kVA
- MT Voltaje: 30 KV
- BT Voltaje: 600 V
- Tensión de cortocircuito (ϵ_{cc}): 6%
- Protección incorporada al transformador: Termómetro
- Tipo de refrigeración: Aceite
- Tipo de conexión: Dy11
- Tipo de protección: PL-300
- Volumen aceite: 1.800 litros

CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS

- Dimensiones: 5.640x2.340x2.235 mm.
- Peso con equipo MV: <8 Tn
- Tanque de aceite material: acero galvanizado
- Material del cuerpo del: acero galvanizado
- Tipo de cabina: al aire libre
- Protección anti roedores: si

TRANSFORMADOR 2.100 kVA 30 / 0,6 V

- Potencia: 2.100 KVA
- MT Voltaje: 30 kV
- BT Voltaje: 600 V
- Tensión de cortocircuito (ϵ_{cc}): 6%
- Protección incorporada al transformador: Termómetro
- Tipo de refrigeración: Aceite
- Tipo de conexión: Dy11
- Tipo de protección: PL-300
- Volumen aceite: 1.300 litros

CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS

- Dimensiones: 4.000x1.600x2.050 mm.
- Peso con equipo MV: <5 kg
- Tanque de aceite material: acero galvanizado
- Material del cuerpo del: acero galvanizado
- Tipo de cabina: al aire libre
- Protección anti roedores: si

11.2.4 Servicios Auxiliares

La función de los Servicios Auxiliares de corriente alterna en la Planta Fotovoltaica es la de garantizar el suministro de energía eléctrica en baja tensión, necesario para la explotación y mantenimiento de todos los equipos de la instalación.

La energía necesaria para la alimentación de los servicios complementarios será aportada por un transformador de 5 kVA alimentado desde el propio transformador de potencia instalado en el centro de transformación.

Características del trafo:

- Unidades Trafo de SS.AA:	1
- Potencia Trafo de SS.AA:	5 kVA
- BT Voltaje:	600/400 V
- Tipo de conexión:	Dyn11
- Tipo de refrigeración:	Seco

La instalación contará con un cuadro general que alimentará en corriente alterna y protegerá los circuitos de iluminación interior, tomas de pequeña fuerza, ventilación y antiintrusismo que se instalen en el propio centro de transformación.

Los circuitos de alumbrado, pequeña fuerza, ventilación y antiintrusismo estarán constituidos por cables unipolares en montaje superficial bajo tubo curvable, de las características siguientes:

- Tipo:	RZ1-K (AS)
- Conductor:	Cobre
- Distribución:	3xF+N

Para la elección de la sección del conductor se han tenido en cuenta la intensidad máxima admisible por el cable y la caída de tensión. Las secciones de las líneas son:

- Alumbrado:	1,5 mm ²
- Pequeña fuerza:	2,5 mm ²
- Ventilación:	2,5 mm ²
- Antiintrusismo:	2,5 mm ²

11.2.5 Medida de la Energía

Las celdas de medida se instalarán en la Subestación (fuera de la explicación del diseño).

11.2.6 Protecciones

En la celda de interruptor automático se integrará una unidad de disparo comunicable.

Las funciones de sobreintensidad de las que dispone son las siguientes:

- Protección multicurva de sobrecarga para fases (51).
- Protección de defectos multicurva entre fase y tierra (51N).
- Protección instantánea de cortocircuito a tiempo definido entre fases (50).
- Protección instantánea de cortocircuito a tiempo definido entre fase y tierra (50N).
- Protección neutro sensible (50Ns/ 51Ns)

Además existe una entrada para disparo mediante una señal externa (sonda temperatura, etc...)

11.2.7 Puesta a 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

Todas las partes metálicas no unidas a los circuitos principales de todos los aparatos y equipos instalados en el Centro de Transformación se unen a la tierra de protección: envolventes de las celdas y cuadros de BT, rejillas de protección, carcasa de los transformadores, etc., así como la armadura del edificio. No se unirán, por contra, las rejillas y puertas metálicas del centro.

Se utilizará cable desnudo de 35 mm² enterrado a una profundidad de 0,5 m y a una distancia de 1,2 m de la envolvente del Centro de Transformación y conectando dicha red de tierras a la red de tierras de protección de la Planta fotovoltaica.

Tierra de servicio

Con objeto de evitar tensiones peligrosas en BT, debido a faltas en la red de MT, el neutro del sistema de BT se conecta a una toma de tierra independiente del sistema de MT, de tal forma que no exista influencia en la red general de tierra, para lo cual se emplea un cable de cobre aislado.

Por consiguiente se dispondrá de una toma de tierra del neutro con cable aislado 0,6/1 kV 50 mm² en tubo de PVC grado de protección 7 como mínimo y separada **24 m** de la toma de tierra de protección, siendo la configuración **5/32**.

11.2.8 Señalizaciones y Material de Seguridad

Los CT cumplirán con las siguientes prescripciones:

- Las puertas de acceso al edificio llevarán el cartel con la correspondiente señal triangular distintiva de riesgo eléctrico.
- En un lugar bien visible del edificio se situará un cartel con las instrucciones de primeros auxilios a prestar en caso de accidente.
- Cartel de las cinco reglas de oro.
- Deberá estar dotado de bandeja o bolsa portadocumentos, con la siguiente documentación:
 - Manual de instrucciones y mantenimiento del CT.
 - Protocolo del transformador.
 - Documentación técnica.
 - Libro de mantenimiento
- El CT dispondrá de banqueta aislante y guantes de goma para la correcta ejecución de las maniobras.

12 RED COLECTORA SUBTERRÁNEA DE MEDIA TENSIÓN 30 KV

La función de la red colectora de media tensión es la de recoger toda la energía producida por la Planta Fotovoltaica y transportarla hasta la Subestación.

Las líneas discurren de forma subterránea sin entubar, enlazando los transformadores de cada Centro de Transformación hasta alcanzar la Subestación. Por la misma canalización se prevé un cable de enlace de tierra o de acompañamiento de $1 \times 50 \text{ mm}^2$ en cobre desnudo, que se unirá con la puesta a tierra de la Subestación.

Por cuestiones técnicas, económicas y ambientales, es conveniente que la zanja de cables transcurra paralela a los caminos de acceso a los Centros de Transformación. Cuando no haya otra solución, en el caso de que la zanja no discurra al lado de ningún camino, por motivos de seguridad la profundidad de dicha zanja será de 1,50 metros.

Paralelamente por la misma zanja de las líneas citadas de M.T. se instalará una red de comunicaciones que utilizará como soporte un cable de fibra óptica y que se empleará para la monitorización y control.

Se utilizarán cables unipolares con aislamiento de dieléctrico seco, de las características siguientes:

- | | |
|----------------|---|
| - Tipo: | RHZ1 (AS) |
| - Tensión: | 18/30 kV |
| - Conductor: | Aluminio |
| - Instalación: | Enterrados directamente y bajo tubo en paso de viales u otro cruzamiento. |
| - Sección: | $3 \times (1 \times 150 \text{ mm}^2 + \text{H25})$ o $3 \times (1 \times 240 \text{ mm}^2 + \text{H25})$ |

La pantalla metálica será puesta a tierra en cada Centro de Transformación, en la Subestación y, en general, en cualquier instalación de media tensión donde el conductor haga entrada o salida.

Las entradas de los cables a las celdas de los Centros de Transformación se realizarán con la ayuda de terminales enchufables de conexión reforzada apantallados (atornillables) acodados.

Se instalarán tres (3) líneas que unirán varios Centros de Transformación hasta la Subestación como se indica a continuación:

Línea 1: CT1 – CT2 – ST

Línea 2: CT3 – CT4 – CT5 – ST

Línea 3: CT7 – CT8 – CT6 – ST

13 SERVICIOS COMPLEMENTARIOS

13.1 Servicios Auxiliares

La función de los servicios auxiliares es la de garantizar el suministro de energía eléctrica en baja tensión, necesario para la explotación y mantenimiento de todos los equipos de la instalación.

Los servicios auxiliares de los centros de transformación, se instalarán en el interior del propio centro. En cambio, la energía necesaria para la alimentación de los servicios auxiliares de los equipos de antiintrusismo, será aportada por el transformador de SS.AA. de la Subestación.

13.2 Iluminación Exterior

En planta fotovoltaica, la única iluminación de exterior prevista serán los cuatro proyectores del edificio de control y los proyectores sorpresivos del sistema de seguridad, accionándose solamente como medida disuasoria mediante sensores de infrarrojos.

Las instalaciones de alumbrado exterior cumplirán los valores máximos de los parámetros luminotécnicos establecidos en la legislación de aplicación, Ley 7/2007, de Gestión Integrada de la Calidad Ambiental y el Real Decreto 1890/2008, de 14 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior y sus Instrucciones Técnicas Complementarias EA-01 a EA-07.

Las luminarias exteriores cumplirán los siguientes requisitos:

- Se utilizarán luminarias de luz cálida (2700K). Se evitará así el uso de luminarias de color blanco o azul.
- Se deberá limitar el flujo hemisférico superior instalado de una luminaria o proyector al 0% para tecnología LED e inferior al 0,5% para fuentes de luz de descarga.
- Los proyectores serán asimétricos y con la orientación adecuada que evite la emisión de luz directa hacia el cielo, asegurando el envío de la luz hacia la zona que se desea iluminar.

- La iluminación tendrá los niveles necesarios para garantizar la seguridad en las zonas iluminadas durante la noche.
- El uso de los proyectores para la iluminación de la zona del edificio de control se limitará a los horarios nocturnos, programando su encendido y apagado en función del horario. Dicha iluminación permanecerá apagada en las horas sin actividad.

13.3 Monitorización

Se utilizará un sistema de adquisición de datos que permita controlar todas las diferentes variables de la instalación, que facilitará al usuario información completa sobre el comportamiento general del sistema.

El software y su estructura de carpetas permitirán trabajar con las diferentes instalaciones fotovoltaicas a través de un único ordenador personal.

La comunicación se hará posible a través de una línea serie RS-485 mediante tarjetas de hardware adicionales y se podrá equipar el inversor y el seguidor, para la captación de entradas analógicas a través de las cuales será capaz de leer y almacenar los valores de cuatro señales analógicas y medir dos temperaturas mediante sondas de temperatura instaladas estratégicamente en la planta.

Sean las señales dadas por una célula calibrada para la medida de la radiación solar y un captador de temperatura, la célula, por medio de un convertidor, podrá ofrecer un rango de tensiones que se corresponderá con un determinado rango de valores de radiación. Por medio de un sensor y un convertidor ofrecerá un rango de corrientes que se corresponderá con temperaturas dentro de un amplio intervalo.

Para la monitorización remota será necesaria la configuración del puerto serie del PC y del modem a través de los cuales se realizará la comunicación con los inversores y seguidores, habrá que seleccionar el medio físico sobre el que se realizará la comunicación.

Para la configuración de la planta fotovoltaica cada inversor se identificará mediante una numeración de tipo binario que se le asignará a través de su teclado y display frontal.

Mediante el software de comunicación será posible la modificación de ciertos parámetros referentes al inversor. Se generarán informes con periodicidad diaria, semanal o mensual con información sobre la producción de energía, irradiación y alarmas que avisarán sobre incidencias en la instalación en el momento que ocurran y que el modem podrá enviar por SMS o GMS.

El inversor memorizará el valor promedio de los parámetros de monitorización cada quince minutos. Para poder almacenar y centralizar dichos datos en el PC, será necesario leerlos desde el inversor.

En cada centro de transformación, se instalarán 2 Estaciones básicas (NCU = Network Control Unit) (una por cada 120 TCU)

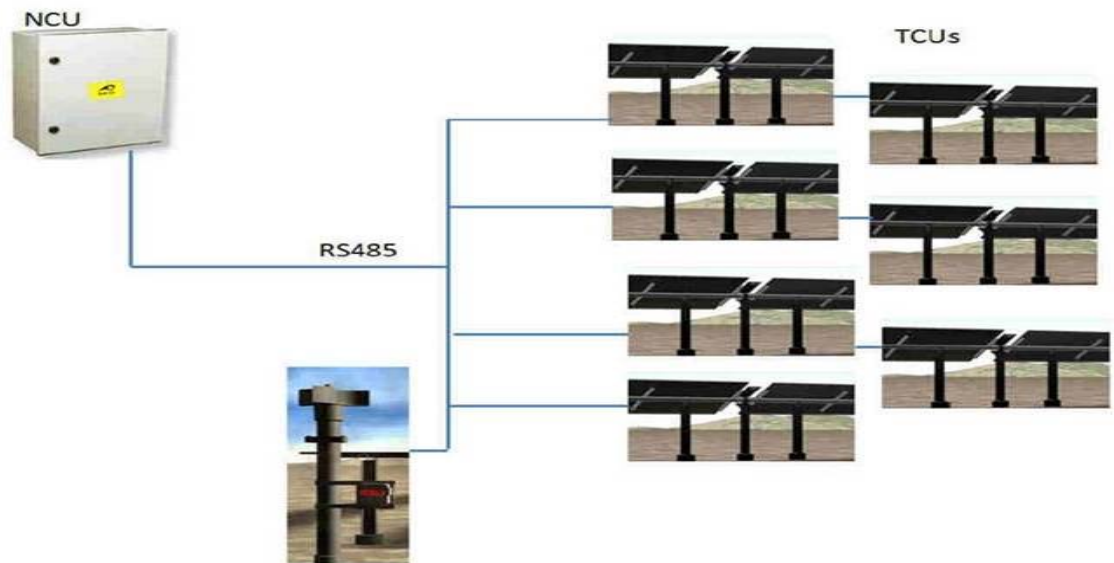


Imagen 19: Estación básica (NCU = Network Control Unit)

13.4 Estación meteorológica

Para realizar las medidas de las prestaciones reales de la instalación se instalarán 8 torres meteorológicas distribuidas en los centros de transformación, formada por los siguientes equipos:

- Célula solar calibrada para calcular la radiación solar real en W/m^2 situada junto a los módulos en su mismo plano.
- Anemómetro de cazoletas.
- Sensor para medir la temperatura ambiente en una zona de sombra próxima a los módulos.
- Sensor para medir la temperatura de los módulos.
- Se utilizará un mástil de 2 metros de altura, compuesto por secciones tubulares de acero galvanizado, en el que se colocarán los mecanismos de medición.

13.5 Seguridad

Para detectar la presencia de intrusos en el recinto se instalará un sistema perimetral constituido por cámaras de vigilancia con una longitud máxima de 150 m lineales.

El sistema de vigilancia consiste en varias cámaras de infrarrojos colocadas en lugares estratégicos sobre columnas de 3 m de altura.

La central de intrusión será el elemento encargado de gestionar las señales de alarma, provenientes de los sistemas de detección, estará centralizada en el edificio de control y vigilancia, en un Rack adaptado para ello.

En caso de intrusión, el sistema enviará una señal de aviso al centro integral de seguridad además de activar los proyectores sorpresivos y una alarma acústica en el propio recinto, como medida disuasoria para el intruso. El centro procederá a la verificación por los medios existentes, avisando en su caso a las fuerzas de seguridad, bomberos, etc., además del responsable de la instalación.

La alimentación general del sistema será por red de corriente alterna de 220 V_{AC} y 50 Hz.

14 PUESTA A TIERRA DEL GENERADOR FOTOVOLTAICO

Según el diseño de la puesta a tierra, se considera una línea general enterrada de cable de cobre desnudo de 35 mm².

El sistema de puesta a tierra de protección unirá las partes metálicas de los tracker, cajas de concentración, inversores, anillo del centro de transformación, anillo de la puesta a tierra del centro de vigilancia, control y seguridad.

Todas las partes metálicas accesibles de los tracker se encuentran conectadas entre sí, mediante puente con cable aislado 16 mm². Cada alineación de tracker se conecta a tierra con el cable desnudo enterrado que discurre por la zanja general de tierras, mediante cable aislado 35 mm², así como cada caja de concentración de string.

Cada caja de conexión dispondrá en su soporte de su tierra correspondiente, con un cable corrido de tierra, unido a éstas entre sí mediante una línea de enlace a base de conductor de cobre desnudo y de sección 35 mm². Este conductor de enlace discurrirá por la canalización de BT.

Todas las cajas de conexión se conectarán al punto de puesta a tierra del soporte, mediante conductor de cobre aislado, de color amarillo-verde y sección mínima 16 mm².

El vallado y el sistema de antiintrusismo se conectan juntos a tierra mediante cable desnudo y picas de 1,5 m de profundidad y 14 mm de diámetro.

15 DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS CON LOS ORGANISMOS AFECTADOS

15.1 Descripción Cruzamiento con Camino de La Fuente del Rey

Los conductores de BT y MT tienen que salvar la afección del camino de la fuente del Rey (camino de las huertas) mediante zanja entubada.

Los cruces se harán lo más perpendicular posible al eje del vial, mediante una zanja de 1,20 m de profundidad y 1,65 m de anchura como máximo para los conductores de BT y AT.

Conductores de Media Tensión: Se instalará un tubo por cada terna de polietileno corrugado de estructura celular y pared interior lisa, fabricados en Polietileno cuyas uniones se realizan mediante manguitos. El diámetro es de 200 mm para conductores de 150 mm² y de 200 mm para conductores de 240 mm².

Las canalizaciones se hormigonarán en toda su longitud. La profundidad hasta la parte superior del tubo más próximo a la superficie no será inferior a 0,8 metros.

Se instalará un tubo de polietileno liso de alta densidad de simple capa con un diámetro de 63 mm para la instalación de fibra óptica.

La línea será trifásica con cable unipolar subterráneo de alta tensión 30 kV con conductor de aluminio, donde las fases estarán dispuestas en triángulo.

Conductores de corriente continua: Se instalará un tubo por circuito de polietileno corrugado de estructura celular y pared interior lisa, fabricados en Polietileno cuyas uniones se realizan mediante manguitos. El diámetro es de 225 mm para conductores de 240 mm².

Las canalizaciones se hormigonarán en toda su longitud. La profundidad hasta la parte superior del tubo más próximo a la superficie no será inferior a 0,8 metros.

Se instalará un tubo de polietileno liso de alta densidad de simple capa con un diámetro de 63 mm para la instalación de fibra óptica.

La línea será corriente continua con conductor positivo y conductor negativo, con cable unipolar subterráneo de baja tensión 1kV aproximadamente, en función de la producción, con conductor de aluminio.

Para la vigilancia y conservación del cable se prevé la instalación de cuatro arquetas fabricadas en obra, al inicio y final del cruzamiento.

15.2 Descripción Cruzamiento con Afluente del Arroyo de los Hongos

Los conductores de BT y MT tienen que salvar la afección del afluente al arroyo de los Hongos mediante zanja entubada.

Para el diseño de la línea subterránea se utilizarán los criterios de la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir.

El cruce se hará lo más perpendicular posible al eje del cauce, mediante una zanja por debajo de la cota inferior del cauce. En el cruce, el cauce se acondicionará colocando una escollera en la solera del lecho natural con un grosor mínimo de 50 cm., en ambos lados del cauce se

montará una escollera de protección para la base del talud y otra escollera para protección de los tubos de una anchura mínima de 2 m. El talud tendrá una inclinación de 45°, donde se instalará malla geotextil para su protección.

La línea de media tensión irá bajo un tubo, de polietileno corrugado de estructura celular y pared interior lisa, cuyas uniones se realizan mediante manguitos. El diámetro es de 200 mm para conductores de 150 mm².

Las canalizaciones se hormigonarán en toda su longitud mediante hormigón en masa H-100. La profundidad hasta la parte superior del tubo más próximo a la superficie no será inferior a 1,5 metros. A 30 cm por debajo de la escollera en solera, se colocará una cinta de señalización que advierta la existencia del cable eléctrico. Se cubrirá con tierra seleccionada de la excavación hasta el dado de hormigón y será compactada mecánicamente por tongalas de 15 cm. 95% proctor modificado.

Se instalarán tubos de polietileno liso de alta densidad de simple capa con un diámetro de 63 mm para la instalación de fibra óptica y de señal.

Se instalarán tubos de polietileno corrugado de estructura celular y pared interior lisa con un diámetro de 110 mm, para la instalación de los conductores de 240 mm² de corriente continua y para los conductores de alimentación de las cámaras de 16mm².

En la parte inferior de la zanja se instalará un cable desnudo de cobre de la red principal de tierras.

Para la vigilancia y conservación del cable se prevé la instalación de cuatro arquetas fabricadas en obra, dos al inicio y dos al final del cruzamiento, para BT y AT.

Las arquetas se instalarán fuera de la zona de servidumbre de 5 m a cada lado del cauce y de las riberas.

15.3 Descripción Afección con Línea de 20 KV

Para no afectar con la servidumbre de la línea de 20 kV perteneciente a Confederación hidrográfica del Guadalquivir, se ha tomado una distancia de 15 metros de referencia, estando el punto del vallado, de la planta fotovoltaica, más cercano a la línea de 20 kV se encuentra a una distancia de **18 m**.

Las de media tensión y de baja tensión pasarán próximas a la línea de 20 kV debido al paralelismo al camino de Chillón sin afectar a la cimentación de los apoyos de dicha línea.

15.4 Descripción Afección con Carretera N-323

La carretera N-323, con la que se produce la afección, tiene una anchura total de 9,45 metros, más una zona de afección a cada lado de 25 metros.

La distancia entre el punto más próximo de la Planta Fotovoltaica y la carretera N-323, pertenece al vallado siendo de 26 m, por lo que cumple la distancia mínima de seguridad.

16 CONCLUSIÓN

Con el presente diseño, se entiende haber descrito adecuadamente las diferentes actuaciones a realizar y haber aplicado la reglamentación correctamente y así poder llevar a cabo las obras de ejecución de la Planta Fotovoltaica “ZITRO I”, sin perjuicio de cualquier otra ampliación o aclaración que las autoridades competentes consideren oportunas.

II. ANEXOS

II.1 ESTUDIO ECONÓMICO

ÍNDICE

1	OBJETO	4
2	DATOS DEL PROYECTO	4
3	COSTES DEL PROYECTO	4
3.1	COSTES DE EJECUCIÓN DEL PROYECTO	4
3.2	COSTES DURANTE LA EXPLOTACIÓN	5
4	ESTUDIO ECONÓMICO	6
4.1	ESTUDIO COSTE DE FINANCIACIÓN	6
4.2	RESULTADOS ESTUDIO ECONÓMICO	7

1 OBJETO

El objeto del presente documento es mostrar el resultado del estudio económico-financiero llevado a cabo para determinar la viabilidad económica del proyecto.

A continuación se muestran los datos principales del proyecto, los costes estimados de construcción, operación y mantenimiento, así como el resultado del estudio económico.

2 DATOS DEL PROYECTO

Proyecto	PFV ZITRO I
Ubicación	Jaén (Jaén)
Potencia Pico	49,85 MWp
Potencia Nominal	43 MWn
Superficie	69,72 ha
Tipo	Tracker
Panel	345 W
Producción específica	1.805 kWh/kWp/año
Producción anual	89.979 MWh/año

Tabla 1. Datos del proyecto.

3 COSTES DEL PROYECTO

3.1 COSTES DE EJECUCIÓN DEL PROYECTO

COSTES DEL PROYECTO		
Compra terrenos	- €	0,00 €/Wp
Construcción Planta	23.928.000 €	0,48 €/Wp
Evacuación	- €	0,00 €/Wp
Impuestos (ICIO, L.O., etc.)	4.486.500 €	0,09 €/Wp
Coste de conexión	- €	0,00 €/Wp
Coste resarcimiento	- €	0,00 €/Wp
Total	28.414.500 €	0,57 €/Wp

Tabla 2. Costes iniciales.

En el estudio se ha fijado una amortización contable del proyecto de 11 años.

3.2 COSTES DURANTE LA EXPLOTACIÓN

COSTES ANUAL DE O&M	
Mantenimiento	40.000 €
Seguros	52.300 €
Vigilancia	40.491 €
Autoconsumo Energía	40.491 €
Integración paisajística	30.000 €
Peajes de Conexión	44.990 €
Administración	20.245 €
IAE	- €
IBICE	104.636 €
Impuesto producción (IVPEE)	283.435 €
Arrendamiento de terrenos	77.000 €

Tabla 3. Costes de O&M.

Para los costes indicados en la anterior tabla, a excepción de los relativos a impuestos, se ha considerado en el estudio financiero una actualización anual de los mismos a razón del IPC.

4 ESTUDIO ECONÓMICO

A continuación, se indican los parámetros fijados para llevar a cabo el estudio financiero.

PARÁMETROS ESTUDIO ECONÓMICO	
Precio de venta de energía	0,045 €/kWh
Incremento IPC anual	1,00%

Tabla 4. Parámetros del estudio económico.

El precio de venta de la energía ha sido fijado en base a la media del pool anual de los últimos 10 años. A continuación, se indica el precio medio anual del pool español.

AÑO	PRECIO MEDIO ANUAL
2.009	36,96 €/MWh
2.010	37,01 €/MWh
2.011	49,93 €/MWh
2.012	47,23 €/MWh
2.013	44,26 €/MWh
2.014	42,13 €/MWh
2.015	50,32 €/MWh
2.016	39,67 €/MWh
2.017	52,24 €/MWh
2.018	57,29 €/MWh
2.019	47,68 €/MWh

Tabla 5. Precio medio anual del pool español.

El precio medio de los 10 años es de 45,88 €/MWh.

4.1 ESTUDIO COSTE DE FINANCIACIÓN

Se han llevado a cabo dos simulaciones, la primera sin apalancamiento financiero y la segunda con una financiación del 80% del coste de ejecución del proyecto con los siguientes parámetros de financiación:

FINANCIACIÓN	
Financiación del proyecto	80%
Duración	11 años
Interés	2,5%

Tabla 5. Parámetros de la financiación.

4.2 RESULTADOS ESTUDIO ECONÓMICO

		TIR 9,74%		TIR 16,66%	
		SIN APALANCAMIENTO		CON APALANCAMIENTO	
AÑO	MARGEN DE EXPLOTACIÓN	CASH FLOW	SALDO ACUMULADO	CASH FLOW	SALDO ACUMULADO
0	-	-34.381.545,0 €	-34.381.545,0 €	-11.649.945,0 €	-11.649.945,0 €
1	3.315.479,24 €	9.282.524,24 €	-25.099.020,7 €	6.852.284,48 €	- 4.797.660,52 €
2	3.323.285,20 €	3.162.858,57 €	-22.933.162,1 €	823.125,35 €	- 4.230.123,59 €
3	3.331.105,03 €	3.168.726,91 €	-19.764.435,2 €	816.915,53 €	- 3.413.208,06 €
4	3.338.938,51 €	3.174.605,44 €	-16.589.829,8 €	810.414,09 €	- 2.602.793,97 €
5	3.346.785,41 €	3.180.493,97 €	-13.409.335,8 €	803.613,30 €	- 1.799.180,67 €
6	3.354.645,49 €	3.186.392,32 €	-10.222.943,5 €	796.505,24 €	- 1.002.675,43 €
7	3.362.518,51 €	3.192.300,32 €	- 7.030.643,23 €	789.081,81 €	- 213.593,61 €
8	3.370.404,22 €	3.198.217,78 €	- 3.832.425,45 €	781.334,70 €	567.741,08 €
9	3.378.302,38 €	3.204.144,51 €	- 628.280,94 €	773.255,38 €	1.340.996,47 €
10	3.386.212,73 €	3.210.080,31 €	2.581.799,37 €	764.835,13 €	2.105.831,60 €
11	3.422.208,10 €	3.244.098,10 €	5.825.897,47 €	777.119,83 €	2.882.951,43 €
12	3.432.694,15 €	3.245.585,30 €	9.071.482,77 €	2.574.520,61 €	5.457.472,04 €
13	3.443.191,59 €	2.585.018,05 €	11.656.500,82 €	2.582.393,69 €	8.039.865,73 €
14	3.453.700,16 €	2.592.902,26 €	14.249.403,09 €	2.590.275,12 €	10.630.140,85 €
15	3.464.219,58 €	2.600.794,54 €	16.850.197,63 €	2.598.164,69 €	13.228.305,54 €
16	3.474.749,57 €	2.608.694,68 €	19.458.892,31 €	2.606.062,18 €	15.834.367,72 €
17	3.485.289,84 €	2.616.602,45 €	22.075.494,76 €	2.613.967,38 €	18.448.335,10 €
18	3.495.840,10 €	2.624.517,64 €	24.700.012,40 €	2.621.880,07 €	21.070.215,18 €
19	3.506.400,05 €	2.632.440,02 €	27.332.452,42 €	2.629.800,04 €	23.700.015,21 €
20	3.516.969,38 €	2.640.369,37 €	29.972.821,79 €	2.637.727,04 €	26.337.742,25 €
21	3.527.547,80 €	2.648.305,46 €	32.621.127,25 €	2.645.660,85 €	28.983.403,10 €
22	3.538.134,99 €	2.656.248,04 €	35.277.375,29 €	2.653.601,24 €	31.637.004,34 €
23	3.548.730,63 €	2.664.196,88 €	37.941.572,17 €	2.661.547,97 €	34.298.552,31 €
24	3.559.334,39 €	2.672.151,73 €	40.613.723,90 €	2.669.500,79 €	36.968.053,11 €
25	3.569.945,95 €	2.680.112,36 €	43.293.836,26 €	2.677.459,46 €	39.645.512,57 €
26	3.580.564,98 €	2.688.078,49 €	45.981.914,75 €	2.685.423,73 €	42.330.936,31 €
27	3.591.191,13 €	2.696.049,88 €	48.677.964,63 €	2.693.393,35 €	45.024.329,65 €
28	3.601.824,06 €	2.704.026,28 €	51.381.990,91 €	2.701.368,04 €	47.725.697,70 €
29	3.612.463,41 €	2.712.007,40 €	54.093.998,31 €	2.709.347,56 €	50.435.045,26 €
30	3.623.108,84 €	2.719.992,99 €	56.813.991,29 €	2.717.331,63 €	53.152.376,88 €
31	3.633.759,97 €	2.727.982,76 €	59.541.974,05 €	2.725.319,98 €	55.877.696,86 €
32	3.644.416,44 €	2.735.976,45 €	62.277.950,50 €	2.733.312,33 €	58.611.009,19 €
33	3.655.077,87 €	2.743.973,76 €	65.021.924,26 €	2.741.308,40 €	61.352.317,60 €
34	3.665.743,89 €	2.751.974,42 €	67.773.898,68 €	2.749.307,91 €	64.101.625,51 €
35	3.676.414,09 €	2.759.978,12 €	70.533.876,80 €	2.757.310,57 €	66.858.936,08 €

Tabla 6. Resultado análisis de flujo.

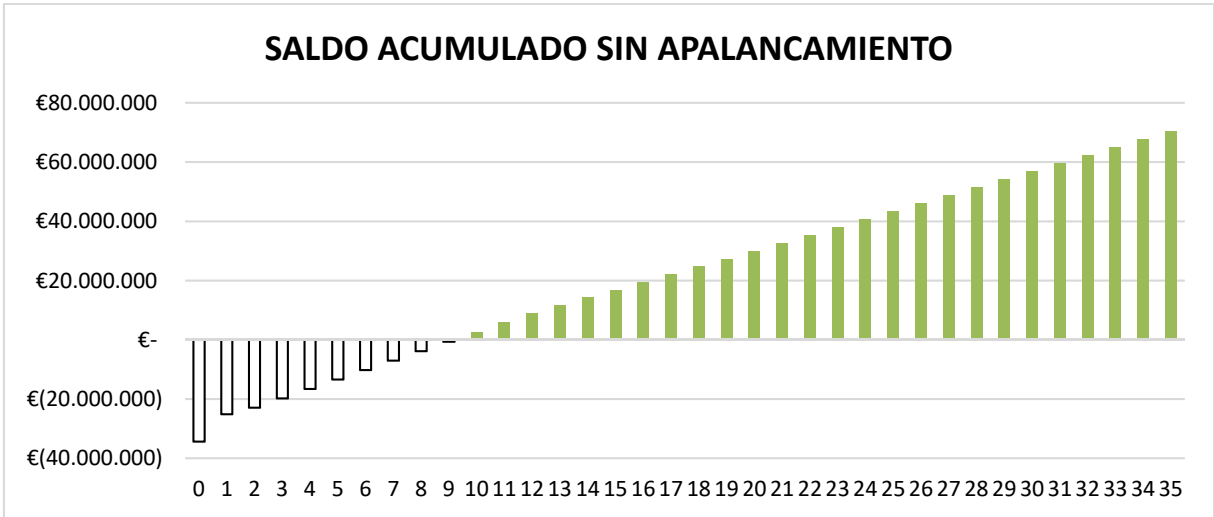


Figura 1. Saldo acumulado sin apalancamiento financiero.

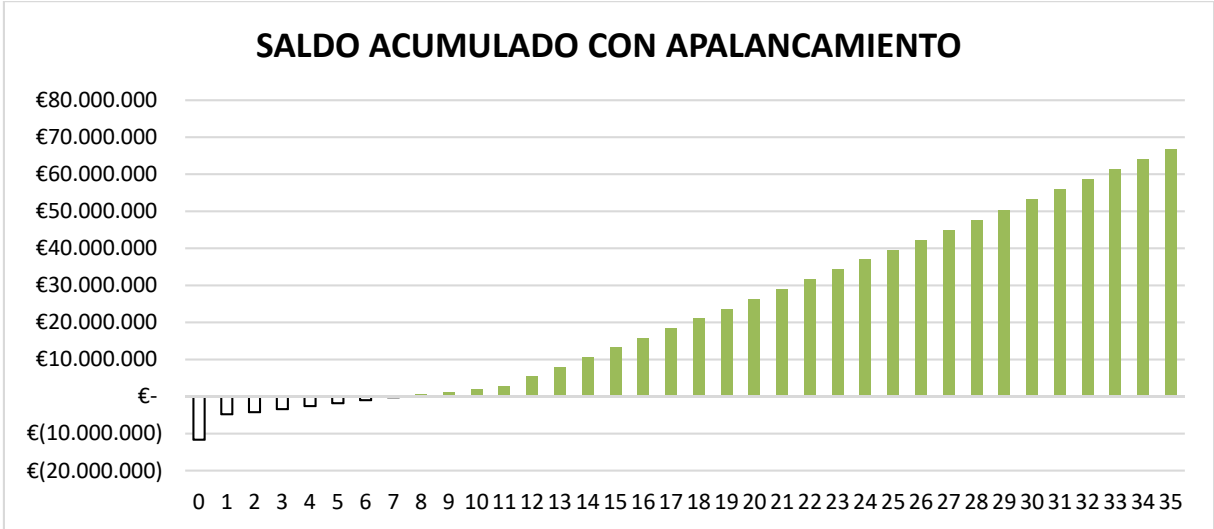


Figura 2. Saldo acumulado financiando el 80% del proyecto.

Por tanto como se puede observar en la tabla y en los gráficos se tiene el siguiente resultado:

RESUMEN		
Sin apalancamiento	9,74% de TIR	Amortización en el año 10
Con apalancamiento	16,66% de TIR	Amortización en el año 8

Tabla 7. Resultado del estudio.

II.2 CÁLCULOS GENERADOR FOTOVOLTAICO

ÍNDICE

II.2 CÁLCULOS GENERADOR FOTOVOLTAICO.....	1
1. EMPLAZAMIENTO	3
2. VALORES DE RADIACIÓN Y TEMPERATURA	3
3. PARÁMETROS DE SIMULACIÓN	4
4. ENERGÍA PRODUCIDA	5
5. INVERSOR	7
6. CÁLCULO DE CABLEADO DE BAJA TENSIÓN (CC Y CA)	7
6.1. FÓRMULAS.....	7
6.2. DESCRIPCIÓN DE LOS CÁLCULOS Y DEL TIPO DE CABLEADO.....	10
6.3. CONDUCTOR DESDE MÓDULOS FOTOVOLTAICOS HASTA INVERSOR	10
6.3.1. Cálculos y criterios a través de la corriente de cortocircuito hasta la caja de concentración.....	11
6.3.2. Cálculos y criterios a través de la corriente de cortocircuito desde la caja de concentración al inversor.	12
6.4. CONDUCTOR DESDE INVERSOR A CUADRO DE BAJA TENSIÓN DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN	13
6.4.1. CÁLCULOS Y CRITERIOS A TRAVÉS DE LA CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO DESDE EL INVERSOR AL CUADRO DE BAJA TENSIÓN.....	14
6.5. CONDUCTOR DESDE CUADRO DE BAJA TENSIÓN A TRANSFORMADOR	17
6.6. CIRCUITOS DE CORRIENTE CONTINUA	20

1. EMPLAZAMIENTO

Lugar geográfico:	Jaén
Latitud:	37,833552° Norte
Longitud:	-3,782849° Este
Hora legal Zona horaria:	GMT+01
Altitud:	65 - 100 m
Albedo:	0,20

2. VALORES DE RADIACIÓN Y TEMPERATURA

A fin de determinar la producción de cada instalación de la huerta solar, se han utilizado los siguientes datos de irradiación y temperatura:

	Irradiación global horizontal kWh/m ² .mes	Irradiación difusa horizontal kWh/m ² .mes	Temperatura °C	Velocidad del Viento m/s	Linke Turbidity [-]	Relative Humidity %
Enero	84.1	27.0	9.6	2.10	2.985	76.3
Febrero	95.5	34.6	11.7	2.20	3.221	71.6
Marzo	144.3	53.9	14.9	2.50	3.510	65.9
Abril	183.4	62.2	16.8	2.80	3.707	63.9
Mayo	217.4	72.8	21.5	2.59	4.099	54.7
Junio	240.4	62.3	26.6	2.60	4.286	46.8
Julio	255.5	46.7	29.5	2.61	4.565	39.9
Agosto	224.5	48.7	29.3	2.60	4.378	41.5
Septiembre	164.2	49.7	24.7	2.30	3.946	53.0
Octubre	122.8	44.8	20.0	2.19	3.510	64.2
Noviembre	92.3	27.0	13.5	2.00	3.065	70.6
Diciembre	75.1	23.2	10.5	2.20	3.065	76.4
Año	1899.4	552.8	19.1	2.4	3.695	60.4

Irradiación global horizontal variabilidad de un año al otro **4.1%**

Datos Requeridos

Irradiación global horizontal

Temp. Exterior Media

Datos adicionales

Irradiación difusa horizontal

Velocidad del viento

Linke Turbidity

Relative Humidity

Unidades de insolación

kWh/m².día

kWh/m².mes

MJ/m².día

MJ/m².mes

W/m²

Índice de claridad Kt

3. PARÁMETROS DE SIMULACIÓN

Parámetros de la simulación

Plano de seguimiento, eje inclinado	Inclinación eje	0°	Acimut eje	0°
Limitaciones de rotación	? Mínimo	-55°	? Máximo	55°
Técnica del Retorno	Espaciamiento seguidor solar	8.00 m	Ancho receptor	4.00 m
Banda inactiva	Izquierda	0.00 m	Derecha	0.00 m

Perfil obstáculos Sin perfil de obstáculos

Sombras cercanas Sin sombreado

Características generador FV

Módulo FV	Si-poly	Modelo	CHSM6612P/HV-345	
		Fabricante	Astronergy	
Número de módulos FV		En serie	28 módulos	En paralelo 5160 cadenas
Nº total de módulos FV		Nº módulos	144480	Pnom unitaria 345 Wp
Potencia global generador		Nominal (STC)	49846 kWp	En cond. funciona. 45034 kWp (50°C)
Caract. funcionamiento del generador (50°C)		V mpp	968 V	I mpp 46507 A
Superficie total		Superficie módulos	279491 m²	Superficie célula 253094 m²

Inversor

		Modelo	Blue Planet 125 TL3	
		Fabricante	KACO new energy	
Características		Tensión Funciona.	875-1450 V	Pnom unitaria 125 kW AC
Banco de inversores		Nº de inversores	344 unidades	Potencia total 43000 kW AC

Factores de pérdida Generador FV

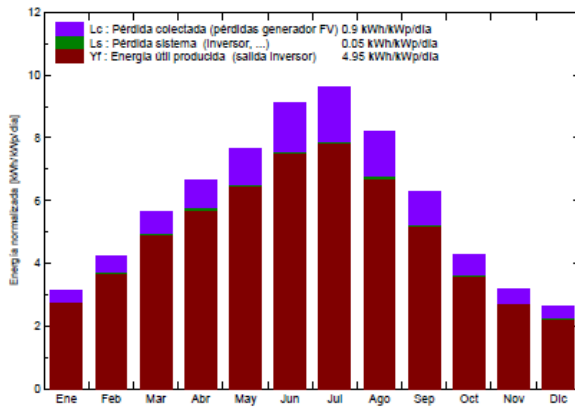
Factor de pérdidas térmicas	Uc (const)	27.7 W/m²K	Uv (viento)	0.0 W/m²K / m/s
=> Temp. Opera. Nom. Cél. (G=800 W/m², Tamb=20° C, Viento=1m/s)			TONC	46 °C
Pérdida Óhmica en el Cableado	Res. global generador	0.35 mOhm	Fracción de Pérdidas	1.5 % en STC
Pérdida Calidad Módulo			Fracción de Pérdidas	1.5 %
Pérdidas Mismatch Módulos			Fracción de Pérdidas	2.0 % en MPP
Efecto de incidencia, parametrización ASHRAE	IAM =	1 - bo (1/cos i - 1)	Parámetro bo	0.05

Necesidades de los usuarios : Carga ilimitada (red)

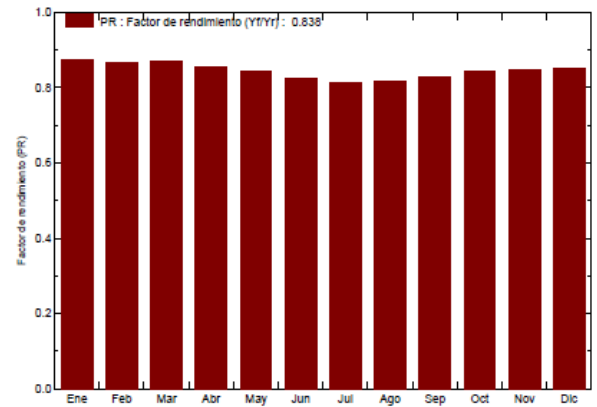
4. ENERGÍA PRODUCIDA

Energía producida: 89.993 MWh/año
 Específico: 1.805 kWh/kWp/año
 Índice de rendimiento PR: 83.8 %

Producciones normalizadas (por kWp instalado): Potencia nominal 49846 kWp



Factor de rendimiento (PR)



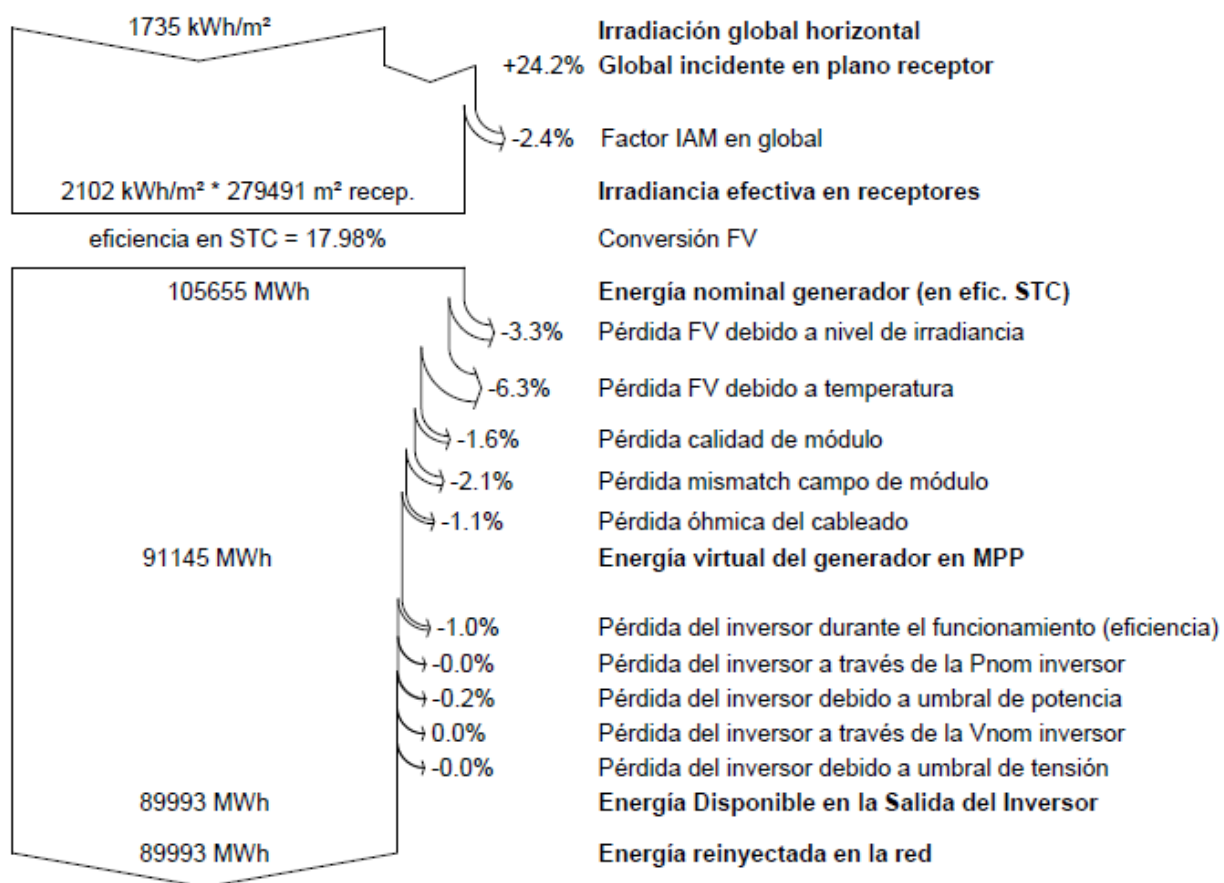
BALANCES Y RESULTADOS FINALES

	GlobHor kWh/m ²	T Amb °C	GlobInc kWh/m ²	GlobEff kWh/m ²	EArray MWh	E_Grid MWh	EffArrR %	EffSysR %
Enero	77.5	6.40	97.8	93.7	4304	4258	15.75	15.58
Febrero	94.6	8.10	118.9	114.6	5182	5126	15.60	15.43
Marzo	141.7	11.40	175.3	170.8	7672	7593	15.66	15.50
Abril	163.5	14.20	200.1	195.7	8630	8544	15.44	15.28
Mayo	195.9	18.40	237.4	232.7	10074	9971	15.18	15.03
Junio	219.9	23.80	273.2	268.6	11320	11213	14.83	14.68
Julio	235.9	26.70	298.8	294.1	12208	12092	14.62	14.48
Agosto	203.1	26.10	254.9	250.4	10462	10363	14.69	14.55
Septiembre	152.1	21.90	188.4	184.0	7848	7771	14.90	14.75
Octubre	109.1	16.70	132.2	128.0	5617	5557	15.20	15.04
Noviembre	76.2	11.30	95.9	92.0	4095	4043	15.28	15.08
Diciembre	65.1	7.80	81.4	77.6	3504	3461	15.40	15.21
Año	1734.6	16.11	2154.3	2102.0	90916	89993	15.10	14.95

Leyendas: GlobHor Irradiación global horizontal EArray Energía efectiva en la salida del generador
 T Amb Temperatura Ambiente E_Grid Energía reinyectada en la red
 GlobInc Global incidente en plano receptor EffArrR Eficiencia Esal campo/superficie bruta
 GlobEff Global efectivo, corr. para IAM y sombreados EffSysR Eficiencia Esal sistema/superficie bruta

DIAGRAMA DE PÉRDIDAS

Diagrama de pérdida durante todo el año



5. INVERSOR

Comprobamos que el número de módulos en serie del string para el modelo de placa y el inversor seleccionado cumple con los requisitos de tensión máxima de entrada y tensión mínima de funcionamiento.

String = 28 módulos.

Voc (-5°C) = 1.429 V < 1.450 V (Vmax entrada Inversor)

Vmpp (60°C) = 923 V > 875 V (Vmin entrada Inversor)

Vmpp (20°C) = 1.106 V < 1.300 V (Vmpp_max entrada Inversor)

Las sumas de las intensidades resultantes de cada rama de módulos tienen que cumplir los valores técnicos del inversor. Por cada entrada MPPT para el equipo de 125 kW, se tiene:

Impp_string = 15 string x 9,01 = 135,15 A < 160 A (Imax entrada Inversor)

Isc_string = 15 string x 9,48 = 142,2 A < 300 A (Isc_max entrada Inversor)

6. CÁLCULO DE CABLEADO DE BAJA TENSIÓN (CC Y CA)

6.1. FÓRMULAS

Fórmulas Generales

Emplearemos las siguientes:

Sistema **Trifásico**:

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

$$e = 1,732 \times I[(L \times \text{Cos } \varphi / k \times S \times n) + (Xu \times L \times \text{Sen } \varphi / 1000 \times n)] = \text{voltios (V)}$$

Sistema **Monofásico**:

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

$$e = 2 \times I[(L \times \text{Cos } \varphi / k \times S \times n) + (Xu \times L \times \text{Sen } \varphi / 1000 \times n)] = \text{voltios (V)}$$

En donde:

Pc = Potencia de Cálculo en Watios.

L = Longitud de Cálculo en metros.

e = Caída de tensión en Voltios.

K = Conductividad.

I = Intensidad en Amperios.

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

S = Sección del conductor en mm².

Cos φ = Coseno de φ . Factor de potencia.

n = N^o de conductores por fase.

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

Fórmula Conductividad Eléctrica ρ

$$K = 1/\rho$$

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

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

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.

$$C_u = 0.018$$

$$A_l = 0.029$$

α = Coeficiente de temperatura:

$$C_u = 0.00392$$

$$A_l = 0.00403$$

T = Temperatura del conductor (°C).

T₀ = Temperatura ambiente (°C):

Cables enterrados = 25°C

Cables al aire = 40°C

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

XLPE, EPR = 90°C

PVC = 70°C

I = Intensidad prevista por el conductor (A).

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

Fórmulas Sobrecargas

$$I_b \leq I_n \leq I_z$$

$$I_2 \leq 1,45 I_z$$

Donde:

I_b: intensidad utilizada en el circuito.

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

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

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

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

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

Fórmulas Cortocircuito

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

Siendo,

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

C_t: Coeficiente de tensión.

U: Tensión trifásica en V.

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

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

Siendo,

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

C_t: Coeficiente de tensión.

U_F: Tensión monofásica en V.

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

* La impedancia total hasta el punto de cortocircuito será:

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

Siendo,

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

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

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

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

R: Resistencia de la línea en mohm.

X: Reactancia de la línea en mohm.

L: Longitud de la línea en m.

CR: Coeficiente de resistividad, extraído de condiciones generales de c.c.

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.

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

Siendo,

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

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

S: Sección de la línea en mm².

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

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

Siendo,

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

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

$$* L_{max} = 0,8 \text{ UF} / 2 \cdot IF5 \cdot \sqrt{(1,5 / K \cdot S \cdot n)^2 + (X_u / n \cdot 1000)^2}$$

Siendo,

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

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

C_t= 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 sg.

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

CURVA B

IMAG = 5 I_n

CURVA C

IMAG = 10 I_n

CURVA D Y MA

IMAG = 20 I_n

6.2. DESCRIPCIÓN DE LOS CÁLCULOS Y DEL TIPO DE CABLEADO

Como se ha descrito en la memoria del presente proyecto, esta central está compuesta por 344 inversores, a cada inversor llega una línea procedente de una caja de concentración de strings de cableado de corriente continua. A esta le llegan 15 string procedentes de 7,5 mesas diferentes.

Cada string lo forman 28 módulos fotovoltaicos conectados en serie.

En el anexo se muestran una serie de tablas pertenecientes a cada una de las líneas de baja tensión de toda la planta. En ella se indican los cálculos de potencia, tensión, intensidad, sección, longitudes, caída de tensión y tipo de instalación.

6.3. CONDUCTOR DESDE MÓDULOS FOTOVOLTAICOS HASTA INVERSOR

Las características que se han tenido en cuenta para estos cálculos son las siguientes:

- ✚ Tensión(V): Monofásica de corriente continua de 968 V (50 °) correspondiente a un string, teniendo en cuenta el efecto de la temperatura sobre la variación de tensión de los paneles fotovoltaicos.
- ✚ C.d.t. máx.(%): 1,5 para el tramo de corriente continua.
- ✚ Cos φ : 1
- ✚ Coef. Simultaneidad: 1
- ✚ Temperatura cálculo conductividad eléctrica (°C):
 - XLPE, EPR (termoestables): 90
 - PVC (termoplásticos): 70

En las siguientes tablas, se indican las protecciones planteadas para cada una de las distintas líneas que vienen definidas en la línea:

Tramo	Tensión (V)	P demandada (W)	FP	I cálculo (A)	In (A)	I. Adm.. (A)/Fc	Tensión aislamiento (kV)	TIPO	Tipo de instalación
String a caja de concentración	968	9.660	1,0	9,98	15 (fusible)	70/1	1,8kV	Cu-H1Z2Z2-K 2x6mm ²	Al aire
String a caja de concentración	968	9.660	1,0	9,98	15 (fusible)	70/1	1,8kV	Cu-H1Z2Z2-K 2x6mm ²	Direct. Enterrado
caja de concentración a inversor	968	144.900	1,0	149,69	160 (Interruptor-seccionador)	492/0,62	1,8kV	Al-RV-K 2x240 mm ²	Direct. Enterrado

Siendo 'In' la del elemento de protección

Para asegurar una correcta protección deben cumplirse las siguientes condiciones:

$$I_{\text{cálculo}} \leq I_n \leq 0,91 \cdot I_z \text{ (para fusibles a partir de 16 A)}$$

$$I_{\text{cálculo}} \leq I_n \leq I_z \text{ (para Interruptor-seccionador)}$$

Para nuestro caso tenemos:

$$9,81 \leq 16 \leq 63,7 \text{ (fusible)}$$

$$147,71 \leq 160 \leq 305,04 \text{ (Interruptor-seccionador)}$$

Se puede observar cómo se cumplen todas las condiciones.

En cuanto a la caída de tensión, la planta fotovoltaica presenta un promedio total de 1,24 % para todo el sistema de baja tensión, siendo la máxima de 2,90 % en el inversor 6.43, cumpliendo así con las especificaciones indicadas en el RBT.

6.3.1. Cálculos y criterios a través de la corriente de cortocircuito hasta la caja de concentración.

Para el cálculo de las corrientes de cortocircuito, en este también se usa la siguiente expresión:

$$I_{\text{cc}}^2 \cdot t = K^2 \cdot S^2$$

Donde:

I_{cc} : corriente de cortocircuito [A], en este caso la corriente de cortocircuito en los tramos de interconexión entre paneles, es un dato facilitado por el fabricante: $I_{\text{cc}} = 9,48 \text{ A}$.

k : constante que depende de la naturaleza del conductor (Cu o Al) y del tipo de aislamiento (termoplástico [PVC o poliolefinas Z1] o termoestable [XLPE o EPR]), en este caso el aislamiento es un termoestable y el valor de: $k = 143$.

S : sección del conductor en mm^2 . En este caso es 6 mm^2 .

t : la duración del cortocircuito en segundos (máximo 0,5 segundos).

El cable seleccionado es H1Z2Z2-K de cobre de 6 mm^2 .

Aplicando valores a la fórmula se obtienen los valores de la intensidad de cortocircuito admisible (A) para conductores de Cu con aislamiento termoestable, máx. 250 °C en cortocircuito:

Valor de intensidad máxima admisible del cortocircuito											
Sección (mm^2)	Duración del cortocircuito en segundos										
	0,1	0,2	0,3	0,5	1	1,5	2,00	2,50	3,00	4,00	5,00
6,00	2.713	1.919	1.566	1.213	858	701	607	543	495	429	384

Para saber si la sección del conductor determinada con los criterios de caída de tensión y de máxima intensidad admisible es adecuada, se comparan los valores admisibles de corriente de cortocircuito para esa sección con el valor de I_{cc} que se produce en este punto de la instalación. $I_{\text{cc}} = 9,48 \text{ A}$.

Para un tiempo de cortocircuito $t = 0,5 \text{ s}$, la intensidad de cortocircuito que puede soportar este conductor elegido (H1Z2Z2-K) es de 1.213 A, que es muy superior a la intensidad $I_{\text{cc}} = 9,84 \text{ A}$.

Por otro lado para la comprobar la correcta elección del fusible de protección, deben cumplirse las siguientes condiciones:

$P_{dc} \geq I_{cc}$: El poder de corte debe ser de mayor o igual a 9,84 A.

$I_{cc} \geq I_{a5}$: La intensidad de funcionamiento del fusible en para abrir el circuito en 0,5 segundos debe ser mayor que la I_{cc} .

6.3.2. Cálculos y criterios a través de la corriente de cortocircuito desde la caja de concentración al inversor.

Para el cálculo de las corrientes de cortocircuito en esta zona de la planta, vamos a considerar las características siguientes:

- ✚ Intensidad $I_{cc} = 9,84 \text{ A} * 15 \text{ String} = 147,6 \text{ A}$.
- ✚ Sección del conductor de 2 mm^2 en aluminio tipo RV-K.
- ✚ $K = 87$, por ser de aluminio.

Aplicando valores a la fórmula anterior, se obtienen los valores de la intensidad de cortocircuito admisible (A) para conductores de aluminio con aislamiento termoestable, máx 250 °C en cortocircuito:

Valor de intensidad máxima admisible del cortocircuito											
Sección (mm ²)	Duración del cortocircuito en segundos										
	0,1	0,2	0,3	0,5	1	1,5	2,00	2,50	3,00	4,00	5,00
240,00	66028	46689	38121	29529	20880	17048	14764	13206	12055	10440	9338

Para saber si la sección del conductor determinada con los criterios de caída de tensión y de máxima intensidad admisible es adecuada, se comparan los valores admisibles de corriente de cortocircuito para esa sección con el valor de I_{cc} que se produce en este punto de la instalación. $I_{cc} = 147,6 \text{ A}$.

Para un tiempo de cortocircuito $t = 0,5 \text{ s}$, la intensidad de cortocircuito que puede soportar este conductor elegido (RV-K) es de 29.529 A, que es muy superior a la intensidad $I_{cc} = 147,6 \text{ A}$.

Por otro lado, para la comprobar la correcta elección del interruptor magnetotérmico de protección, deben cumplirse las siguientes condiciones:

$P_{dc} \geq I_{cc}$: El poder de corte debe ser de mayor o igual a 147,6 A.

$I_{cc} \geq I_{a5}$: La intensidad de corte del magnetotérmico para abrir el circuito en 0,5 segundos debe ser mayor que la I_{cc} .

6.4. CONDUCTOR DESDE INVERSOR A CUADRO DE BAJA TENSIÓN DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

Ejemplo de un centro de transformación tipo:

Las características que se han tenido en cuenta para estos cálculos son las siguientes:

- ✚ Tensión(V): 600 en corriente alterna trifásica.
- ✚ C.d.t. máx.(%): 1,5 para el tramo de corriente alterna.
- ✚ Cos φ : 1
- ✚ Coef. Simultaneidad: 1
- ✚ Temperatura cálculo conductividad eléctrica (°C):
 - XLPE, EPR (termoestables): 90
 - PVC (termoplásticos): 70

En las siguientes tablas, se indican las protecciones planteadas para cada una de las distintas líneas que vienen definidas en la línea:

Resultados obtenidos para las distintas ramas y nudos:

Línea	Nudo Orig.	Nudo Dest.	Long. (m)	Metal/ Xu(m ² /m)	Canal./Aislam/Polar.	I.Cálculo (A)	In (A) (fusible)	Sección (mm ²)	I. Admisi. (A)/Fc
1	Inversor	C. BT	10	Al	Direct. Enterrado/ RV-Al 3 Unp.	120,3	200A	(3x185)	413/0,57
2	Inversor	C. BT	12	Al	Direct. enterrado RV-Al 3 Unp	120,3	200A	(3x185)	413/0,57
3	Inversor	C. BT	14	Al	Direct. enterrado RV-Al 3 Unp	120,3	200A	(3x185)	413/0,57
4	Inversor	C. BT	16	Al	Direct. enterrado RV-Al 3 Unp	120,3	200A	(3x185)	413/0,57
5	Inversor	C. BT	18	Al	Direct. enterrado RV-Al 3 Unp	120,3	200A	(3x185)	413/0,57
6	Inversor	C. BT	20	Al	Direct. enterrado RV-Al 3 Unp	120,3	200A	(3x185)	413/0,57
7	Inversor	C. BT	22	Al	Direct. enterrado RV-Al 3 Unp	120,3	200A	(3x185)	413/0,57
8	Inversor	C. BT	24	Al	Direct. enterrado RV-Al 3 Unp	120,3	200A	(3x185)	413/0,57
9	Inversor	C. BT	26	Al	Direct. enterrado RV-Al 3 Unp	120,3	200A	(3x185)	413/0,57
10	Inversor	C. BT	28	Al	Direct. enterrado RV-Al 3 Unp	120,3	200A	(3x185)	413/0,57
11	Inversor	C. BT	30	Al	Direct. enterrado RV-Al 3 Unp	120,3	200A	(3x185)	413/0,57
12	Inversor	C. BT	32	Al	Direct. enterrado RV-Al 3 Unp	120,3	200A	(3x185)	413/0,57

Para asegurar una correcta protección deben cumplirse las siguientes condiciones:

$$I_{\text{calculado}} \leq I_n \leq 0,91 * I_z \text{ (para fusibles a partir de 16 A)}$$

$$I_{\text{calculado}} \leq I_n \leq * I_z \text{ (para magnetotérmicos)}$$

Para nuestro caso tenemos:

$$120,3 \leq 200 \leq 235,1 \text{ (fusible)}$$

Por otro lado, debe cumplirse una segunda condición relacionada con la temperatura de fusión del fusible:

$$I_f \leq 1.45 \cdot I_z$$
$$320 \leq 341$$

Donde $I_f = 1.6 \cdot I_n$ para nuestro rango de intensidad de fusible.

Vemos que cumplen correctamente todas las condiciones

La distancia mínima de separación de cada terna de cables con la siguiente en la zanja, será de 0.15 metros. Así se asegura que cumple la relación entre la intensidad admisible del cable y la intensidad del fusible y se asegure una adecuada protección.

6.4.1. Cálculos y criterios a través de la corriente de cortocircuito desde el inversor al cuadro de baja tensión.

La sección de los conductores debe ser adecuada para soportar un cortocircuito durante el tiempo de respuesta del interruptor automático. Según la norma UNE 21239, referente a cálculo de corrientes de cortocircuito en sistemas trifásico de corriente alterna, la intensidad máxima de cortocircuito, se calcula según la siguiente expresión:

$$I_{cc}^2 \cdot t = K^2 \cdot S^2$$

Donde:

K: constante que depende de la naturaleza del conductor (Cu o Al) y del tipo de aislamiento PVC o XLPE, su valor en el caso de conductores de aluminio y aislamiento XLPE es de 84.

t: la duración del cortocircuito en segundos (máximo 5 segundos).

I_{cc} : corriente de cortocircuito en amperios.

S: sección del conductor en mm^2 .

Para el cálculo de la corriente máxima de cortocircuito aguas abajo se hace uso de las tablas de densidades de corriente de cortocircuito admisibles en los conductores que aparecen en la ITC-BT 07 del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, y de la expresión indicada en la Norma UNE-EN 60909-0, que es la siguiente:

$$I_{ccmax} = \frac{c \cdot U_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{eq}}$$

Donde:

c: Factor de tensión, se obtiene de la Tabla 1 de la Norma CEI 60038, y para una tensión nominal de 600 V tiene un valor de 1,05.

U_n : Tensión nominal de la red de baja tensión (V).

Z_{eq} : Impedancia equivalente del circuito (U)

$I_{max cc}$: Corriente de cortocircuito máxima en el lado de baja tensión del transformador en (kA).

La impedancia equivalente del circuito es la suma de la impedancia equivalente de la red, vista desde el secundario más la impedancia equivalente del transformador más la impedancia equivalente de la red en baja tensión, es decir:

$$Z_{eq} = Z''_{red} + Z_{trafo} + Z_{I1} + Z_{I2}$$

A continuación se calcula cada una de las impedancias del circuito equivalente.

Impedancia equivalente de la red de distribución en baja tensión Z_{I1} (inversor a CBT):

Para calcular la impedancia equivalente de la línea en baja tensión entre el inversor y el cuadro de baja tensión del centro de transformación, se deben calcular los valores de la resistencia y de la reactancia.

El valor de la resistencia de red de baja tensión se obtiene para el cable de Aluminio RV-k de 185mm² y una longitud máxima de 25metros.

Sustituyendo valores en la fórmula de la resistencia se obtiene el valor buscado:

$$R = \rho_{20} \frac{l}{S}$$

El valor de la reactancia de la red de baja tensión es un dato facilitado por el fabricante de los cables instalados, en este caso el valor es: X = 0,0908 mΩ/m:

Sustituyendo se obtienen los valores que se muestran en la tabla más delante de todas las impedancias.

Impedancia equivalente de la red de distribución en baja tensión Z_{I2} (CBT a trafo):

Para calcular la impedancia equivalente de la línea en baja tensión entre el cuadro de baja tensión y el transformador, se deben calcular los valores de la resistencia y de la reactancia.

El valor de la resistencia de red de baja tensión se obtiene para el cable de Aluminio RV-k de 630mm² y una longitud máxima de 10metros.

Sustituyendo valores en la fórmula de la resistencia se obtiene el valor buscado:

$$R = \rho_{20} \frac{l}{S}$$

El valor de la reactancia de la red de baja tensión es un dato facilitado por el fabricante de los cables instalados, en este caso el valor es: X = ,0.0838 mΩ/m:

Sustituyendo se obtienen los valores que se muestran en la tabla más delante de todas las impedancias:

Impedancia equivalente del transformador Z_t:

Para el cálculo del módulo de la impedancia equivalente del transformador, según la norma UNE-EN 60909-0 se obtiene con la siguiente ecuación:

$$Z_{trafo} = \epsilon_{cc} \frac{U_n^2}{S_n}$$

Donde:

ε_{cc}: Porcentaje de tensión de cortocircuito del transformador, igual al 4%.

Un: Tensión nominal del secundario del transformador (V).6000

Sn: Potencia nominal del transformador (VA): 3.150.000.

Ztrafo: Impedancia equivalente del transformador.

Para el cálculo de la resistencia equivalente del transformador se utiliza la siguiente expresión:

$$R_{trafo} = \frac{W_c \times U_n^2}{S_n^2}$$

Donde:

Rtrafo: resistencia equivalente del transformador [Ω].

Wc: Pérdidas en carga del transformador [W], igual a 26.500 W, valor facilitado por el fabricante.

Un: Tensión nominal del transformador.

Sn: Potencia nominal del transformador.

La reactancia del transformador se obtiene a través de la impedancia y la resistencia.

Sustituyendo se obtienen los valores que se muestran en la tabla más delante de todas las impedancias:

Impedancia equivalente de la red:

Para el cálculo de la impedancia equivalente de la red vista desde el secundario, se usa la siguiente expresión:

$$Z_{red} = \frac{c \times U_n^2}{S_{cc} \times r_t^2}$$

Donde:

c: Factor de tensión, por estar en lado de media tensión, igual a 1,1 según UNE-EN 60909-0

Un: Tensión nominal de la red (V)

Scc: Potencia de cortocircuito del transformador (VA)

Relación de transformación, el valor de $r_t = 50$

Sustituyendo los valores en la expresión anterior se obtiene el módulo de la impedancia equivalente de la red vista desde el secundario.

Sabiendo que la $R_{red} = 0,1 \times X_{red}$ se pueden obtener fácilmente estos dos valores.

Por último se sumarían de forma polar todas las impedancias para obtener la equivalente y así obtener la I_{ccmax} y el tiempo de cortocircuito admisible. Los resultados se muestran a continuación:

Impedancias			
Tramo de línea a calcular	Z(Ω)	R(Ω)	X(Ω)
Impedancia entre el inversor y el CBT (Zl1, Rl1 y Xl1)	5,45E-03	4,95E-03	2,27E-03
Impedancia entre el CBT y el trafo (Zl2, Rl2 y Xl2)	1,02E-03	5,81E-04	8,38E-04
Impedancia del trafo (Zt, Rt y Xt)	6,86E-03	9,61E-04	6,79E-03
Impedancia de la red (Zred, Rred y Xred)	3,17E-07	3,15E-08	3,15E-07
Impedancia equivalente es la suma de todas (Zeq, Req y Xeq)	1,18E-02	6,49E-03	9,90E-03

Iccmax (A)	30.727,4
-------------------	-----------------

Tiempo de corto (s)	0,3
----------------------------	------------

Inversor a CBT

Tal y como hemos indicado anteriormente:

$P_{dc} \geq I_{cc}$: El poder de corte debe ser de mayor o igual I_{cc}

$I_{cc} \geq I_{as}$: La intensidad de funcionamiento del fusible para abrir el circuito en 5 segundos debe ser mayor que la I_{cc} .

6.5. CONDUCTOR DESDE CUADRO DE BAJA TENSIÓN A TRANSFORMADOR

Las características generales de la red son:

Tensión(V): Trifásica 600

C.d.t. máx.(%): 1

Cos ϕ : 0,95

Coef. Simultaneidad: 1

Temperatura cálculo conductividad eléctrica ($^{\circ}$ C):

- XLPE, EPR: 90

- PVC: 70

Resultados obtenidos para las distintas ramas y nudos:

Línea	Nudo Orig.	Nudo Dest.	Long. (m)	Metal/ Xu(m \square /m)	Canal./Aislam/Polar.	I.Cálculo (A)	In (A)	Sección (mm ²)	I. Admisi. (A)/Fc
1	CBT	Trafo	10	Al	Al aire RV-K 3 Unip. y 2 líneas	240,57	2.500 (masterpact)	2x(3x630)	996/1 por cable

Para asegurar una correcta protección debe cumplirse la siguiente condición:

$$I_{calculado} \leq I_n \leq *I_z \text{ (para magnetotérmicos)}$$

Para nuestro caso tenemos el dispositivo masterpact debe regularse entre 240,57 A y 996 A que corresponden a la intensidad de cálculo y admisible por línea:

No se plantea protección diferencial, ya que se utiliza un sistema IT aislado de tierra. Por ello, puesto que no hay ningún conductor activo de baja impedancia conectado a tierra, no circula una elevada corriente de fallo en caso de contacto a masa o tierra, y cuya magnitud depende de las resistencias de aislamiento y de la capacidad del conductor y los componentes del sistema con respecto a tierra.

Cálculos y criterios a través de la corriente de cortocircuito desde el cuadro de bajan tensión al transformador.

De igual forma a como hemos indicado en el apartado anterior, y obviando la impedancia de la línea Zl1 obtenemos los siguientes resultados:

Impedancias			
Tramo de línea a calcular	Z(Ω)	R(Ω)	X(Ω)
Impedancia entre el CBT y el trafo (Zl2, Rl2 y Xl2)	1,02E-03	5,81E-04	8,38E-04
Impedancia del trafo (Zt, Rt y Xt)	6,86E-03	9,61E-04	6,79E-03
Impedancia de la red (Zred, Rred y Xred)	3,17E-07	3,15E-08	3,15E-07
Impedancia equivalente es la suma de todas (Zeq, Req y Xeq)	7,78E-03	1,54E-03	7,63E-03

Iccmax (A)	46.738,8
-------------------	-----------------

Tiempo de corto (s)	0,1
----------------------------	------------

Inversor a CBT

Tal y como hemos indicado anteriormente:

$P_{dc} \geq I_{cc}$: El poder de corte debe ser de mayor o igual Icc.

$I_{cc} \geq I_{as}$: La intensidad de funcionamiento del fusible para abrir el circuito en 5 segundos debe ser mayor que la Icc.

A continuación aparece un anexo de cálculos donde se incluyen los datos de todas las líneas de una forma pormenorizada.

En esta primera tabla se indican las líneas de corriente alterna del inversor al cuadro de baja tensión y de éste al transformador.

Circuito	Tipo	Tensión (V)	P demandada (w)	cos	Icalculo (A)	Long. (m)	cond	eM (%)	eM	Sv (mm2)	S (mm2)	TIPO	eT(%)	Tipo de instalación
CT														
CBT-Trafo	CA	600	250.000	1,00	240,57	10	27,3	0,5	3,0	50,875	630	Al-RV 2x(3x630) mm2	0,04	Al aire
INVERSOR														
Inversor-CBT	CA	600	125.000	1,00	120,28	15	27,3	0,5	3,0	38,156	185	Al-RV 3x185 mm2	0,10	Direct. Enterrado

6.6. CIRCUITOS DE CORRIENTE CONTINUA

En la siguiente tabla se indican las líneas de los diferentes string que llegan a la caja de concentración, para el inversor nº 1 Y CT nº 1, siendo la longitud de las líneas que llegan a cada inversor muy parecidas:

Circuito	Tipo	Tensión (V)	P dem. (W)	cos	Icalculo (A)	Long. (m)	cond	eM (%)	eM	Sv (mm2)	S (mm2)	TIPO	eT(%)	Tipo de instalación
STR-CC 1.1.1	CC	968	9.660	1,0	9,98	130	44	1,5	14,5	4,061	6	Cu-H1Z2Z2-K 2x6mm ²	1,02	Al aire
	CC	968	9.660	1,0	9,98	4	44	1,5	14,5	0,125	6	Cu-H1Z2Z2-K 2x6mm ²	0,03	Direct. Enterrado
STR-CC 1.1.2	CC	968	9.660	1,0	9,98	115	44	1,5	14,5	3,593	6	Cu-H1Z2Z2-K 2x6mm ²	0,90	Al aire
	CC	968	9.660	1,0	9,98	4	44	1,5	14,5	0,125	6	Cu-H1Z2Z2-K 2x6mm ²	0,03	Direct. Enterrado
STR-CC 1.1.3	CC	968	9.660	1,0	9,98	100	44	1,5	14,5	3,124	6	Cu-H1Z2Z2-K 2x6mm ²	0,78	Al aire
	CC	968	9.660	1,0	9,98	4	44	1,5	14,5	0,125	6	Cu-H1Z2Z2-K 2x6mm ²	0,03	Direct. Enterrado
STR-CC 1.1.4	CC	968	9.660	1,0	9,98	86	44	1,5	14,5	2,687	6	Cu-H1Z2Z2-K 2x6mm ²	0,67	Al aire
	CC	968	9.660	1,0	9,98	4	44	1,5	14,5	0,125	6	Cu-H1Z2Z2-K 2x6mm ²	0,03	Direct. Enterrado
STR-CC 1.1.5	CC	968	9.660	1,0	9,98	72	44	1,5	14,5	2,249	6	Cu-H1Z2Z2-K 2x6mm ²	0,56	Al aire
	CC	968	9.660	1,0	9,98	4	44	1,5	14,5	0,125	6	Cu-H1Z2Z2-K 2x6mm ²	0,03	Direct. Enterrado
STR-CC 1.1.6	CC	968	9.660	1,0	9,98	57	44	1,5	14,5	1,781	6	Cu-H1Z2Z2-K 2x6mm ²	0,45	Al aire
	CC	968	9.660	1,0	9,98	4	44	1,5	14,5	0,125	6	Cu-H1Z2Z2-K 2x6mm ²	0,03	Direct. Enterrado
STR-CC 1.1.7	CC	968	9.660	1,0	9,98	43	44	1,5	14,5	1,343	6	Cu-H1Z2Z2-K 2x6mm ²	0,34	Al aire
	CC	968	9.660	1,0	9,98	4	44	1,5	14,5	0,125	6	Cu-H1Z2Z2-K 2x6mm ²	0,03	Direct. Enterrado
STR-CC 1.1.8	CC	968	9.660	1,0	9,98	29	44	1,5	14,5	0,906	6	Cu-H1Z2Z2-K 2x6mm ²	0,23	Al aire
	CC	968	9.660	1,0	9,98	4	44	1,5	14,5	0,125	6	Cu-H1Z2Z2-K 2x6mm ²	0,03	Direct. Enterrado
STR-CC 1.1.9	CC	968	9.660	1,0	9,98	14	44	1,5	14,5	0,437	6	Cu-H1Z2Z2-K 2x6mm ²	0,11	Al aire
	CC	968	9.660	1,0	9,98	4	44	1,5	14,5	0,125	6	Cu-H1Z2Z2-K 2x6mm ²	0,03	Direct. Enterrado
STR-CC 1.1.10	CC	968	9.660	1,0	9,98	4	44	1,5	14,5	0,125	6	Cu-H1Z2Z2-K 2x6mm ²	0,03	Al aire
	CC	968	9.660	1,0	9,98	4	44	1,5	14,5	0,125	6	Cu-H1Z2Z2-K 2x6mm ²	0,03	Direct. Enterrado
STR-CC 1.1.11	CC	968	9.660	1,0	9,98	130	44	1,5	14,5	4,061	6	Cu-H1Z2Z2-K 2x6mm ²	1,02	Al aire
	CC	968	9.660	1,0	9,98	10	44	1,5	14,5	0,312	6	Cu-H1Z2Z2-K 2x6mm ²	0,08	Direct. Enterrado
STR-CC 1.1.12	CC	968	9.660	1,0	9,98	115	44	1,5	14,5	3,593	6	Cu-H1Z2Z2-K 2x6mm ²	0,90	Al aire
	CC	968	9.660	1,0	9,98	10	44	1,5	14,5	0,312	6	Cu-H1Z2Z2-K 2x6mm ²	0,08	Direct. Enterrado
STR-CC 1.1.13	CC	968	9.660	1,0	9,98	100	44	1,5	14,5	3,124	6	Cu-H1Z2Z2-K 2x6mm ²	0,78	Al aire
	CC	968	9.660	1,0	9,98	10	44	1,5	14,5	0,312	6	Cu-H1Z2Z2-K 2x6mm ²	0,08	Direct. Enterrado

STR-CC 1.1.14	CC	968	9.660	1,0	9,98	86	44	1,5	14,5	2,687	6	Cu-H1Z2Z2-K 2x6mm ²	0,67	Al aire
	CC	968	9.660	1,0	9,98	10	44	1,5	14,5	0,312	6	Cu-H1Z2Z2-K 2x6mm ²	0,08	Direct. Enterrado
STR-CC 1.1.15	CC	968	9.660	1,0	9,98	72	44	1,5	14,5	2,249	6	Cu-H1Z2Z2-K 2x6mm ²	0,56	Al aire
	CC	968	9.660	1,0	9,98	10	44	1,5	14,5	0,312	6	Cu-H1Z2Z2-K 2x6mm ²	0,08	Direct. Enterrado

II.3 CÁLCULOS RED DE MEDIA TENSIÓN 30 KV

ÍNDICE

1.	CÁLCULO DE CABLEADO	3
1.1	Intensidad Admisible.....	3
1.1.1	Cables enterrados directamente en zanja.....	3
1.1.2	Coeficientes de corrección de la intensidad admisible.....	3
1.1.3	Cables enterrados directamente en terrenos cuya temperatura sea distinta de 25°C.	3
1.1.4	Cables enterrados directamente en terreno de resistividad térmica distinta de 1,5K.m/W.	3
1.1.5	Cables directamente enterrados en zanja a diferentes profundidades.	4
1.2	Cálculos Sección	4
1.2.1	Datos.....	4
1.2.2	Datos del conductor de fase.....	5
1.2.3	Sección por intensidad máxima admisible en régimen permanente.....	5
1.2.4	Sección por intensidad máxima admisible en cortocircuito.	5
1.2.5	Intensidad de c.c. en Amperios soportada por un conductor de sección "S", en un tiempo determinado "tcc".....	6
1.2.6	Comprobación de la caída de tensión.....	6

1. CÁLCULO DE CABLEADO

1.1 Intensidad Admisible

Las intensidades máximas admisibles en servicio permanente dependen en cada caso de la temperatura máxima que el aislante pueda soportar sin alteraciones en sus propiedades eléctricas, mecánicas o químicas. Esta temperatura es función del tipo de aislamiento y del régimen de carga.

Para cables sometidos a ciclos de carga, las intensidades máximas admisibles serán superiores a las correspondientes en servicio permanente.

Las temperaturas máximas admisibles de los conductores, en servicio permanente y en cortocircuito, para este tipo de aislamiento, se especifican en la siguiente tabla 1.

Tabla 1.
Cables aislados con aislamiento seco.
Temperatura máxima, en °C, asignada al conductor.

Tipo de aislamiento	Condiciones	
	Servicio permanente (θ_s)	Cortocircuito $t \leq 5s$ (θ_{cc})
Polietileno reticulado (XLPE)	105	250

1.1.1 Cables enterrados directamente en zanja.

La intensidad máxima admisible se calculará considerando una instalación tipo con cables de aislamiento seco hasta 18/30 kV formada por un terno de cables unipolares enterrados directamente en toda su longitud a 1 metro de profundidad (medido hasta la parte superior del cable), en un terreno de resistividad térmica media de 1,5 K m/W, con una temperatura ambiente del terreno a dicha profundidad de 25 °C y una temperatura del aire ambiente de 40°C.

1.1.2 Coeficientes de corrección de la intensidad admisible.

La intensidad admisible de un cable, determinada por las condiciones de instalación enterrada, deberá corregirse teniendo en cuenta cada una de las magnitudes de la instalación real que difieran de aquellas, de forma que el aumento de temperatura provocado por la circulación de la intensidad calculada no dé lugar a una temperatura en el conductor, superior a la prescrita en la tabla 1.

1.1.3 Cables enterrados directamente en terrenos cuya temperatura sea distinta de 25°C.

Se utilizará un factor de corrección F, para temperaturas del terreno θ_t , distintas de 25°C, en función de la temperatura máxima asignada al conductor θ_s .

1.1.4 Cables enterrados directamente en terreno de resistividad térmica distinta de 1,5K.m/W.

Se utilizará un factor de corrección F, para resistividades térmicas del terreno distinta a 1,5 K.m/W, en función de la sección del cable.

La resistividad térmica del terreno depende del tipo de terreno y de su humedad, aumentando cuando el terreno está más seco. La tabla 2, muestra valores de resistividades térmicas del terreno en función de su naturaleza y grado de humedad.

Tabla 2.

Resistividad térmica del terreno en función de su naturaleza y humedad.

Resistividad térmica del terreno (K.m/W)	Naturaleza del terreno y grado de humedad
0,4	Inundado
0,5	Muy húmedo
0,7	Húmedo
0,85	Poco húmedo
1	Seco
1,2	Arcilloso muy seco
1,5	Arenoso muy seco
2	De piedra arenisca
2,5	De piedra caliza
3	De piedra granítica

1.1.5 Cables directamente enterrados en zanja a diferentes profundidades.

Se utilizará un factor de corrección F para profundidades de instalación distintas de 1m.

1.2 Cálculos Sección**1.2.1 Datos.**

Los siguientes datos serán los necesarios para poder obtener la sección del conductor:

- Tensión nominal de la red (S) 30 kV.
- Potencia a transportar (U) 43,000 MW.
- Frecuencia (f) 50 Hz.
- Factor de potencia ($\cos \phi$) 0,95.
- Tipo de cable RHZ1 con aislamiento de XLPE y conductor de aluminio.
- Caída de tensión máxima admisible en régimen permanente (u) 1,5%.
- Sistema de instalación 3 cables unipolares entubados enterrados en zanja.
- Profundidad de enterramiento (h) 0,90 m.
- Temperatura del terreno (θ_i) 25°C.
- Tipo de terreno Seco.
- Resistividad térmica del terreno (ρ) 1,5 K.m/W.
- Tiempo de disparo de las protecciones a cortocircuito y defectos a tierra (t_{cc}) 0,5 s.

1.2.2 Datos del conductor de fase

El conductor elegido es de tipo Aluminio según la norma EN 60228, clase 2, tiene las siguientes características:

- Sección total (mm²):	150
- Denominación:	RHZ1+H25
- Diámetro total (mm):	27,5
- Intensidad max. Adm. Enterrada (A):	260
- Intensidad max. Adm. Reg. c.c. (kA):	14,2
- Resistencia eléctrica a 20 °C (Ohm/km):	0,02060
- Inductancia (mH/km):	0,35
- Capacidad (µF/km):	0,27
- Peso del cable aproximado (kg/km):	1.370
- Sección total (mm²):	240
- Denominación:	RHZ1+H25
- Diámetro total (mm):	27,5
- Intensidad max. Adm. Enterrada (A):	260
- Intensidad max. Adm. Reg. c.c. (kA):	14,2
- Resistencia eléctrica a 20 °C (Ohm/km):	0,02060
- Inductancia (mH/km):	0,35
- Capacidad (µF/km):	0,27
- Peso del cable aproximado (kg/km):	1.370

1.2.3 Sección por intensidad máxima admisible en régimen permanente.

La intensidad máxima admisible que llevaría el conductor se determina por el cálculo siguiente:

$$I = \frac{S (kVA)}{\sqrt{3} \cdot U (kV)}$$

Donde:

I: Intensidad del conductor. (A)

S: Potencia aparente a transportar. (MVA)

U: Tensión nominal de la red. (kV)

1.2.4 Sección por intensidad máxima admisible en cortocircuito.

La intensidad máxima admisible en cortocircuito que llevaría el conductor se determina por el cálculo siguiente:

$$I_{cc \text{ máx adm}} = \frac{S_{cc} (MVA)}{\sqrt{3} \cdot U (kV)}$$

Donde:

$I_{cc \text{ máx adm}}$: Intensidad máxima admisible en cortocircuito del conductor. (A)

S_{cc} : Potencia aparente de cortocircuito a transportar. (MVA)

U: Tensión nominal de la red. (kV)

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

$$I_{cc\ cs} = \frac{K_c \cdot S}{\sqrt{t_{cc}}}$$

Donde:

Icc cs: 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.

* Papel impregnado PPV

Nivel de aislamiento <= 12/20; KcCu = 113; KcAl = 74

Nivel de aislamiento de 15/25 a 18/30; KcCu = 101; KcAl = 66

Nivel de aislamiento = 26/45; KcCu = 109; KcAl = 71

Nivel de aislamiento = 36/66; KcCu = 112; KcAl = 74

* Etileno-propileno DHV o Polietileno reticulado RHV

KcCu = 142 ; KcAl = 93;

Para todas las tensiones de aislamiento

* Desnudos

KcCu = 164

KcAl = 107

KcAl-Ac = 135

1.2.6 Comprobación de la caída de tensión.

La caída de la tensión del cable se calcularía de la siguiente manera:

$$V_c = \sqrt{3} \cdot I \cdot L \cdot (R_k \cdot \cos\varphi + X_k \cdot \sen\varphi)$$

Donde:

Vc: Caída de la tensión del cable. (V)

I: Intensidad admisible del conductor. (A)

L: Longitud del conductor. (m)

R_k: Resistencia eléctrica del cable a 90°C. (Ω/Km)

X_k: Impedancia eléctrica del cable. (Ω/Km)

A continuación, se presentan los resultados obtenidos para las distintas ramas y nudos:

Línea	Nudo Orig.	Nudo Dest.	Long. (m)	Metal/ Xu (m ² /m)	Canal.	Desig. UNE	Polar.	I. Cálculo (A)	Sección (mm ²)	I. Admisi. (A)/Fei
1	ST	CT1	1.120	Al/0,15	Dir.Ent.	RHZ1 18/30 H25	Unip.	242,49	2(3x150)	317,2/0,61
	CT1	CT2	230	Al/0,15	Dir.Ent.	RHZ1 18/30 H25	Unip.	121,25	3x150	213,2/0,82
2	ST	CT5	230	Al/0,15	Dir.Ent.	RHZ1 18/30 H25	Unip.	323,33	2(3x240)	420,9/0,61
	CT5	CT4	145	Al/0,15	Dir.Ent.	RHZ1 18/30 H25	Unip.	242,49	3x150	260/1
	CT4	CT3	330	Al/0,15	Dir.Ent.	RHZ1 18/30 H25	Unip.	121,25	3x150	260/1
3	ST	CT6	980	Al/0,15	Dir.Ent.	RHZ1 18/30 H25	Unip.	303,12	2(3x150)	317,2/0,61
	CT6	CT8	560	Al/0,15	Dir.Ent.	RHZ1 18/30 H25	Unip.	181,87	3x150	213,2/0,82
	CT8	CT7	250	Al/0,15	Dir.Ent.	RHZ1 18/30 H25	Unip.	121,25	3x150	260/1

Nudo	C.d.t. (V)	Tensión Nudo (V)	C.d.t. (%)	Carga Nudo
ST	0	30.000	0	868,938 A(45.150,004 kVA)
CT1	53,576	29.946,424	0,179	121,247 A(6.300 KVA)
CT2	64,578	29.935,422	0,215	121,247 A(6.300 KVA)
CT5	10,3	29.989,701	0,034	80,831 A(4.200 KVA)
CT4	24,172	29.975,828	0,081	121,247 A(6.300 KVA)
CT3	39,958	29.960,043	0,133	121,247 A(6.300 KVA)
CT6	58,599	29.941,4	0,195	121,247 A(6.300 KVA)
CT8	98,781	29.901,219	0,329	60,624 A(3.150 KVA)
CT7	110,74	29.889,26	0,369*	121,247 A(6.300 KVA)

A continuación se muestran las pérdidas de potencia activa en kW.

Línea	Nudo Orig.	Nudo Dest.	Pérdida Potencia Activa Rama. $3RI^2$ (kW)	Pérdida Potencia Activa Total Itinerario. $3RI^2$ (kW)
L1	ST	CT1	37,634	
	CT1	CT2	1,932	39,566
L2	ST	CT5	8,587	
	CT5	CT4	4,872	
	CT4	CT3	2,772	16,232
L3	ST	CT6	51,453	
	CT6	CT8	10,585	
	CT8	CT7	2,1	64,138

Resultados obtenidos para las protecciones:

Linea	Nudo Orig.	Nudo Dest.	Un (kV)	U1 (kV)	U2 (kV)	I.Aut;In/IReg (Amp)
L1	ST	CT1	36	170	70	400/280
	CT1	CT2	36	170	70	400/167
L2	ST	CT5	36	170	70	400/372
	CT5	CT4	36	170	70	400/251
	CT4	CT3	36	170	70	400/191
L3	ST	CT6	36	170	70	400/310
	CT6	CT8	36	170	70	400/198
	CT8	CT7	36	170	70	400/191

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

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

I_{ter}(A). Intensidad nominal del relé térmico asociado al elemento de corte (seccionador interruptor).

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 Eficaces.

Según la configuración de la red, se obtienen los siguientes resultados del cálculo a cortocircuito:

S_{cc} = 500 MVA.

U = 30 kV.

t_{cc} = 0,5 s.

I_{pccM} = 9.622,79 A.

Línea	Nudo Orig.	Nudo Dest.	Sección (mm ²)	I _{cccs} (A)	Prot. térmica/I _n	PdeC (kA)
L1	ST	CT1	2(3x150)	39.880,82	400	12,5
	CT1	CT2	3x150	19.940,41	400	12,5
L2	ST	CT5	2(3x240)	63.809,32	400	12,5
	CT5	CT4	3x150	19.940,41	400	12,5
	CT4	CT3	3x150	19.940,41	400	12,5
L3	ST	CT6	2(3x150)	63.809,32	400	12,5
	CT6	CT8	3x150	19.940,41	400	12,5
	CT8	CT7	3x150	19.940,41	400	12,5

Cálculo de Cortocircuito en Pantallas:

Datos generales:

I_{pcc} en la pantalla = 1.000 A.

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

Resultados:

Sección pantalla = 25 mm².

I_{cc} admisible en pantalla = 4.630 A.

II.4 CÁLCULOS CENTROS DE TRANSFORMACIÓN

ÍNDICE

1	CENTRO DE TRANSFORMACIÓN 6.300 KVA.....	4
1.1	Intensidad de Media Tensión	4
1.2	Intensidad de Baja Tensión	4
1.3	Cortocircuitos	5
1.3.1	Cálculo de las intensidades de cortocircuito	5
1.3.2	Cortocircuito en el lado de Media Tensión	5
1.3.3	Cortocircuito en el lado de Baja Tensión	6
1.4	Dimensionado del Embarrado	6
1.5	Protección contra Sobrecargas y Cortocircuitos.....	7
1.6	Dimensionado de la Ventilación del Centro de Transformación.	8
1.7	Dimensionado del Pozo Apagafuegos.....	8
1.8	Cálculo de las Instalaciones de Puesta a Tierra.....	8
1.8.1	Investigación de las características del suelo	8
1.8.2	Determinación de las corrientes máximas de puesta a tierra y del tiempo máximo correspondiente a la eliminación del defecto.....	9
1.8.3	Diseño preliminar de la instalación de tierra.....	9
1.8.4	Cálculo de la resistencia del sistema de tierra.....	10
1.8.5	Cálculo de las tensiones de paso y contacto en el interior de la instalación.....	11
1.8.6	Cálculo de las tensiones de paso en el exterior de la instalación	12
1.8.7	Investigación de las tensiones transferibles al exterior	13
1.8.8	Corrección y ajuste del diseño inicial.....	14
2	CENTRO DE TRANSFORMACIÓN 4.200 KVA.....	15
2.1	Intensidad de Media Tensión	15
2.2	Intensidad de Baja Tensión	15
2.3	Cortocircuitos	16
2.3.1	Cálculo de las intensidades de cortocircuito	16
2.3.2	Cortocircuito en el lado de Media Tensión	16
2.3.3	Cortocircuito en el lado de Baja Tensión	17
2.4	Dimensionado del Embarrado	17
2.5	Protección contra Sobrecargas y Cortocircuitos.....	18
2.6	Dimensionado de la Ventilación del Centro de Transformación.	19

2.7	Dimensionado del Pozo Apagafuegos.....	19
2.8	Cálculo de las Instalaciones de Puesta a Tierra.....	19
2.8.1	Investigación de las características del suelo	19
2.8.2	Determinación de las corrientes máximas de puesta a tierra y del tiempo máximo correspondiente a la eliminación del defecto.....	20
2.8.3	Diseño preliminar de la instalación de tierra.....	20
2.8.4	Cálculo de la resistencia del sistema de tierra.....	21
2.8.5	Cálculo de las tensiones de paso y contacto en el interior de la instalación.....	22
2.8.6	Cálculo de las tensiones de paso en el exterior de la instalación	23
2.8.7	Investigación de las tensiones transferibles al exterior	24
2.8.8	Corrección y ajuste del diseño inicial.....	25
3	CENTRO DE TRANSFORMACIÓN 3.150 KVA.....	26
3.1	Intensidad de Media Tensión	26
3.2	Intensidad de Baja Tensión	26
3.3	Cortocircuitos	27
3.3.1	Cálculo de las intensidades de cortocircuito	27
3.3.2	Cortocircuito en el lado de Media Tensión	27
3.3.3	Cortocircuito en el lado de Baja Tensión	28
3.4	Dimensionado del Embarrado	28
3.5	Protección contra Sobrecargas y Cortocircuitos.....	29
3.6	Dimensionado de la Ventilación del Centro de Transformación.	30
3.7	Dimensionado del Pozo Apagafuegos.....	30
3.8	Cálculo de las Instalaciones de Puesta a Tierra.....	30
3.8.1	Investigación de las características del suelo	30
3.8.2	Determinación de las corrientes máximas de puesta a tierra y del tiempo máximo correspondiente a la eliminación del defecto.....	31
3.8.3	Diseño preliminar de la instalación de tierra.....	31
3.8.4	Cálculo de la resistencia del sistema de tierra.....	32
3.8.5	Cálculo de las tensiones de paso y contacto en el interior de la instalación.....	33
3.8.6	Cálculo de las tensiones de paso en el exterior de la instalación	34
3.8.7	Investigación de las tensiones transferibles al exterior	35
3.8.8	Corrección y ajuste del diseño inicial.....	36

1 CENTRO DE TRANSFORMACIÓN 6.300 KVA

1.1 Intensidad de Media Tensión

La intensidad primaria en un transformador trifásico viene dada por la expresión:

$$I_p = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U_p}$$

Donde:

- S Potencia del transformador [kVA]
- Up Tensión primaria [kV]
- Ip Intensidad primaria [A]

En el caso que nos ocupa, la tensión primaria de alimentación es de 30 kV.

Para los centros de transformación nº 1, 2, 3, 4, 6 y 7, la potencia de los transformadores es de 3.150kVA, siendo su intensidad nominal en el primario:

$$I_p = 60,62 \text{ A}$$

1.2 Intensidad de Baja Tensión

La intensidad secundaria en un transformador trifásico viene dada por la expresión:

$$I_s = \frac{P + W_{cu} + W_{fe}}{\sqrt{3} \cdot U_s}$$

Donde:

- P Potencia del transformador [kVA]
- Us Tensión en el secundario [kV]
- Is Intensidad en el secundario [A]

Para los transformadores de potencia nominal de 3.150kVA (C.T nº 1 al 7, ambos inclusive) y la tensión secundaria de 600 V, $W_{cu}=22.500\text{W}$ y $W_{fe}=3.200\text{W}$ la intensidad en el secundario es:

$$I_s = 3.055,82 \text{ A.}$$

1.3 Cortocircuitos

Para el cálculo de las intensidades que origina un cortocircuito. Se tendrá en cuenta la potencia de cortocircuito de la red de MT, valor especificado por la compañía eléctrica.

1.3.1 Cálculo de las intensidades de cortocircuito

Para el cálculo de la corriente de cortocircuito en la instalación, se utiliza la expresión:

$$I_{ccp} = \frac{S_{cc}}{\sqrt{3} \cdot U_p}$$

Donde:

- S_{cc} Potencia de cortocircuito de la red [MVA]
- U_p Tensión de servicio [kV]
- I_{ccp} Corriente de cortocircuito [kA]

Para los cortocircuitos secundarios, se va a considerar que la potencia de cortocircuito disponible es la teórica de los transformadores de MT-BT, siendo por ello más conservadores que en las consideraciones reales.

La corriente de cortocircuito del secundario de un transformador trifásico, viene dada por la expresión:

$$I_{ccs} = \frac{100 \cdot P}{\sqrt{3} \cdot E_{cc} \cdot U_s}$$

Donde:

- P Potencia de transformador [kVA]
- E_{cc} Tensión de cortocircuito del transformador [%]
- U_s Tensión en el secundario [V]
- I_{ccs} Corriente de cortocircuito [kA]

1.3.2 Cortocircuito en el lado de Media Tensión

Siendo la potencia de cortocircuito de 500 MVA y la tensión de servicio 30 kV, la intensidad de cortocircuito es:

$$I_{ccp} = 9,62 \text{ kA}$$

1.3.3 Cortocircuito en el lado de Baja Tensión

La intensidad de cortocircuito en el lado de BT con 640 V en vacío será.

Para los transformadores de 3.150 kVA (C.T nº 1, 2, 3, 4, 6 y 7), la tensión porcentual del cortocircuito del 6%, y la tensión secundaria es de 640 V en vacío, la intensidad de cortocircuito en el lado de B.T. es:

$$I_{ccs} = 47,36 \text{ Ka}$$

1.4 Dimensionado del Embarrado

Se van a utilizar celdas del fabricante SIEMENS o similar. Dichas celdas han sido sometidas a ensayos para certificar los valores indicados en las placas de características, por lo que no es necesario realizar cálculos teóricos ni hipótesis de comportamiento de celdas.

Comprobación por densidad de corriente

La comprobación por densidad de corriente tiene por objeto verificar que el conductor indicado es capaz de conducir la corriente nominal máxima sin superar la densidad máxima posible para el material conductor. Esto, además de mediante cálculos teóricos, puede comprobarse realizando un ensayo de intensidad nominal, que con objeto de disponer de suficiente margen de seguridad, se considerará que es la intensidad del bucle, que en este caso es de 630 A.

Comprobación por sollicitación electrodinámica

La intensidad dinámica de cortocircuito se valora en aproximadamente 2,5 veces la intensidad eficaz de cortocircuito, por lo que:

$$I_{cc(din)} = 24,05 \text{ kA}$$

Comprobación por sollicitación térmica

La comprobación térmica tiene por objeto comprobar que no se producirá un calentamiento excesivo de la aparamenta por defecto de un cortocircuito. Esta comprobación se puede realizar mediante cálculos teóricos, pero preferentemente se debe realizar un ensayo según la normativa en vigor. En este caso, la intensidad considerada es la eficaz de cortocircuito, cuyo valor es:

$$I_{cc(ter)} = 9,62 \text{ kA}$$

1.5 Protección contra Sobrecargas y Cortocircuitos

Los transformadores están protegidos tanto en MT como en BT. En MT la protección la efectúan las celdas asociadas a esos transformadores, mientras que en BT la protección se incorpora en los cuadros de las líneas de entrada.

Transformador

La protección en MT de este transformador se realiza utilizando una celda de MT con interruptor automático mediante protección contra sobrecargas y cortocircuitos (50-50N-50NS-51-51N-51NS).

Termómetro

El termómetro verifica que la temperatura del dieléctrico del transformador no supera los valores máximos admisibles.

Lineas MT

La protección de las líneas de MT de interconexión entre centros y centro-subestación se realiza utilizando una celda de MT con interruptor automático mediante protección contra sobrecargas y cortocircuitos (50-50N-50NS-51-51N-51NS).

- Protecciones en BT

Las entradas de BT cuentan con protección contra sobrecargas y cortocircuitos mediante ruptofusibles, antes de su llegada a los embarrados de B.T, los cuales tienen salida hacia el transformador, dichas salidas de B.T hacia los transformadores están protegidas contra sobrecargar y cortocircuitos y protección diferencial mediante Interruptor de corte en carga tipo Masterpact o similar, con una intensidad nominal igual al valor de la intensidad nominal exigida a esa entrada y un poder de corte como mínimo igual a la corriente de cortocircuito correspondiente.

1.6 Dimensionado de la Ventilación del Centro de Transformación.

Para calcular la superficie de la reja de entrada de aire en el edificio se utiliza la siguiente expresión:

$$S_r = \frac{W_{cu} + W_{fe}}{0.24 \cdot K \cdot \sqrt{h \cdot \Delta T^3}}$$

donde:

W _{cu}	pérdidas en el cobre del transformador [kW]
W _{fe}	pérdidas en el hierro del transformador [kW]
K	coeficiente en función de la forma de las rejillas de entrada [aproximadamente entre 0,35 y 0,40]
h	distancia vertical entre las rejillas de entrada y salida [m]
DT	aumento de temperatura del aire [°C]
S _r	superficie mínima de las rejillas de entrada [m ²]

Además, los Edificios prefabricados de hormigón para los Centros de Transformación, cuenta mediante ensayos y certificación correspondiente, que las rejillas de ventilación que tienen equipadas están dimensionadas en función de la máquinas que pueden contener en su interior, no siendo la potencia de los transformadores del interior superior a esta potencia de dimensionado.

1.7 Dimensionado del Pozo Apagafuegos

Se dispone de un foso de recogida de aceite de 1.800 litros de capacidad por cada transformador cubierto de grava para la absorción del fluido y para prevenir el vertido del mismo hacia el exterior y minimizar el daño en caso de fuego.

1.8 Cálculo de las Instalaciones de Puesta a Tierra

1.8.1 Investigación de las características del suelo

El Reglamento de Alta Tensión indica que para instalaciones de tercera categoría, y de intensidad de cortocircuito a tierra inferior o igual a 16 kA no será imprescindible realizar la citada investigación previa de la resistividad del suelo, bastando el examen visual del terreno y pudiéndose estimar su resistividad, siendo necesario medirla para corrientes superiores.

Según la investigación previa del terreno donde se instalará este Centro de Transformación, se determina la resistividad media en 200 Ohm·m.

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

En las instalaciones de MT de tercera categoría, los parámetros que determinan los cálculos de faltas a tierra son las siguientes:

Tipo de neutro. El neutro del transformador de SS. AA. se conectará a tierra de forma aislada. Esto producirá una limitación de la corriente de la falta, en función de las longitudes de líneas o de los valores de impedancias en cada caso.

Tipo de protecciones. Cuando se produce un defecto, éste se eliminará mediante la apertura de un elemento de corte que actúa por indicación de un dispositivo relé de intensidad, que puede actuar en un tiempo fijo (tiempo fijo), o según una curva de tipo inverso (tiempo dependiente). Adicionalmente, pueden existir reenganches posteriores al primer disparo, que sólo influirán en los cálculos si se producen en un tiempo inferior a los 0,5 segundos.

1.8.3 Diseño preliminar de la instalación de tierra

El diseño preliminar de la instalación de puesta a tierra de protección se realiza mediante la proyección de un anillo de conductor de cobre desnudo enterrado a una profundidad de 0,8 m y a una distancia de 3,4 m de la envolvente del Centro de Transformación y conectando dicha red de tierras a la red de tierras de protección de la Planta fotovoltaica.

RED PAT	Resistencia de PAT	Valor Resistencia de PAT (Ohm)
Red de protección del CT: Dimensiones: 14.360 x 5.020 mm Total longitud del conductor: 38,76 m	$R_{PAT,PCT} = \frac{2 \rho}{L}$	10,76
Red de PAT de la PFV: Total longitud del conductor: 14.852 m	$R_{PAT,PFV} = \frac{2 \rho}{L}$	0,0269
Red equivalente (Resist. Paralelo)	$R_t = \frac{R_{PAT,PCT} \cdot R_{PAT,PFV}}{R_{PAT,PCT} + R_{PAT,PFV}}$	0,0268

Donde:

ρ Resistividad del terreno [Ohm·m]

L Longitud en metros del conductor enterrado [Ohm]

Para el diseño de puesta a tierra de servicio (neutro del transformador de servicios auxiliares) el diseño se realizará basándose en las configuraciones tipo presentadas en el Anexo 2 del método de cálculo de instalaciones de puesta a tierra de UNESA, que esté de acuerdo con la forma y dimensiones del Centro de Transformación, según el método de cálculo desarrollado por este organismo.

1.8.4 Cálculo de la resistencia del sistema de tierra

Características de la red de alimentación:

- Tensión de servicio: $U_r = 30 \text{ kV}$
- Limitación de la intensidad a tierra $I_d = 1000 \text{ A}$
- Nivel de aislamiento de las instalaciones de BT: $V_{bt} = 10.000 \text{ V}$

Características del terreno:

- Resistividad de la tierra $200 \text{ Ohm}\cdot\text{m}$
- Resistencia del calzado 2.000 Ohm
- Resistividad superficial $3.000 \text{ Ohm}\cdot\text{m}$

La intensidad de defecto (I_d) viene determinada por el sistema de puesta a tierra del neutro en la Subestación de la Planta Fotovoltaica ZITRO I.

$$I_d = 1000 \text{ A}$$

El tiempo de duración de la corriente de falta (t_F), viene determinada por la regulación del relé de protección de falta homopolar de la Subestación de la Planta Fotovoltaica ZITRO I.

$$t_F = 0,5 \text{ s}$$

De acuerdo a con la Tabla 1 del ITC-RAT-13 (R.D. 337/2014), la tensión de contacto aplicada máxima admisible (U_{ca}) es

Duración de la corriente de falta, t_F (s)	Tensión de contacto aplicada admisible, U_{ca} (V)
0,05	735
0,10	633
0,20	528
0,30	420
0,40	310
0,50	204
1,00	107
2,00	90
5,00	81
10,00	80
> 10,00	50

Tabla 1 de la ITC-RAT-13, para valores admisibles de tensión de contacto aplicada U_{ca} en función de la duración de la corriente de falta t_F .

La tensión máxima de contacto aplicada, para un tiempo de falta de 0,5 s se establece en $U_{ca}=204 \text{ V}$

La tensión máxima de paso aplicada (U_{pa} se establece, a la misma ITC-RAT-13, como 10 veces la U_{ca} , siendo esta de:

$$U_{pa} = 10 U_{ca} = 2.040 \text{ V}$$

Las tensiones de contacto y paso máximas admisibles en la instalación (U_c y U_p , respectivamente), se establecen de acuerdo a las siguientes expresiones:

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

$$U_p = 10 U_{ca} \left[1 + \frac{2 R_{a1} + 3\rho_{s1} + 3\rho_{s2}}{1000} \right]$$

Donde:

U_{ca} Valor admisible de la tensión de contacto aplicada que es función de la duración de la corriente de falta.

R_{a1} Resistencia del calzado, superficies de material aislante, etc. [Ohm]

ρ_s Resistividad superficial [Ohm·m], para casos de contacto con las partes metálicas que puedan estar activas. En este caso el terreno se corresponde con el del interior del edificio y/o la acera perimetral.

$\rho_{s1,2}$ Resistividad superficial [Ohm·m], del terreno en contacto con cada uno de los pies, estos valores son diferentes solo cuando la naturaleza de los terrenos es diferente.

1.8.5 Cálculo de las tensiones de paso y contacto en el interior de la instalación

La tensión de paso máxima en el interior (hormigón – hormigón) de las instalaciones, viene determinado por:

$$U_{p,int} = 10 U_{ca} \left[1 + \frac{2 R_{a1} + 3\rho_{s1} + 3\rho_{s2}}{1000} \right]$$

Siendo:

$$U_{ca} = 204 \text{ V}$$

$$R_{a1} = 2.000 \text{ } \Omega$$

$$\rho_{s1} = \rho_{s2} = 3.000 \text{ } \Omega \cdot \text{m}$$

Resultando:

$$U_{p,int} = 46.920 \text{ V}$$

La tensión de paso en el acceso será igual al valor de la tensión máxima de contacto siempre que se disponga de una malla equipotencial conectada al electrodo de tierra según la fórmula:

$$U_{p,int CT} = U_{c,CT} = Rt \cdot Id$$

Donde:

Rt Resistencia de puesta a tierra [Ohm]
Id intensidad de defecto [A]

Por lo que tendremos en el Centro de Transformación:

$$U_{p,int CT} = 28,91 V$$

1.8.6 Cálculo de las tensiones de paso en el exterior de la instalación

La tensión de paso máxima en el exterior (hormigón – terreno natural) de las instalaciones, viene determinado por:

$$U_{p,int} = 10 U_{ca} \left[1 + \frac{2 R_{a1} + 3\rho_{s1} + 3\rho_{s2}}{1000} \right]$$

Siendo:

$$\begin{aligned} U_{ca} &= 204 V \\ R_{a1} &= 2.000 \Omega \\ \rho_{s1} &= 3.000 \Omega \cdot m \\ \rho_{s2} &= 200 \Omega \cdot m \end{aligned}$$

Resultando:

$$U_{p,ext} = 31.620 V$$

La tensión de paso en el acceso será igual al valor de la tensión máxima de contacto siempre que se disponga de una malla equipotencial, que recorre la planta fotovoltaica y conectada al electrodo de tierra según la fórmula:

$$U_{p,ext CT} = U_{c,CT} = Rt \cdot Id$$

Donde:

Rt Resistencia de puesta a tierra [Ohm]
Id intensidad de defecto [A]

Por lo que tendremos en el Centro de Transformación:

$$U_{p,CT} = 28,91 V$$

TENSIONES PASO Y CONTACTO			
Tensiones	Tensiones admisibles (V)	Tensiones Reales (V)	$U_p \leq U_{pa}$ y $U_c \leq V_{ca}$ SI - CUMPLE NO - NO CUMPLE
Tensión de Contacto	$U_{ca} = 204$	$U_c = 28,91$	SI
Tensión de Paso en el interior	$U_{pa} = 46.920$	$U_p = 28,91$	SI
Tensión de Paso en el exterior	$U_{pa} = 31.620$	$U_p = 28,91$	SI

1.8.7 Investigación de las tensiones transferibles al exterior

Para garantizar que el sistema de tierras de protección no transfiera tensiones al sistema de tierra de servicio, evitando así que afecten a los usuarios, debe establecerse una separación entre los electrodos más próximos de ambos sistemas, siempre que la tensión de defecto supere los 1000 V.

En este caso es imprescindible mantener esta separación, al ser la tensión de defecto superior a los 1000 V indicados.

La distancia mínima de separación entre los sistemas de tierras viene dada por la expresión:

$$D = \frac{\rho \cdot I_d}{2.000 \cdot \pi}$$

Donde:

- Ro resistividad del terreno en [Ohm·m]
- I'd intensidad de defecto [A]
- D distancia mínima de separación [m]

Para este Centro de Transformación:

D = 31,8 m, valor que redondeamos a 32 m

Se conectará a este sistema de tierras de servicio el neutro del transformador de servicios auxiliares, así como la tierra de los secundarios de los transformadores de tensión e intensidad de la celda de medida.

Las características del sistema de tierras de servicio son las siguientes:

Configuración:	5/62 (según método UNESA)
Geometría:	Picas alineadas
Número de picas:	2
Longitud entre picas:	2 metros
Profundidad de las picas:	0,5 m

Los parámetros según esta configuración de tierras son:

$$K_r = 0,073$$

$$K_c = 0,012$$

El criterio de selección de la tierra de servicio es no ocasionar en el electrodo una tensión superior a 24 V cuando existe un defecto a tierra en una instalación de BT protegida contra contactos indirectos por un diferencial de 300 mA. Para ello la resistencia de puesta a tierra de servicio debe ser inferior a 80 Ohm.

$$R_{tserv} = K_r \cdot R_o = 0,073 \cdot 200 = 14,6 < 80 \text{ Ohm}$$

Para mantener los sistemas de puesta a tierra de protección y de servicio independientes, la puesta a tierra del neutro se realizará con cable aislado de 0,6/1 kV, protegido con tubo de PVC de grado de protección 7 como mínimo, contra daños mecánicos.

1.8.8 Corrección y ajuste del diseño inicial

Según el proceso de justificación del electrodo de puesta a tierra seleccionado, no se considera necesaria la corrección del sistema proyectado.

No obstante, se puede ejecutar cualquier configuración con características de protección mejores que las calculadas, es decir, atendiendo a las tablas adjuntas al Método de Cálculo de Tierras de UNESA, con valores de "K_r" inferiores a los calculados, sin necesidad de repetir los cálculos, independientemente de que se cambie la profundidad de enterramiento, geometría de la red de tierra de protección, dimensiones, número de picas o longitud de éstas, ya que los valores de tensión serán inferiores a los calculados en este caso.

Puede ser recomendable, para el caso de las redes de tierra de protección, la instalación de un anillo rectangular de dimensiones mayores, con el fin de dejar accesible dicho anillo, desde el exterior del centro y de las aceras perimetrales.

2 CENTRO DE TRANSFORMACIÓN 4.200 KVA

2.1 Intensidad de Media Tensión

La intensidad primaria en un transformador trifásico viene dada por la expresión:

$$I_p = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U_p}$$

donde:

S potencia del transformador [kVA]
Up tensión primaria [kV]
Ip intensidad primaria [A]

En el caso que nos ocupa, la tensión primaria de alimentación es de 30 kV.

Para el centro de transformación nº 5, la potencia de los transformadores es de 2.100kVA, siendo su intensidad nominal en el primario:

$$I_p = 40,41 \text{ A}$$

2.2 Intensidad de Baja Tensión

La intensidad secundaria en un transformador trifásico viene dada por la expresión:

$$I_s = \frac{P + W_{cu} + W_{fe}}{\sqrt{3} \cdot U_s}$$

donde:

P potencia del transformador [kVA]
Us tensión en el secundario [kV]
Is intensidad en el secundario [A]

Para los transformadores de potencia nominal de 2.100kVA (C.T nº 5, ambos inclusive) y la tensión secundaria de 600 V, $W_{cu}=16.500\text{W}$ y $W_{fe}=2.400\text{W}$ la intensidad en el secundario es:

$$I_s = 2.038,9 \text{ A.}$$

2.3 Cortocircuitos

Para el cálculo de las intensidades que origina un cortocircuito. Se tendrá en cuenta la potencia de cortocircuito de la red de MT, valor especificado por la compañía eléctrica.

2.3.1 Cálculo de las intensidades de cortocircuito

Para el cálculo de la corriente de cortocircuito en la instalación, se utiliza la expresión:

$$I_{ccp} = \frac{S_{cc}}{\sqrt{3} \cdot U_p}$$

donde:

- S_{cc} potencia de cortocircuito de la red [MVA]
- U_p tensión de servicio [kV]
- I_{ccp} corriente de cortocircuito [kA]

Para los cortocircuitos secundarios, se va a considerar que la potencia de cortocircuito disponible es la teórica de los transformadores de MT-BT, siendo por ello más conservadores que en las consideraciones reales.

La corriente de cortocircuito del secundario de un transformador trifásico, viene dada por la expresión:

$$I_{ccs} = \frac{100 \cdot P}{\sqrt{3} \cdot E_{cc} \cdot U_s}$$

donde:

- P potencia de transformador [kVA]
- E_{cc} tensión de cortocircuito del transformador [%]
- U_s tensión en el secundario [V]
- I_{ccs} corriente de cortocircuito [kA]

2.3.2 Cortocircuito en el lado de Media Tensión

Siendo la potencia de cortocircuito de 500 MVA y la tensión de servicio 30 kV, la intensidad de cortocircuito es:

$$I_{ccp} = 9,62 \text{ kA}$$

2.3.3 Cortocircuito en el lado de Baja Tensión

La intensidad de cortocircuito en el lado de BT con 640 V en vacío será.

Para los transformadores de 2.100 kVA (C.T nº 5), la tensión porcentual del cortocircuito del 6%, y la tensión secundaria es de 640 V en vacío, la intensidad de cortocircuito en el lado de B.T. es:

$$I_{ccs} = 31,57 \text{ kA}$$

2.4 Dimensionado del Embarrado

Se van a utilizar celdas del fabricante SIEMENS o similar. Dichas celdas han sido sometidas a ensayos para certificar los valores indicados en las placas de características, por lo que no es necesario realizar cálculos teóricos ni hipótesis de comportamiento de celdas.

Comprobación por densidad de corriente

La comprobación por densidad de corriente tiene por objeto verificar que el conductor indicado es capaz de conducir la corriente nominal máxima sin superar la densidad máxima posible para el material conductor. Esto, además de mediante cálculos teóricos, puede comprobarse realizando un ensayo de intensidad nominal, que con objeto de disponer de suficiente margen de seguridad, se considerará que es la intensidad del bucle, que en este caso es de 630 A.

Comprobación por sollicitación electrodinámica

La intensidad dinámica de cortocircuito se valora en aproximadamente 2,5 veces la intensidad eficaz de cortocircuito, por lo que:

$$I_{cc(din)} = 24,05 \text{ kA}$$

Comprobación por sollicitación térmica

La comprobación térmica tiene por objeto comprobar que no se producirá un calentamiento excesivo de la aparamenta por defecto de un cortocircuito. Esta comprobación se puede realizar mediante cálculos teóricos, pero preferentemente se debe realizar un ensayo según la normativa en vigor. En este caso, la intensidad considerada es la eficaz de cortocircuito, cuyo valor es:

$$I_{cc(ter)} = 9,62 \text{ kA}$$

2.5 Protección contra Sobrecargas y Cortocircuitos

Los transformadores están protegidos tanto en MT como en BT. En MT la protección la efectúan las celdas asociadas a esos transformadores, mientras que en BT la protección se incorpora en los cuadros de las líneas de entrada.

Transformador

La protección en MT de este transformador se realiza utilizando una celda de MT con interruptor automático mediante protección contra sobrecargas y cortocircuitos (50-50N-50NS-51-51N-51NS).

Termómetro

El termómetro verifica que la temperatura del dieléctrico del transformador no supera los valores máximos admisibles.

Líneas MT

La protección de las líneas de MT de interconexión entre centros y centro-subestación se realiza utilizando una celda de MT con interruptor automático mediante protección contra sobrecargas y cortocircuitos (50-50N-50NS-51-51N-51NS).

- Protecciones en BT

Las entradas de BT cuentan con protección contra sobrecargas y cortocircuitos mediante ruptofusibles, antes de su llegada a los embarrados de B.T, los cuales tienen salida hacia el transformador, dichas salidas de B.T hacia los transformadores están protegidas contra sobrecargas y cortocircuitos y protección diferencial mediante Interruptor de corte en carga tipo Masterpact o similar, con una intensidad nominal igual al valor de la intensidad nominal exigida a esa entrada y un poder de corte como mínimo igual a la corriente de cortocircuito correspondiente.

2.6 Dimensionado de la Ventilación del Centro de Transformación.

Para calcular la superficie de la reja de entrada de aire en el edificio se utiliza la siguiente expresión:

$$S_r = \frac{W_{cu} + W_{fe}}{0.24 \cdot K \cdot \sqrt{h \cdot \Delta T^3}}$$

donde:

W _{cu}	pérdidas en el cobre del transformador [kW]
W _{fe}	pérdidas en el hierro del transformador [kW]
K	coeficiente en función de la forma de las rejillas de entrada [aproximadamente entre 0,35 y 0,40]
h	distancia vertical entre las rejillas de entrada y salida [m]
DT	aumento de temperatura del aire [°C]
S _r	superficie mínima de las rejillas de entrada [m ²]

Además, los Edificios prefabricados de hormigón para los Centros de Transformación, cuenta mediante ensayos y certificación correspondiente, que las rejillas de ventilación que tienen equipadas están dimensionadas en función de la máquinas que pueden contener en su interior, no siendo la potencia de los transformadores del interior superior a esta potencia de dimensionado.

2.7 Dimensionado del Pozo Apagafuegos

Se dispone de un foso de recogida de aceite de 1.200 litros de capacidad por cada transformador cubierto de grava para la absorción del fluido y para prevenir el vertido del mismo hacia el exterior y minimizar el daño en caso de fuego.

2.8 Cálculo de las Instalaciones de Puesta a Tierra

2.8.1 Investigación de las características del suelo

El Reglamento de Alta Tensión indica que para instalaciones de tercera categoría, y de intensidad de cortocircuito a tierra inferior o igual a 16 kA no será imprescindible realizar la citada investigación previa de la resistividad del suelo, bastando el examen visual del terreno y pudiéndose estimar su resistividad, siendo necesario medirla para corrientes superiores.

Según la investigación previa del terreno donde se instalará este Centro de Transformación, se determina la resistividad media en 200 Ohm·m.

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

En las instalaciones de MT de tercera categoría, los parámetros que determinan los cálculos de faltas a tierra son las siguientes:

- **Tipo de neutro.** El neutro del transformador de SS. AA. se conectará a tierra de forma aislada. Esto producirá una limitación de la corriente de la falta, en función de las longitudes de líneas o de los valores de impedancias en cada caso.
- **Tipo de protecciones.** Cuando se produce un defecto, éste se eliminará mediante la apertura de un elemento de corte que actúa por indicación de un dispositivo relé de intensidad, que puede actuar en un tiempo fijo (tiempo fijo), o según una curva de tipo inverso (tiempo dependiente). Adicionalmente, pueden existir reenganches posteriores al primer disparo, que sólo influirán en los cálculos si se producen en un tiempo inferior a los 0,5 segundos.

2.8.3 Diseño preliminar de la instalación de tierra

El diseño preliminar de la instalación de puesta a tierra de protección se realiza mediante la proyección de un anillo de conductor de cobre desnudo enterrado a una profundidad de 0,8 m y a una distancia de 3,4 m de la envolvente del Centro de Transformación y conectando dicha red de tierras a la red de tierras de protección de la Planta fotovoltaica.

RED PAT	Resistencia de PAT	Valor Resistencia de PAT (Ohm)
Red de protección del CT: Dimensiones: 14.360 x 5.020 mm Total longitud del conductor: 38,76 m	$R_{PAT,PCT} = \frac{2 \rho}{L}$	10,76
Red de PAT de la PFV: Total longitud del conductor: 14.852 m	$R_{PAT,PFV} = \frac{2 \rho}{L}$	0,0269
Red equivalente (Resist. Paralelo)	$R_t = \frac{R_{PAT,PCT} \cdot R_{PAT,PFV}}{R_{PAT,PCT} + R_{PAT,PFV}}$	0,0268

Donde:

ρ Resistividad del terreno [Ohm·m]

L Longitud en metros del conductor enterrado [Ohm]

Para el diseño de puesta a tierra de servicio (neutro del transformador de servicios auxiliares) el diseño se realizará basándose en las configuraciones tipo presentadas en el Anexo 2 del método de cálculo de instalaciones de puesta a tierra de UNESA, que esté de acuerdo con la forma y dimensiones del Centro de Transformación, según el método de cálculo desarrollado por este organismo.

2.8.4 Cálculo de la resistencia del sistema de tierra

Características de la red de alimentación:

- Tensión de servicio: $U_r = 30 \text{ kV}$
- Limitación de la intensidad a tierra $I_d = 1000 \text{ A}$
- Nivel de aislamiento de las instalaciones de BT: $V_{bt} = 10.000 \text{ V}$

Características del terreno:

- Resistividad de la tierra $200 \text{ Ohm}\cdot\text{m}$
- Resistencia del calzado 2.000 Ohm
- Resistividad superficial $3.000 \text{ Ohm}\cdot\text{m}$

La intensidad de defecto (I_d) viene determinada por el sistema de puesta a tierra del neutro en la Subestación de la Planta Fotovoltaica ZITRO I.

$$I_d = 1000 \text{ A}$$

El tiempo de duración de la corriente de falta (t_F), viene determinada por la regulación del relé de protección de falta homopolar de la Subestación de la Planta Fotovoltaica ZITRO I.

$$t_F = 0,5 \text{ s}$$

De acuerdo a con la Tabla 1 del ITC-RAT-13 (R.D. 337/2014), la tensión de contacto aplicada máxima admisible (U_{ca}) es:

Duración de la corriente de falta, t_F (s)	Tensión de contacto aplicada admisible, U_{ca} (V)
0,05	735
0,10	633
0,20	528
0,30	420
0,40	310
0,50	204
1,00	107
2,00	90
5,00	81
10,00	80
> 10,00	50

Tabla 1 de la ITC-RAT-13, para valores admisibles de tensión de contacto aplicada U_{ca} en función de la duración de la corriente de falta t_F .

La tensión máxima de contacto aplicada, para un tiempo de falta de 0,5 s se establece en $U_{ca}=204 \text{ V}$

La tensión máxima de paso aplicada (U_p) se establece, a la misma ITC-RAT-13, como 10 veces la U_{ca} , siendo esta de:

$$U_p = 10 U_{ca} = 2.040 \text{ V}$$

Las tensiones de contacto y paso máximas admisibles en la instalación (U_c y U_p , respectivamente), se establecen de acuerdo a las siguientes expresiones:

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

$$U_p = 10 U_{ca} \left[1 + \frac{2 R_{a1} + 3\rho_{s1} + 3\rho_{s2}}{1000} \right]$$

Donde:

U_{ca} Valor admisible de la tensión de contacto aplicada que es función de la duración de la corriente de falta.

R_{a1} Resistencia del calzado, superficies de material aislante, etc. [Ohm]

ρ_s Resistividad superficial [Ohm·m], para casos de contacto con las partes metálicas que puedan estar activas. En este caso el terreno se corresponde con el del interior del edificio y/o la acera perimetral.

$\rho_{s1,2}$ Resistividad superficial [Ohm·m], del terreno en contacto con cada uno de los pies, estos valores son diferentes solo cuando la naturaleza de los terrenos es diferente.

2.8.5 Cálculo de las tensiones de paso y contacto en el interior de la instalación

La tensión de paso máxima en el interior (hormigón – hormigón) de las instalaciones, viene determinado por:

$$U_{p,int} = 10 U_{ca} \left[1 + \frac{2 R_{a1} + 3\rho_{s1} + 3\rho_{s2}}{1000} \right]$$

Siendo:

$$U_{ca} = 204 \text{ V}$$

$$R_{a1} = 2.000 \Omega$$

$$\rho_{s1} = \rho_{s2} = 3.000 \Omega \cdot \text{m}$$

Resultando:

$$U_{p,int} = 46.920 \text{ V}$$

La tensión de paso en el acceso será igual al valor de la tensión máxima de contacto siempre que se disponga de una malla equipotencial conectada al electrodo de tierra según la fórmula:

$$U_{p,int CT} = U_{c,CT} = R_t \cdot I_d$$

Donde:

Rt Resistencia de puesta a tierra [Ohm]

Id intensidad de defecto [A]

Por lo que tendremos en el Centro de Transformación:

$$U_{p,int CT} = 28,91 V$$

2.8.6 Cálculo de las tensiones de paso en el exterior de la instalación

La tensión de paso máxima en el exterior (hormigón – terreno natural) de las instalaciones, viene determinado por:

$$U_{p,int} = 10 U_{ca} \left[1 + \frac{2 R_{a1} + 3\rho_{s1} + 3\rho_{s2}}{1000} \right]$$

Siendo:

$$U_{ca} = 204 V$$

$$R_{a1} = 2.000 \Omega$$

$$\rho_{s1} = 3.000 \Omega \cdot m$$

$$\rho_{s2} = 200 \Omega \cdot m$$

Resultando:

$$U_{p,ext} = 31.620 V$$

La tensión de paso en el acceso será igual al valor de la tensión máxima de contacto siempre que se disponga de una malla equipotencial, que recorre la planta fotovoltaica y conectada al electrodo de tierra según la fórmula:

$$U_{p,ext CT} = U_{c,CT} = Rt \cdot Id$$

Dónde:

Rt Resistencia de puesta a tierra [Ohm]

Id intensidad de defecto [A]

Por lo que tendremos en el Centro de Transformación:

$$U_{p,CT} = 28,91 V$$

TENSIONES PASO Y CONTACTO			
Tensiones	Tensiones admisibles (V)	Tensiones Reales (V)	Up ≤ Upa y Uc ≤ Vca SI - CUMPLE NO - NO CUMPLE
Tensión de Contacto	Uca = 204	Uc = 28,91	SI
Tensión de Paso en el interior	Upa = 46.920	Up = 28,91	SI
Tensión de Paso en el exterior	Upa = 31.620	Up = 28,91	SI

2.8.7 Investigación de las tensiones transferibles al exterior

Para garantizar que el sistema de tierras de protección no transfiera tensiones al sistema de tierra de servicio, evitando así que afecten a los usuarios, debe establecerse una separación entre los electrodos más próximos de ambos sistemas, siempre que la tensión de defecto supere los 1000 V.

En este caso es imprescindible mantener esta separación, al ser la tensión de defecto superior a los 1000 V indicados.

La distancia mínima de separación entre los sistemas de tierras viene dada por la expresión:

$$D = \frac{\rho \cdot I_d}{2.000 \cdot \pi}$$

Dónde:

Ro resistividad del terreno en [Ohm·m]

I'd intensidad de defecto [A]

D distancia mínima de separación [m]

Para este Centro de Transformación:

D = 31,8 m, valor que redondeamos a 32 m

Se conectará a este sistema de tierras de servicio el neutro del transformador de servicios auxiliares, así como la tierra de los secundarios de los transformadores de tensión e intensidad de la celda de medida.

Las características del sistema de tierras de servicio son las siguientes:

Configuración:	5/62 (según método UNESA)
Geometría:	Picas alineadas
Número de picas:	2
Longitud entre picas:	2 metros
Profundidad de las picas:	0,5 m

Los parámetros según esta configuración de tierras son:

$$K_r = 0,073$$

$$K_c = 0,012$$

El criterio de selección de la tierra de servicio es no ocasionar en el electrodo una tensión superior a 24 V cuando existe un defecto a tierra en una instalación de BT protegida contra contactos indirectos por un diferencial de 300 mA. Para ello la resistencia de puesta a tierra de servicio debe ser inferior a 80 Ohm.

$$R_{tserv} = K_r \cdot R_o = 0,073 \cdot 200 = 14,6 < 80 \text{ Ohm}$$

Para mantener los sistemas de puesta a tierra de protección y de servicio independientes, la puesta a tierra del neutro se realizará con cable aislado de 0,6/1 kV, protegido con tubo de PVC de grado de protección 7 como mínimo, contra daños mecánicos.

2.8.8 *Corrección y ajuste del diseño inicial*

Según el proceso de justificación del electrodo de puesta a tierra seleccionado, no se considera necesaria la corrección del sistema proyectado.

No obstante, se puede ejecutar cualquier configuración con características de protección mejores que las calculadas, es decir, atendiendo a las tablas adjuntas al Método de Cálculo de Tierras de UNESA, con valores de "K_r" inferiores a los calculados, sin necesidad de repetir los cálculos, independientemente de que se cambie la profundidad de enterramiento, geometría de la red de tierra de protección, dimensiones, número de picas o longitud de éstas, ya que los valores de tensión serán inferiores a los calculados en este caso.

Puede ser recomendable, para el caso de las redes de tierra de protección, la instalación de un anillo rectangular de dimensiones mayores, con el fin de dejar accesible dicho anillo, desde el exterior del centro y de las aceras perimetrales.

3 CENTRO DE TRANSFORMACIÓN 3.150 KVA

3.1 Intensidad de Media Tensión

La intensidad primaria en un transformador trifásico viene dada por la expresión:

$$I_p = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U_p}$$

donde:

S potencia del transformador [kVA]
Up tensión primaria [kV]
Ip intensidad primaria [A]

En el caso que nos ocupa, la tensión primaria de alimentación es de 30 kV.

En el caso del centro de transformación nº 8, la potencia del único transformador es de 3.150 kVA, siendo su intensidad nominal en el primario:

$$I_p = 60,62 \text{ A}$$

3.2 Intensidad de Baja Tensión

La intensidad secundaria en un transformador trifásico viene dada por la expresión:

$$I_s = \frac{S + W_{cu} + W_{fe}}{\sqrt{3} \cdot U_s} \quad (2.2. a)$$

donde:

S potencia del transformador [kVA]
Us tensión en el secundario [kV]
Is intensidad en el secundario [A]

Para el transformador de potencia nominal de 3.150 kVA (C.T nº 8) y la tensión secundaria de 600 V, $W_{cu}=11.500\text{W}$ y $W_{fe}=1.750\text{W}$ la intensidad en el secundario es:

$$I_s = 3.033,88 \text{ A.}$$

3.3 Cortocircuitos

Para el cálculo de las intensidades que origina un cortocircuito. Se tendrá en cuenta la potencia de cortocircuito de la red de MT, valor especificado por la compañía eléctrica.

3.3.1 Cálculo de las intensidades de cortocircuito

Para el cálculo de la corriente de cortocircuito en la instalación, se utiliza la expresión:

$$I_{ccp} = \frac{S_{cc}}{\sqrt{3} \cdot U_p}$$

donde:

S_{cc} potencia de cortocircuito de la red [MVA]

U_p tensión de servicio [kV]

I_{ccp} corriente de cortocircuito [kA]

Para los cortocircuitos secundarios, se va a considerar que la potencia de cortocircuito disponible es la teórica de los transformadores de MT-BT, siendo por ello más conservadores que en las consideraciones reales.

La corriente de cortocircuito del secundario de un transformador trifásico, viene dada por la expresión:

$$I_{ccs} = \frac{100 \cdot P}{\sqrt{3} \cdot E_{cc} \cdot U_s}$$

donde:

P potencia de transformador [kVA]

E_{cc} tensión de cortocircuito del transformador [%]

U_s tensión en el secundario [V]

I_{ccs} corriente de cortocircuito [kA]

3.3.2 Cortocircuito en el lado de Media Tensión

La potencia de cortocircuito es de 500 MVA y la tensión de servicio 30 kV, la intensidad de cortocircuito es:

$$I_{ccp} = 9,62 \text{ kA}$$

3.3.3 Cortocircuito en el lado de Baja Tensión

La intensidad de cortocircuito en el lado de BT con 640 V en vacío será para el transformador de 3.150 kVA (C.T nº 8), la tensión porcentual del cortocircuito del 6%, y la tensión secundaria en vacío es:

$$I_{ccs} = 47,36 \text{ kA}$$

3.4 Dimensionado del Embarrado

Se van a utilizar celdas del fabricante ORMAZABAL o similar. Dichas celdas han sido sometidas a ensayos para certificar los valores indicados en las placas de características, por lo que no es necesario realizar cálculos teóricos ni hipótesis de comportamiento de celdas.

Comprobación por densidad de corriente

La comprobación por densidad de corriente tiene por objeto verificar que el conductor indicado es capaz de conducir la corriente nominal máxima sin superar la densidad máxima posible para el material conductor. Esto, además de mediante cálculos teóricos, puede comprobarse realizando un ensayo de intensidad nominal, que con objeto de disponer de suficiente margen de seguridad, se considerará que es la intensidad del bucle, que en este caso es de 630 A.

Comprobación por sollicitación electrodinámica

La intensidad dinámica de cortocircuito se valora en aproximadamente 2,5 veces la intensidad eficaz de cortocircuito, por lo que:

$$I_{cc}(\text{din}) = 24,05 \text{ kA}$$

Comprobación por sollicitación térmica

La comprobación térmica tiene por objeto comprobar que no se producirá un calentamiento excesivo de la aramata por defecto de un cortocircuito. Esta comprobación se puede realizar mediante cálculos teóricos, pero preferentemente se debe realizar un ensayo según la normativa en vigor. En este caso, la intensidad considerada es la eficaz de cortocircuito, cuyo valor es:

$$I_{cc}(\text{ter}) = 9,62 \text{ kA}$$

3.5 Protección contra Sobrecargas y Cortocircuitos

Los transformadores están protegidos tanto en MT como en BT. En MT la protección la efectúan las celdas asociadas a esos transformadores, mientras que en BT la protección se incorpora en los cuadros de las líneas de entrada.

Transformador

La protección en MT de este transformador se realiza utilizando una celda de MT con interruptor automático mediante protección contra sobrecargas y cortocircuitos (50-50N-50NS-51-51N-51NS).

Termómetro

El termómetro verifica que la temperatura del dieléctrico del transformador no supera los valores máximos admisibles.

Lineas MT

La protección de las líneas de MT de interconexión entre centros y centro-subestación se realiza utilizando una celda de MT con interruptor automático mediante protección contra sobrecargas y cortocircuitos (50-50N-50NS-51-51N-51NS).

- Protecciones en BT

Las entradas de BT cuentan con protección contra sobrecargas y cortocircuitos mediante ruptofusibles, antes de su llegada a los embarrados de B.T, los cuales tienen salida hacia el transformador, dichas salidas de B.T hacia los transformadores están protegidas contra sobrecargar y cortocircuitos y protección diferencial mediante Interruptor de corte en carga tipo Masterpact o similar, con una intensidad nominal igual al valor de la intensidad nominal exigida a esa entrada y un poder de corte como mínimo igual a la corriente de cortocircuito correspondiente.

3.6 Dimensionado de la Ventilación del Centro de Transformación.

Para calcular la superficie de la reja de entrada de aire en el edificio se utiliza la siguiente expresión:

$$S_r = \frac{W_{cu} + W_{fe}}{0.24 \cdot K \cdot \sqrt{h \cdot \Delta T^3}}$$

donde:

W _{cu}	pérdidas en el cobre del transformador [kW]
W _{fe}	pérdidas en el hierro del transformador [kW]
K	coeficiente en función de la forma de las rejillas de entrada [aproximadamente entre 0,35 y 0,40]
h	distancia vertical entre las rejillas de entrada y salida [m]
DT	aumento de temperatura del aire [°C]
S _r	superficie mínima de las rejillas de entrada [m ²]

Además, los Edificios prefabricados de hormigón para los Centros de Transformación, cuenta mediante ensayos y certificación correspondiente, que las rejillas de ventilación que tienen equipadas están dimensionadas en función de la máquinas que pueden contener en su interior, no siendo la potencia de los transformadores del interior superior a esta potencia de dimensionado.

3.7 Dimensionado del Pozo Apagafuegos

Se dispone de un foso de recogida de aceite de 1800 l de capacidad cubierto de grava para la absorción del fluido y para prevenir el vertido del mismo hacia el exterior y minimizar el daño en caso de fuego.

3.8 Cálculo de las Instalaciones de Puesta a Tierra

3.8.1 Investigación de las características del suelo

El Reglamento de Alta Tensión indica que para instalaciones de tercera categoría, y de intensidad de cortocircuito a tierra inferior o igual a 16 kA no será imprescindible realizar la citada investigación previa de la resistividad del suelo, bastando el examen visual del terreno y pudiéndose estimar su resistividad, siendo necesario medirla para corrientes superiores.

Según la investigación previa del terreno donde se instalará este Centro de Transformación, se determina la resistividad media en 200 Ohm·m.

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

En las instalaciones de MT de tercera categoría, los parámetros que determinan los cálculos de faltas a tierra son las siguientes:

De la red:

- **Tipo de neutro.** El neutro del transformador de SS. AA. se conectará de forma aislada. Esto producirá una limitación de la corriente de la falta, en función de las longitudes de líneas o de los valores de impedancias en cada caso.
- **Tipo de protecciones.** Cuando se produce un defecto, éste se eliminará mediante la apertura de un elemento de corte que actúa por indicación de un dispositivo relé de intensidad, que puede actuar en un tiempo fijo (tiempo fijo), o según una curva de tipo inverso (tiempo dependiente). Adicionalmente, pueden existir reenganches posteriores al primer disparo, que sólo influirán en los cálculos si se producen en un tiempo inferior a los 0,5 segundos.

3.8.3 Diseño preliminar de la instalación de tierra

El diseño preliminar de la instalación de puesta a tierra de protección se realiza mediante la proyección de un anillo de conductor de cobre desnudo enterrado a una profundidad de 0,5 m y a una distancia de 1,2 m de la envolvente del Centro de Transformación y conectando dicha red de tierras a la red de tierras de protección de la Planta fotovoltaica.

RED PAT	Resistencia de PAT	Valor Resistencia de PAT (Ohm)
Red de protección del CT: Dimensiones: 8.480 x 4.780 mm Total longitud del conductor: 26,52 m	$R_{PAT,PCT} = \frac{2 \rho}{L}$	15,08
Red de PAT de la PFV: Total longitud del conductor: 14.852 m	$R_{PAT,PFV} = \frac{2 \rho}{L}$	0,0269
Red equivalente (Resist. Paralelo)	$R_t = \frac{R_{PAT,PCT} \cdot R_{PAT,PFV}}{R_{PAT,PCT} + R_{PAT,PFV}}$	0,0268

Donde:

ρ Resistividad del terreno [Ohm·m]

L Longitud en metros del conductor enterrado [Ohm]

Para el diseño de puesta a tierra de servicio (neutro del transformador de servicios auxiliares) el diseño se realizará basándose en las configuraciones tipo presentadas en el Anexo 2 del método de cálculo de instalaciones de puesta a tierra de UNESA, que esté de acuerdo con la forma y dimensiones del Centro de Transformación, según el método de cálculo desarrollado por este organismo.

3.8.4 Cálculo de la resistencia del sistema de tierra

Características de la red de alimentación:

- Tensión de servicio: $U_r = 30 \text{ kV}$
- Limitación de la intensidad a tierra $I_d = 1000 \text{ A}$
- Nivel de aislamiento de las instalaciones de BT: $V_{bt} = 10.000 \text{ V}$

Características del terreno:

- Resistividad de la tierra $200 \text{ Ohm}\cdot\text{m}$
- Resistencia del calzado 2.000 Ohm
- Resistividad terreno pedregoso $1.500 \text{ Ohm}\cdot\text{m}$
- Resistividad del hormigón $3.000 \text{ Ohm}\cdot\text{m}$

La intensidad de defecto (I_d) viene determinada por el sistema de puesta a tierra del neutro en la Subestación de la Planta Fotovoltaica ZITRO I.

$$I_d = 1000 \text{ A}$$

El tiempo de duración de la corriente de falta (t_F), viene determinada por la regulación del relé de protección de falta homopolar de la Subestación de la Planta Fotovoltaica ZITRO I.

$$t_F = 0,5 \text{ s}$$

De acuerdo a con la Tabla 1 del ITC-RAT-13 (R.D. 337/2014), la tensión de contacto aplicada máxima admisible (U_{ca}) es:

Duración de la corriente de falta, t_F (s)	Tensión de contacto aplicada admisible, U_{ca} (V)
0,05	735
0,10	633
0,20	528
0,30	420
0,40	310
0,50	204
1,00	107
2,00	90
5,00	81
10,00	80
> 10,00	50

Tabla 1 de la ITC-RAT-13, para valores admisibles de tensión de contacto aplicada U_{ca} en función de la duración de la corriente de falta t_F .

La tensión máxima de contacto aplicada, para un tiempo de falta de 0,5 s se establece en $U_{ca}=204 \text{ V}$

La tensión máxima de paso aplicada (U_{pa}) se establece, a la misma ITC-RAT-13, como 10 veces la U_{ca} , siendo esta de:

$$U_{pa} = 10 U_{ca} = 2.040$$

Las tensiones de contacto y paso máximas admisibles en la instalación (U_c y U_p , respectivamente), se establecen de acuerdo a las siguientes expresiones:

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

$$U_p = 10 U_{ca} \left[1 + \frac{2 R_{a1} + 3\rho_{s1} + 3\rho_{s2}}{1000} \right]$$

Donde:

U_{ca} Valor admisible de la tensión de contacto aplicada que es función de la duración de la corriente de falta.

R_{a1} Resistencia del calzado, superficies de material aislante, etc. [Ohm]

ρ_s Resistividad superficial [Ohm·m], para casos de contacto con las partes metálicas que puedan estar activas. En este caso el terreno se corresponde con el del interior del edificio y/o la acera perimetral.

$\rho_{s1,2}$ Resistividad superficial [Ohm·m], del terreno en contacto con cada uno de los pies, estos valores son diferentes solo cuando la naturaleza de los terrenos es diferente.

3.8.5 Cálculo de las tensiones de paso y contacto en el interior de la instalación

La tensión de paso máxima en el interior (hormigón – hormigón) de las instalaciones, viene determinado por:

$$U_{p,int} = 10 U_{ca} \left[1 + \frac{2 R_{a1} + 3\rho_{s1} + 3\rho_{s2}}{1000} \right]$$

Siendo:

$$U_{ca} = 204 V$$

$$R_{a1} = 2.000 \Omega$$

$$\rho_{s1} = \rho_{s2} = 3.000 \Omega \cdot m$$

Resultando:

$$U_{p,int} = 46.920 V$$

La tensión de paso en el acceso será igual al valor de la tensión máxima de contacto siempre que se disponga de una malla equipotencial conectada al electrodo de tierra según la fórmula:

$$U_{p,int CT} = U_{c,CT} = R_t \cdot I_d$$

Donde:

Rt Resistencia de puesta a tierra [Ohm]

Id intensidad de defecto [A]

Por lo que tendremos en el Centro de Transformación:

$$U_{p,int CT} = 28,91 V$$

3.8.6 Cálculo de las tensiones de paso en el exterior de la instalación

La tensión de paso máxima en el exterior (hormigón – terreno pedregoso) de las instalaciones, viene determinado por:

$$U_{p,int} = 10 U_{ca} \left[1 + \frac{2 R_{a1} + 3\rho_{s1} + 3\rho_{s2}}{1000} \right]$$

Siendo:

$$U_{ca} = 204 V$$

$$R_{a1} = 2.000 \Omega$$

$$\rho_{s1} = 3.000 \Omega \cdot m$$

$$\rho_{s2} = 1.500 \Omega \cdot m$$

Resultando:

$$U_{p,ext} = 31.620 V$$

La tensión de paso en el acceso será igual al valor de la tensión máxima de contacto siempre que se disponga de una malla equipotencial, que recorre la planta fotovoltaica y conectada al electrodo de tierra según la fórmula:

$$U_{p,ext CT} = U_{c,CT} = Rt \cdot Id$$

Donde:

Rt Resistencia de puesta a tierra [Ohm]

Id intensidad de defecto [A]

Por lo que tendremos en el Centro de Transformación:

$$U_{p,CT} = 28,91 V$$

TENSIONES PASO Y CONTACTO			
Tensiones	Tensiones admisibles (V)	Tensiones Reales (V)	$U_p \leq U_a$ $U_p \text{ y } U_c \leq V_{ca}$ SI - CUMPLE NO - NO CUMPLE
Tensión de Contacto	$U_{ca} = 204$	$U_c = 28,91$	SI
Tensión de Paso en el interior	$U_{pa} = 46.920$	$U_p = 28,91$	SI
Tensión de Paso en el exterior	$U_{pa} = 31.620$	$U_p = 28,91$	SI

3.8.7 Investigación de las tensiones transferibles al exterior

Para garantizar que el sistema de tierras de protección no transfiera tensiones al sistema de tierra de servicio, evitando así que afecten a los usuarios, debe establecerse una separación entre los electrodos más próximos de ambos sistemas, siempre que la tensión de defecto supere los 1000 V.

En este caso es imprescindible mantener esta separación, al ser la tensión de defecto superior a los 1000 V indicados.

La distancia mínima de separación entre los sistemas de tierras viene dada por la expresión:

$$D = \frac{\rho \cdot I_d}{2.000 \cdot \pi}$$

Donde:

ρ resistividad del terreno en [Ohm·m]

I_d intensidad de defecto [A]

D distancia mínima de separación [m]

Para este Centro de Transformación:

D = 31,8 m , valor que redondeamos a 32 m

Se conectará a este sistema de tierras de servicio el neutro del transformador de servicios auxiliares, así como la tierra de los secundarios de los transformadores de tensión e intensidad de la celda de medida.

Las características del sistema de tierras de servicio son las siguientes:

Configuración:	5/62 (según método UNESA)
Geometría:	Picas alineadas
Número de picas:	2
Longitud entre picas:	2 metros
Profundidad de las picas:	0,5 m

Los parámetros según esta configuración de tierras son:

$$K_r = 0,073$$

$$K_c = 0,012$$

El criterio de selección de la tierra de servicio es no ocasionar en el electrodo una tensión superior a 24 V cuando existe un defecto a tierra en una instalación de BT protegida contra contactos indirectos por un diferencial de 300 mA. Para ello la resistencia de puesta a tierra de servicio debe ser inferior a 80 Ohm.

$$R_{tserv} = K_r \cdot R_o = 0,073 \cdot 200 = 14,6 < 80 \text{ Ohm}$$

Para mantener los sistemas de puesta a tierra de protección y de servicio independientes, la puesta a tierra del neutro se realizará con cable aislado de 0,6/1 kV, protegido con tubo de PVC de grado de protección 7 como mínimo, contra daños mecánicos.

3.8.8 Corrección y ajuste del diseño inicial

Según el proceso de justificación del electrodo de puesta a tierra seleccionado, no se considera necesaria la corrección del sistema proyectado.

No obstante, se puede ejecutar cualquier configuración con características de protección mejores que las calculadas, es decir, atendiendo a las tablas adjuntas al Método de Cálculo de Tierras de UNESA, con valores de "K_r" inferiores a los calculados, sin necesidad de repetir los cálculos, independientemente de que se cambie la profundidad de enterramiento, geometría de la red de tierra de protección, dimensiones, número de picas o longitud de éstas, ya que los valores de tensión serán inferiores a los calculados en este caso.

Puede ser recomendable, para el caso de las redes de tierra de protección, la instalación de un anillo rectangular de dimensiones mayores, con el fin de dejar accesible dicho anillo, desde el exterior del centro y de las aceras perimetrales.

II.5 CÁLCULO DE PUESTA A TIERRA DE PLANTA FOTOVOLTAICA

ÍNDICE

1	OBJETO	3
2	NORMATIVA LEGAL	3
3	SITUACIÓN DE LAS INSTALACIONES	3
4	DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES	3
5	CÁLCULO DE LAS INSTALACIONES DE PUESTA A TIERRA	6
5.1	Metodología	6
5.2	Investigación de las características del suelo	6
5.3	Determinación de las corrientes máximas de puesta a tierra y del tiempo máximo correspondiente a la eliminación del defecto.	6
5.4	Diseño preliminar del sistema de tierras	7
5.4.1	Sistema de tierras.....	7
5.4.2	Dimensiones de la puesta a tierra	7
6	CÁLCULO DE LA RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA DE PLANTA FOTOVOLTAICA.....	8
6.1	Datos de cálculo	8
6.2	Cálculo de la resistencia de puesta a tierra.....	8
6.3	Tensiones de paso y contacto admisibles	9
6.3.1	Resultado tensiones paso y contacto admisibles	9
6.4	Cálculo tensiones de paso y contacto reales.....	10
6.4.1	Tensiones de Paso y de Contacto	10
6.4.2	Cálculo de factores	10
6.4.3	Comparación de Potenciales.....	11
7	CONCLUSIÓN	11

1 OBJETO

Se pretende calcularla instalación de puesta a tierra adecuada para la Planta Fotovoltaica siendo adecuada para proteger al personal en la proximidad de sistemas o equipos conectados a tierra, de los peligros de una descarga eléctrica bajo condiciones de falla.

Las principales funciones de la red de tierras son:

- Proveer los medios para disipar las corrientes a tierra, sin que se excedan los límites de operación de los equipos.

El objetivo de estos cálculos es la puesta a tierra de la Planta Fotovoltaica no excedan los valores límites de los potenciales tolerables por el cuerpo humano.

2 NORMATIVA LEGAL

- REAL DECRETO 842/2002 de 2 de agosto, Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión publicado en el BOE N° 224 de 18 de septiembre de 2003.
- REAL DECRETO 337/2014 de 9 de mayo, por el que se aprueba el Reglamento sobre condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Instalaciones Eléctricas de alta tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITC-RAT 01 a 23.
- “Instalaciones de Puesta a Tierra en Centros de Transformación” y su hoja de aplicación a la red de Compañía de Electricidad, publicado por el Dr. Ing. Industrial D. Julián Moreno Clemente (2ª edición, Málaga 1991).

Además se han aplicado las Recomendaciones UNESA, normas UNE, NTE, IEEE.

3 SITUACIÓN DE LAS INSTALACIONES

La planta fotovoltaica se implanta sobre una superficie total de 83,15 ha formada por las parcelas 4, 5, 9 y del polígono 46 y en la parcela 131 del polígono 6 del término municipal de Jaén (Jaén).

4 DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES

A continuación se describen las características principales de la planta fotovoltaica:

– Potencia Nominal:	43.000 kW
– Potencia Global Generador:	49.845,6kWp
– Tipo de estructura:	Seguidor a un eje Horizontal
– Orientación:	Este - Oeste +60° -60°
– Potencia módulo:	345 Wp
– Máxima tensión DC:	1.500 V
– N° de módulos:	144.480
– N° de módulos en serie:	28
– N° de string:	5.160
– N° de trackers:	2.580

La planta fotovoltaica está formada por las siguientes instalaciones:

- **Caja de concentración de Strings:**

– Unidades:	344
– Tensión máxima de entrada:	1.500 V
– Intensidad máxima de entrada por String:	15 A
– Intensidad máxima de Salida:	256 A
– Suministro auxiliar de tensión de CC:	24 V
– Protección de tierra:	Cable de hasta 16mm ²
– Fusibles String:	16 A
– Dimensiones:	800x600x300 (AlxAnxPro)

- **Trackers:**

– Unidades:	2.580
– Material:	Perfiles de acero galvanizado.
– Inclinación:	-55° a +55°.
– Composición módulos:	28 x 2 en Vertical.
– Sujeción al terreno:	Hincado de perfiles metálicos.
– Dimensiones:	800x600x300 (AlxAnxPro)

- **Inversores:**

– Unidades:	344
– Potencia:	125kW
– Tensión transformador:	1.500/ 600 V
– Corriente de salida máxima:	132,3 A
– Dimensiones:	42,96x3,746x3,93 m (AlxAnxPro)

- **Centro de Transformación PF-303:**

– Unidades:	6
– Tensión de servicio:	36 kV
– Dimensiones:	11,96x2,62x3,60 m (AlxAnxPro)
– Unidades Transformador:	2
– Potencia Transformador:	3.150 MVA
– Tipo de conexión:	Dy11
– Corriente Asignada Celdas:	630 A
– Unidades Trafo de SS.AA:	1
– Potencia Trafo de SS.AA:	5 kVA
– BT Voltaje:	600/400 V
– Tipo de conexión:	Dyn11
– Cuadro de BT con interruptor diferencial:	300 mA

- **Centro de Transformación PFU-303:**

– Unidades:	1
– Tensión de servicio:	36 kV
– Dimensiones:	11,96x2,62x3,60 m (AlxAnxPro)
– Unidades Transformador:	2
– Potencia Transformador:	2.100 MVA
– Tipo de conexión:	Dy11
– Corriente Asignada Celdas:	630 A
– Unidades Trafo de SS.AA:	1
– Potencia Trafo de SS.AA:	5 kVA
– BT Voltaje:	600/400 V
– Tipo de conexión:	Dyn11
– Cuadro de BT con interruptor diferencial:	300 mA

- **Centro de Transformación PFU-5:**

– Unidades:	1
– Tensión de servicio:	36 kV
– Dimensiones:	6,08x2,38x3,05 m (AlxAnxPro)
– Unidades Transformador:	1
– Potencia Transformador:	3.150 MVA
– Tipo de conexión:	Dy11
– Corriente Asignada Celdas:	630 A
– Unidades Trafo de SS.AA:	1
– Potencia Trafo de SS.AA:	5 kVA
– BT Voltaje:	600/400 V
– Tipo de conexión:	Dyn11
– Cuadro de BT con interruptor diferencial:	300 mA

- **Centro de Vigilancia, Control y seguridad de PFV:**

– Unidades:	1
– Dimensiones:	7x2,4x2,6 m
– Cuadro de BT con interruptor diferencial:	300 mA

5 CÁLCULO DE LAS INSTALACIONES DE PUESTA A TIERRA

5.1 Metodología

Para el cálculo de la resistencia de la puesta a tierra lo suficientemente aproximado con electrodo, se opera de la siguiente manera:

- Investigación de las características del terreno.
- Dimensionamiento de puesta a tierra.
- Cálculo de la resistencia de la red de puesta a tierra.
- Cálculo de los potenciales de contacto y de paso en la red de puesta a tierra.
- Verificar que los potenciales de contacto y de paso en la red de puesta a tierra.

5.2 Investigación de las características del suelo

Según la investigación previa del terreno, se determina la resistividad media en 200 Ohm·m.

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

Los parámetros que determinan los cálculos de faltas a tierra son las siguientes:

- **Tipo de neutro.** El neutro del transformador de SS. AA. puede estar aislado, rígidamente unido a tierra, unido a esta mediante resistencias o impedancias. Esto producirá una limitación de la corriente de la falta, en función de las longitudes de líneas o de los valores de impedancias en cada caso.

- **Tipo de protecciones.** Cuando se produce un defecto, este se eliminará mediante la apertura de un elemento de corte que actúa por indicación de un dispositivo relé de intensidad homopolar de la ST, que puede actuar en un tiempo fijo (tiempo fijo), o según una curva de tipo inverso (tiempo dependiente). Adicionalmente, pueden existir reenganches posteriores al primer disparo, que solo influirán en los cálculos si se producen en un tiempo inferior a los 0,5 segundos.

- **La intensidad máxima de defecto** a tierra en los centros de transformación, viene determinada por la reactancia presente en la subestación perteneciente a la planta fotovoltaica, en este caso se considera una intensidad de defecto de 1.000 A.

5.4 Diseño preliminar del sistema de tierras

5.4.1 Sistema de tierras

Según el diseño de la puesta a tierra, se considera una línea general enterrada de cable de cobre desnudo de 35 mm², que discurre según planos y terminando en el anillo del Centro de Transformación que corresponda.

El sistema de puesta a tierra de protección unirá las partes metálicas de los trackers, cajas de concentración, inversores, anillo del centro de transformación y del anillo de la puesta a tierra del centro de vigilancia, control y seguridad se unirá a la puesta a tierra del conjunto perteneciente al Centro de Transformación más cercano, siendo cada puesta a tierra de cada Centro de Transformación independiente.

Todas las partes metálicas accesibles de los trackers se encuentran conectadas entre sí, mediante puente con cable aislado 16 mm². Cada alineación de trackers se conecta a tierra con el cable desnudo enterrado que discurre por la zanja general de tierras, mediante cable aislado 35 mm², así como cada caja de concentración de string, según puede comprobarse en planos.

Cada caja de conexión dispondrá en su soporte de su tierra correspondiente, con un cable corrido de tierra, unido a éstas entre sí mediante una línea de enlace a base de conductor de cobre desnudo y de sección 35 mm². Este conductor de enlace discurrirá por la canalización de BT.

Todas las cajas de conexión se conectarán al punto de puesta a tierra del soporte, mediante conductor de cobre aislado, de color amarillo-verde y sección mínima 16 mm².

El vallado y el sistema de antiintrusismo se conectan juntos a tierra mediante cable desnudo y picas de 1,5 m de profundidad y 14 mm de diámetro.

No se considera la instalación de pararrayos en la instalación fotovoltaica, salvo en la subestación, ya que se trata de una instalación de poca altura y dicha instalación se protegerá contra sobretensiones mediante descargadores.

La puesta a tierra del neutro del transformador de SS. AA. de cada Centro de Transformación será independiente.

5.4.2 Dimensiones de la puesta a tierra

A continuación, se indicarán las dimensiones de la puesta tierra en las diferentes situaciones:

- Puesta a Tierra general de Planta.
 - Longitud: 14.852 m.
- Puesta a Tierra CT1 – CT7:
 - Longitud: 38,76 m.
 - Dimensiones: 14,36 x 5,02 m.
- Puesta a Tierra CT8:
 - Longitud: 26,52 m.
 - Dimensiones: 8,48 x 4,78 m.
- Centro de vigilancia, control y seguridad:
 - Longitud: 31,10 m.

- Dimensiones: 10,80 x 4,75 m.

6 CÁLCULO DE LA RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA DE PLANTA FOTOVOLTAICA

6.1 Datos de cálculo

A continuación, se indican los datos para el cálculo de la puesta a tierra:

- Resistividad del terreno (ρ_t) 200 Ω m.
- Resistividad superficial (ρ_s) 1.500 Ω m. (suelo pedregoso)
- Resistividad superficial (ρ_s) 3.000 Ω m. (Hormigón)
- Régimen de neutro Conectado directo a tierra
- Tiempo máximo de desconexión 0,5 seg.
- Intensidad de defecto máxima 15 A (intensidad fusible)
- Tensión de aislamiento en BT 10.000 V.
- Conductor Cu 35 mm².
- Régimen TT

6.2 Cálculo de la resistencia de puesta a tierra

El cálculo de la resistencia de un conductor enterrado horizontalmente según el MIE-RAT, se realiza con la siguiente fórmula:

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

Siendo:

ρ = Resistividad del terreno (Ω m)

L = Profundidad de enterramiento. (m)

$$R = 2 \cdot \frac{\rho}{L} = 2 \cdot \frac{200}{14.852} = 0,029 \Omega$$

Para la intensidad de defecto se tomarán las intensidades de los equipos de protección.

Las líneas de corriente continua están protegidas por fusibles de 15 A.

La tensión de defecto de la puesta a tierra será:

$$U_d = R_t \cdot I_d = 0,029 \times 15 = 0,435 V$$

6.3 Tensiones de paso y contacto admisibles

Tensión de paso:

Es la diferencia de potencial entre dos puntos de un terreno que pueden ser tocados simultáneamente por una persona; su valor permisible está dado por:

$$V_p = 10 \cdot \frac{K}{t^n} \cdot \left(1 + \frac{6 \cdot \rho_s}{1000}\right)$$

Siendo:

K = Constante. K=72 para tiempos inferiores a 0,9 seg.

t = Tiempo de duración de la falla.

n = Constante. n=1 para tiempos inferiores a 0,9 seg.

ρ_s = Resistividad superficial.

Tensión de contacto:

Es la diferencia de potencial entre un punto en la superficie del terreno y cualquier otro punto que se pueda ser tocado simultáneamente por una persona; su valor permisible está dado por:

$$V_c = \frac{K}{t^n} \cdot \left(1 + \frac{1,5 \cdot \rho_s}{1000}\right)$$

Siendo:

K = Constante. K=72 para tiempos inferiores a 0,9 seg.

t = Tiempo de duración de la falla.

n = Constante. n=1 para tiempos inferiores a 0,9 seg.

ρ_s = Resistividad superficial.

6.3.1 Resultado tensiones paso y contacto admisibles

TENSIONES PASO Y CONTACTO ADMISIBLES		
Tensión en terreno pedregoso-desnudo	Vp	14.400 V
	Vc	468 V
Tensión en grava u hormigón	Vp	27.360 V
	Vc	792 V

6.4 Cálculo tensiones de paso y contacto reales

6.4.1 Tensiones de Paso y de Contacto

La tensión de paso real está dada por:

$$E_p = k_s \cdot k_i \cdot \frac{\rho \cdot I}{L}$$

Siendo:

- E_p = Tensión de paso real en voltios.
- k_s = Coeficiente que tiene en cuenta, la influencia combinada de la profundidad y del espaciamiento de la malla.
- k_i = Coeficiente de irregularidad del terreno.
- ρ = Resistividad del suelo (Ω -m)
- I = Corriente máxima de falla (Amp)
- L = Longitud total del conductor (m)

La tensión de contacto real está dado por:

$$E_c = k_m \cdot k_i \cdot \frac{\rho \cdot I}{L}$$

Siendo:

E_c = Tensión de contacto en voltios.

k_m = Coeficiente que tiene en cuenta las características geométricas de la malla.

6.4.2 Cálculo de factores

Cálculo de la longitud total de conductores:

$$L = L_c$$

Siendo:

L_c = Longitud de conductores enterrados en la malla.

Cálculo del factor k_m :

$$k_m = \frac{1}{2\pi} \ln\left(\frac{D^2}{16hd}\right) + \frac{1}{\pi} \ln\left(\frac{3}{4} \cdot \frac{5}{6} \cdot \frac{7}{8} \cdots\right) \quad n - 2 \text{ términos}$$

Cálculo del factor k_i :

$$k_i = 0,65 + 0,172n \quad n \leq 7$$

$$k_i = 2 \quad n > 7$$

Cálculo del factor ks:

$$k_s = \frac{1}{\pi} \left(\frac{1}{2h} + \frac{1}{D+h} + \frac{1}{2D} + \frac{1}{3D} + \dots \right)$$

Siendo:

D= Espaciamiento entre conductores (m).

h= Profundidad de enterramiento (m).

d= Diámetro del conductor (m)

6.4.3 Comparación de Potenciales

TENSIONES PASO Y CONTACTO				
Emplazamiento	Tensiones	Tensiones admisibles (V)	Tensiones Reales (V)	V'p ≤ Vp y V'c ≤ Vc SI - CUMPLE NO - NO CUMPLE
Tensión en terreno pedregoso-desnudo	Tensión de Paso	Vp = 14.400	V'p = 0,52	SI
	Tensión de Contacto	Vc = 468	V'c = 6,6	SI
Tensión en grava u hormigón	Tensión de Paso	Vp = 27.360	V'p = 7,75	SI
	Tensión de Contacto	Vc = 792	V'c = 99,6	SI

Las tensiones de contacto y paso en el interior de los edificios serán prácticamente cero, debido al mallazo equipotencial de las salas eléctricas.

Con éstos resultados se comprueba que la red de tierras sí ofrece la seguridad que se requiere.

7 CONCLUSIÓN

En la presente memoria se ha indicado las siguientes condiciones:

- Las tensiones de paso y contacto admisibles son mayores a las tensiones reales en la planta fotovoltaica.

Mediante el cumplimiento de las principales condiciones expuestas, se llega a la conclusión que el electrodo de la puesta a tierra de la planta fotovoltaica “ZITRO I”, es correcto.

III. PRESUPUESTO

ÍNDICE

CAPÍTULO 01. MAQUINARIA Y EQUIPOS.	3
SUBCAPÍTULO 01.01: SISTEMA GENERADOR.	3
SUBCAPÍTULO 01.02: CIRCUITOS CC.	4
SUBCAPÍTULO 01.03: CIRCUITOS CA.	4
SUBCAPÍTULO 01.04: INSTALACIÓN DE ENLACE.	5
SUBCAPÍTULO 01.05: PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS.	7
SUBCAPÍTULO 01.06: RED DE TIERRAS.	8
SUBCAPÍTULO 01.07: INSTALACIÓN DE SEGURIDAD.	8
SUBCAPÍTULO 01.08: COMUNICACIONES.	10
RESUMEN CAPÍTULO 01: MAQUINARIA Y EQUIPOS	11
CAPÍTULO 02. OBRA CIVIL Y MANO DE OBRA.	12
SUBCAPÍTULO 02.01: INSTALACIÓN-MONTAJE MAQUINARIA Y EQUIPOS.	12
SUBCAPÍTULO 02.02: TRABAJOS PREVIOS.	12
SUBCAPÍTULO 02.03: ZANJAS Y ARQUETAS.	13
RESUMEN CAPÍTULO 02: OBRA CIVIL Y MANO DE OBRA.	14
CAPÍTULO 03. SEGURIDAD Y SALUD.	15
RESUMEN GENERAL DEL PRESUPUESTO.	15

CAPÍTULO 01. MAQUINARIA Y EQUIPOS.

SUBCAPÍTULO 01.01: SISTEMA GENERADOR.

CODIGO	UNIDADES	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
1		CAPÍTULO 01 MAQUINARIA Y EQUIPOS			
01.01		SUB CAPÍTULO 01.01 SISTEMA GENERADOR			
01.01.01	ud	PANEL SOLAR FOTOV.MONO-CRIS. 345W SUMINISTRO DE MODULO SOLAR FOTOVOLTAICO MONO-CRISTALINO DE 345 WP, ASTROENERGY O SIMILAR, DE DIMENSIONES 1954X990X40 MM, PARA INSTALAR EN ESTRUCTURA.	144.480	94,00 €	13.581.120,00 €
01.01.02	ud	INVERSOR 125 KW POTENCIA NOMINAL SUMINISTRO DE INVERSOR KACO BP 125,0 TL3 O SIMILAR DE 125 KW NOMINALES, TENSIÓN DE SALIDA 600 V TRIFÁSICA A 50 HZ. INCLUYE PROTECCIÓN CONTRA TENSIONES Y FRECUENCIAS FUERA DE RANGO, SISTEMA DE MONITORIZACIÓN,	344	3.750,00 €	1.290.000,00 €
01.01.03	ud	SOPORTE CAJAS DE CONCENTRACION SUMINISTRO DE SOPORTES CAJA DE CONCENTRACION	344	45,20 €	15.548,80 €
01.01.04	ud	SUMINISTRO SOPORTES DE INVERSORES SUMINISTRO DE SOPORTES INVERSORES	344	52,60 €	18.094,40 €
01.01.05	ud	CAJAS DE CONCENTRACION 1,500 V SUMINISTRO DE CAJA DE CONCENTRACION, ENTRADA SALIDA 1,500 V, DIECISEIS ENTRADAS, UNA SALIDA AL INVERSOR, CON LAS PROTECCIONES CORRESPONDIENTES	344	726,39 €	249.878,16 €
01.01.06	ud	SEGUIDOR A UN EJE HORIZONTAL (Nº DE MESAS) SUMINISTRO DE ESTRUCTURA SEGUIDOR A UN EJE HORIZONTAL, PARA SOPORTAR PANELES FOTOVOLTAICOS, FABRICADA EN ACERO GALVANIZADO. PERFILES Y TORNILLERÍA DE FIJACIÓN INCLUIDOS.	2580	1.850,00 €	4.773.000,00 €
		TOTAL SUBCAPÍTULO 01 MAQUINARIA Y EQUIPOS.....			19.927.641,36 €

SUBCAPÍTULO 01.02: CIRCUITOS CC.

CODIGO	UNIDADES	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
01.02		SUBCAPÍTULO 01.02 CIRCUITOS CC			
01.02.01	M	CIRCUITO CC 6 MM2 CU SUMINISTRO Y TENDIDO CABLE UNIPOLAR TIPO HIZ2Z2-K (CU) 2X6 MM ² CON AISLAMIENTO 1,8 KV, SOBRE ABRAZADERA, BANDEJA PERFORADA, ENTERRADOS O BAJO TUBO, PARA ENLACE EN CORRIENTE CONTINUA DESDE EL CUADRO DE CONEXIÓN DEL 1º NIVEL HASTA LOS STRING CORRESPONDIENTES, INSTALACION Y CONEXIONADO INCLUIDOS	410.000,00	0,86 €	352.600,00 €
01.02.02	M	CIRCUITO CC UNIONES SUMINISTRO E INSTALACION DE CONECTORES PARA CABLE DE 1X6 CU, SOBRE ABRAZADERA, BANDEJA PERFORADA, PARA ENLACE EN CORRIENTE CONTINUA DESDE EL CUADRO DE CONEXIÓN DEL 1º NIVEL HASTA LOS STRING CORRESPONDIENTES,	10.320,00	2,50 €	25.800,00 €
		TOTAL SUBCAPÍTULO 01.02 CIRCUITOS DE CC.....			378.400,00 €

SUBCAPÍTULO 01.03: CIRCUITOS CA.

CODIGO	UNIDADES	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
01.03		SUBCAPÍTULO 01.03 CIRCUITOS CA			
01.03.01	M	SUMINISTRO Y TENDIDO LINEA DE CA 0,6/1KV AL240 MM² SUMINISTRO Y TENDIDO DE CIRCUITO ELECTRICO, TIPO RV (AL) 1X240 MM ² 72688 CON AISLAMIENTO 0,6/1 KV, SOBRE ABRAZADERA, BANDEJA PERFORADA, ENTERRADOS O BAJO TUBO, PARA ENLACE EN CORRIENTE ALTERNA DESDE LOS INVERSORES HASTA EL MASTERPACK, INSTALACIÓN Y CONEXIONADO INCLUIDOS.	34.600,00	7,90 €	273.340,00 €
		TOTAL SUBCAPÍTULO 01.03 CIRCUITOS DE CA.....			273.340,00 €

SUBCAPÍTULO 01.04: INSTALACIÓN DE ENLACE.

CODIGO	UNIDADES	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
01.04		SUBCAPÍTULO 01.04 INSTALACION DE ENLACE			
01.04.01	M	RED M.T.CALZ. 3(1x95)AI 18/30kV SUMINISTRO Y TENDIDO DE RED ELÉCTRICA DE MEDIA TENSIÓN TRAF0 CELDAS, REALIZADA CON CABLES CONDUCTORES DE 3(1X95) AL. 18/30 KV., CON AISLAMIENTO DE DIELECTRICO SECO, FORMADOS POR: CONDUCTOR DE ALUMINIO COMPACTO DE SECCIÓN CIRCULAR, PANTALLA SOBRE EL CONDUCTOR DE MEZCLA SEMICONDUCTORA, AISLAMIENTO DE ETILENO PROPILELENO (HPR), PANTALLA SOBRE EL AISLAMIENTO DE MEZCLA SEMICONDUCTORA PELABLE NO METÁLICA ASOCIADA A UNA CORONA DE ALAMBRE Y CONTRAESPIRA DE COBRE Y CUBIERTA TERMOPLÁSTICA A BASE DE POLIOLEFINA, EN INSTALACIÓN INTERIOR , SUMINISTRO Y MONTAJE DE CABLES CONDUCTORES, PRUEBAS DE RIGIDEZ DIELECTRICA, TOTALMENTE INSTALADA, TRANSPORTE, MONTAJE Y CONEXIONADO	260	37,00 €	9.620,00 €
01.04.02	M	RED M.T.CALZ. 3(1x150)AI 18/30kV SUMINISTRO Y TENDIDO DE RED ELÉCTRICA DE MEDIA TENSIÓN BAJO ZANJA, REALIZADA CON CABLES CONDUCTORES DE 3(1X150)AL. 18/30 KV., CON AISLAMIENTO DE DIELECTRICO SECO, FORMADOS POR: CONDUCTOR DE ALUMINIO COMPACTO DE SECCIÓN CIRCULAR, PANTALLA SOBRE EL CONDUCTOR DE MEZCLA SEMICONDUCTORA, AISLAMIENTO DE ETILENO PROPILELENO (HPR), PANTALLA SOBRE EL AISLAMIENTO DE MEZCLA SEMICONDUCTORA PELABLE NO METÁLICA ASOCIADA A UNA CORONA DE ALAMBRE Y CONTRAESPIRA DE COBRE Y CUBIERTA TERMOPLÁSTICA A BASE DE POLIOLEFINA, EN INSTALACIÓN SUBTERRÁNEA, EN ZANJA DE 60 CM. DE ANCHO Y 120 CM. DE PROFUNDIDAD, TOTALMENTE INSTALADA, TRANSPORTE, MONTAJE Y CONEXIONADO.	5.715,00	51,00 €	291.465,00 €
01.04.03	M	RED M.T.CALZ. 3(1x240)AI 18/30kV SUMINISTRO Y TENDIDO DE RED ELÉCTRICA DE MEDIA TENSIÓN BAJO ZANJA, REALIZADA CON CABLES CONDUCTORES DE 3(1X240)AL. 18/30 KV., CON AISLAMIENTO DE DIELECTRICO SECO, FORMADOS POR: CONDUCTOR DE ALUMINIO COMPACTO DE SECCIÓN CIRCULAR, PANTALLA SOBRE EL CONDUCTOR DE MEZCLA SEMICONDUCTORA, AISLAMIENTO DE ETILENO PROPILELENO (HPR), PANTALLA SOBRE EL AISLAMIENTO DE MEZCLA SEMICONDUCTORA PELABLE NO METÁLICA ASOCIADA A UNA CORONA DE ALAMBRE Y CONTRAESPIRA DE COBRE Y CUBIERTA TERMOPLÁSTICA A BASE DE POLIOLEFINA, EN INSTALACIÓN SUBTERRÁNEA, EN ZANJA DE 60 CM. DE ANCHO Y 120 CM. DE PROFUNDIDAD, TOTALMENTE INSTALADA, TRANSPORTE, MONTAJE Y CONEXIONADO.	460,00	86,00 €	39.560,00 €
01.04.04	UD	CENTRO DE TRANSFORMCION 6,300 KVA	6	81.000,00 €	486.000,00 €

		<p>CENTRO DE TRANSFORMACIÓN PARA 2 TRANSFORMADORES DE 3,150 KVA, FORMADO POR CASETA DE HORMIGÓN PREFABRICADA TIPO PF-303 O SIMILAR, DE DIMENSIONES 11960X2620X3200 MM , MONOBLOQUE, TOTALMENTE ESTANCA, CONTIENE UN CUADRO DE BAJA TENSION, PARA ACOMETIDA DE CAJAS DE CENTRALIZACION Y SALIDA A TRAFOS CON CABLE DE 2X630 MM2 AL POR FASE, CON PROTECCION TIPO MASTER PACT DE 2500 AMP.</p> <p>CABINAS METÁLICAS HOMOLOGADAS MODULARES DE 400 A TIPO ORMAZABAL CGMCOSMOS ,EQUIPADAS CON:</p> <p>1 CELDA DE ENTRADA 2 CELDAS DE PROTECCIÓN POR INTERRUPTOR AUTOMÁTICO PARA TRANSFORMADOR 1 CELDA DE SALIDA CON PROTECCIÓN POR INTERRUPTOR AUTOMÁTICO EN CABECERA Y EN LOS CAMBIOS DE SECCIÓN DE LÍNEA DE SALIDA. 2 TRANSFORMADORES EN BAÑO DE ACEITE DE 3,150 KVA., TERMINALES, ACCESORIOS, TRANSPORTE MONTAJE Y CONEXIONADO. INCLUYE OBRA CIVIL, TOTALMENTE INSTALADO</p>			
01.04.05	UD	<p>CENTRO DE TRANSFORMACION 4,200 KVA</p> <p>CENTRO DE TRANSFORMACIÓN PARA 2 TRANSFORMADORES DE 2,100 KVA, FORMADO POR CASETA DE HORMIGÓN PREFABRICADA TIPO PF-303 O SIMILAR, DE DIMENSIONES 11960X2620X3200 MM , MONOBLOQUE, TOTALMENTE ESTANCA, CONTIENE UN CUADRO DE BAJA TENSION, PARA ACOMETIDA DE CAJAS DE CENTRALIZACION Y SALIDA A TRAFOS CON CABLE DE 2X630 MM2 AL POR FASE, CON PROTECCION TIPO MASTER PACT DE 2500 AMP.</p> <p>CABINAS METÁLICAS HOMOLOGADAS MODULARES DE 400 A TIPO ORMAZABAL CGMCOSMOS ,EQUIPADAS CON:</p> <p>1 CELDA DE ENTRADA 2 CELDAS DE PROTECCIÓN POR INTERRUPTOR AUTOMÁTICO PARA TRANSFORMADOR 1 CELDA DE SALIDA CON PROTECCIÓN POR INTERRUPTOR AUTOMÁTICO EN CABECERA Y EN LOS CAMBIOS DE SECCIÓN DE LÍNEA DE SALIDA. 2 TRANSFORMADORES EN BAÑO DE ACEITE DE 2,100 KVA., TERMINALES, ACCESORIOS, TRANSPORTE MONTAJE Y CONEXIONADO. INCLUYE OBRA CIVIL, TOTALMENTE INSTALADO</p>	1	72.900,00 €	72.900,00 €
01.04.06	UD	<p>CENTRO DE TRANSFORMACION 3,150 KVA</p>	1	51.170,00 €	51.170,00 €

		<p>CENTRO DE TRANSFORMACIÓN PARA 1 TRANSFORMADOR DE 3.150 KVA, FORMADO POR CASETA DE HORMIGÓN PREFABRICADA TIPO PF-303 O SIMILAR, DE DIMENSIONES 11960X2620X3200 MM , MONOBLOQUE, TOTALMENTE ESTANCA, CONTIENE UN CUADRO DE BAJA TENSION, PARA ACOMETIDA DE CAJAS DE CENTRALIZACION Y SALIDA A TRAF0 CON CABLE DE 2X630 MM2 AL POR FASE, CON PROTECCION TIPO MASTER PAK DE 2500 AMP.</p> <p>CABINAS METÁLICAS HOMOLOGADAS MODULARES DE 400 A TIPO ORMAZABAL CGMCOSMOS ,EQUIPADAS CON:</p> <p>1 CELDA DE ENTRADA 1 CELDA DE PROTECCIÓN POR INTERRUPTOR AUTOMÁTICO PARA TRANSFORMADOR 1 CELDA DE SALIDA CON PROTECCIÓN POR INTERRUPTOR AUTOMÁTICO EN CABECERA Y EN LOS CAMBIOS DE SECCIÓN DE LÍNEA DE SALIDA. 1 TRANSFORMADOR EN BAÑO DE ACEITE DE 3,150 KVA., TERMINALES, ACCESORIOS, TRANSPORTE MONTAJE Y CONEXIONADO. INCLUYE OBRA CIVIL, TOTALMENTE INSTALADO</p>			
		TOTAL SUBCAPÍTULO 01.04 INSTALACIONES DE ENLACE.....			950.715,00 €

SUBCAPÍTULO 01.05: PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS.

CODIGO	UNIDADES	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
01.05		SUBCAPÍTULO 01.05 PROTECCION CONTRA INCENDIOS			
	UD	EXTINTOR MANUAL CO2			
01.05.01		EXTINTOR MANUAL DE CO2 DE 2 KG, COLOCADO SOBRE SOPORTE FIJACIÓN A PARAMENTO VERTICAL, INCLUSO P.P. DE PEQUEMO MATERIAL Y DESMONTAJE, SEGÚN O.G.S.H.T. (O.M. MARZO 1971), VALORADO EN FUNCIÓN DEL NÚMERO ÓPTIMO DE UTILIZACIONES, MEDIA LA UNIDAD INSTALADA.	9	42,00 €	378,00 €
	UD	EXTINTOR MANUAL POLVO SECO ABC			
01.05.02		EXTINTOR MANUAL DE A.F.P.G. DE POLVO SECO POLIVALENTE A.B.C. DE 6 KG COLOCADO SOBRE SOPORTE FIJACIÓN A PARAMENTO VERTICAL, INCLUSO P.P. DE PEQUEMO MATERIAL Y DESMONTAJE, SEGÚN O.G.S.H.T. (O.M. MARZO 1971), VALORADO EN FUNCIÓN DEL NÚMERO ÓPTIMO DE UTILIZACIONES, MEDIA LA UNIDAD INSTALADA.	9	125,00 €	1.125,00 €
		TOTAL SUBCAPÍTULO 01.05 PROTECCION CONTRA INCENDIOS.....			1.503,00

SUBCAPÍTULO 01.06: RED DE TIERRAS.

CODIGO	UNIDADES	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
01.06		SUBCAPÍTULO 01.06 RED DE TIERRAS			
01.06.01	UD	PICA DE COBRE L=1,5 M R=14 MM CU PICA DE COBRE PUESTA A TIERRA, SEGÚN PLANO DE TIERRAS, CON UNA LONGITUD DE 1,5 METROS Y R=14 MM CON LATIGUILLO Y CONEXIÓN	72	39,20 €	2.822,40 €
01.06.02	M	CABLE COBRE DESNUDO 35 MM2 CABLE DE COBRE DESNUDO PARA RED EQUIPOTENCIAL DE PUESTA A TIERRA DE TODAS LAS MASAS EN CONTINUA, INCLUSO VALLA EXTERIOR Y PARARRAYOS. CON UNA SECCIÓN DE 50 MM2, ENTERRADO, TOTALMENTE INSTALADO Y CONEXIONADO EN LOS PUNTOS MARCADOS EN EL PLANO DE TIERRAS	18855	4,20 €	79.191,00 €
01.06.03	UD	PUNTO DE AMARRE O GRAPADO ENTRE MASAS PUNTO DE AMARRE O GRAPADO ENTRE MASAS PARA GARANTIZAR LA CONTINUIDAD DE LA PUESTA TIERRA ENTRE TODAS LAS MASAS DE LA INSTALACIÓN EN CONTINUA. INCLUSO 40 CM DE CABLE DE COBRE DESNUDO 50 MM2 POR CADA PUNTO DE AMARRE. TOTALMENTE INSTALADO	1973	10,30 €	20.321,90 €
TOTAL SUBCAPITULO 01.06 RED DE TIERRAS.....					102.335,30

SUBCAPÍTULO 01.07: INSTALACIÓN DE SEGURIDAD.

CODIGO	UNIDADES	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
01.07		SUBCAPÍTULO 01.07 INSTALACIONES DE SEGURIDAD			
01.07.01	M	VALLADO PARCELA VALLADO DE LA PARCELA, REALIZADO CON VALLA METÁLICA DE SEGURIDAD (SIMPLE TORSION), DE 2 M DE ALTURA, CON PUERTAS DE DOS HOJAS. TOTALMENTE EJECUTADA.	8030	6,10 €	48.983,00 €
01.07.02	UD	EDIFICIO PREFABRICADO SEGURIDAD Y CONTROL EDIFICIO PREFABRICADO PARA CONTROL Y VIGILANCIA DIMENSIONES 8X2,2,6 X2,40 M, CON SUPERFICIE TOTAL DE 32 M² UTILES. 1 OFICINA 1 ALMACEN 1 ASEO CERRAMIENTOS INTERIORES PARA ALOJAR SALA DE CONTROL, ALMACÉN, Y ASEO. SEGÚN PROYECTO. TOTALMENTE ACABADA, CON CIMENTACIÓN Y CON TODAS LAS INSTALACIONES INTERIORES	1	25.620,00 €	25.620,00 €
01.07.03	UD	BÁCULO COLUMNA 5 M. SOPORTE CAMARAS Y BARRERAS A. I.	72	290,00 €	20.880,00 €

		BÁCULO DE 5 M TIPO COLUMNA, REALIZADO EN ACERO GALVANIZADO PARA SOPORTE DE CAMARAS, PARA SEGURIDAD EXTERIOR DE LA PARCELA. INCLUSO ZAPATA SOPORTE, SEGÚN PLANOS, Y CONEXIONADO A TIERRA			
01.07.04	UD	LUMINARIA TIPO PROYECTOR LED 100W	4	180,00 €	720,00 €
		LUMINARIA TIPO PROYECTOR LED DE 100 W DE POTENCIA PARA INSTALAR EN BÁCULO			
01.07.05	M	SUMINISTRO Y TENDIDO CABLE PARA INSTALACIÓN ENTERRADA BAJO TUBO DE 16 MM2	8395	6,62 €	55.574,90 €
		CONDUCTOR COBRE, DE 3X16 MM2 DE SECCIÓN, CON TIPO RVK-0,6/1 KV, SEGUN UNE 21123, INCLUYENDO PARTE PROPORCIONAL DE TERMINALES PARA CONEXION A BORNES. COLOCADO Y CONEXIONADO			
01.07.06	M	SUMINISTRO Y TENDIDO CABLE COAXIAL 75 OHM	36000	1,75 €	63.000,00 €
		TENDIDO CABLE COAXIAL 75 OHM BAJO TUBO, PARA ENLACE DE SEGURIDAD, INSTALACIÓN Y CONEXIONADO INCLUIDOS.			
01.07.07	UD	CÁMARA DE TELEVISIÓN MÓVIL SEGURIDAD	72	245,00 €	17.640,00 €
		INSTALACION CAMARA DE SEGURIDAD MODELO SCH 737 P O SIMILAR DETECCION ANTI INTRUSISMO, INSTALACIÓN Y CONEXIONADO INCLUIDOS.			
01.07.08	UD	PROYECTOR ASOCIADO A CAMARA DE SEGURIDAD	72	112,00 €	8.064,00 €
		PROYECTOR DE ILUMINACION ASOCIADO A CAMARA DE VIGILANCIA, INSTALACIÓN Y CONEXIONADO INCLUIDOS.			
01.07.09	UD	CUADRO CONTROL SISTEMA VIGILANCIA Y TELECOMUNICACIONES	8	950,00 €	7.600,00 €
		CUADRO DE CONTROL CON LOS ELEMENTOS NECESARIOS PARA EL SISTEMA DE VIGILANCIA Y TELECOMUNICACIONES			
TOTAL SUBCAPÍTULO 01.07 INSTALACIONES DE SEGURIDAD.....					248.081,90 €

SUBCAPÍTULO 01.08: COMUNICACIONES.

CODIGO	UNIDADES	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
01.08		SUBCAPÍTULO 01.08 COMUNICACIONES			
01.08.01	UD	PUNTO DE ACCESO	9	340,00 €	3.060,00 €
		DE PUNTO DE ACCESO A USUARIO EN ZONA COMÚN, COMPUESTO POR SERVICIO DE INTERNET BIDIRECCIONAL POR SATÉLITE, CON ACCESO A INTERNET POR BANDA ANCHA INDEPENDIENTE A CUALQUIER OPERADOR.			
01.08.02	M	CABLE FIBRA OPTICA 24 FIBRAS	10900	2,50 €	27.250,00 €
		DE CABLE PARA BS DE COMUNICACIONES "PROFIBUS" DE FIBRA ÓPTICA MULTIMODO DE 24 FIBRAS PARA INSTALACIÓN EXTERIOR Y ANTIROEDORES. MARCA LEONI, TIPO A-DQ(ZN)B2Y. INSTALADO DIRECTAMENTE ENTERRADO EN ZANJA, INCLUYENDO ELEMENTOS DE FIJACIÓN Y CONEXIONADO.			
01.08.03	UD	CONTROL Y MONITORIZACIÓN	8	2.100,00 €	16.800,00 €
		CONTROL DE SISTEMA COMPUESTO POR ESTACIÓN METEOROLÓGICA PC'S PARA ADQUISICIÓN DE DATOS Y OTROS PARAMETROS DE CONTROL Y GESTIÓN DE INSTALACIÓN CON SOFTWARE ESPECÍFICO PARA ÉSTE. INCLUIDO HUB, Y SAI PARA LA RED A INSTALAR.			
01.08.04	UD	SENSOR DE TEMPERATURA	8	125,00 €	1.000,00 €
		SENSOR DE TEMPERATURA POR RESISTENCIA.TOTALMENTE INSTALADO Y CONECTADA AL SISTEMA DE CONTROL. TOTALMENTE INTALADO AL SISTEMA DE CONTROL			
01.08.05	UD	SENSOR DE INSOLACIÓN	8	132,00 €	1.056,00 €
		DE CÉLULA CALIBRADA QUE POSEE UNA SALIDA DE TIPO SEÑAL, A LA CUAL SE TIENE QUE CONECTAR UN VOLTÍMETRO CON ALTA IMPEDANCA DE ENTRADA. LA SEÑAL DE SALIDA ES DIRECTAMENTE PROPORCIONAL A LA RADICACIÓN SOLAR INCIDENTE. TOTALMENTE INSTALADO AL SISTEMA DE CONTROL			
TOTAL SUBCAPÍTULO 02.010 COMUNICACIONES.....					49.166,00 €

TOTAL SUBCAPÍTULO 01 MAQUINARIA Y EQUIPOS.....	21.931.182,56 €
--	------------------------

RESUMEN CAPITULO 01: MAQUINARIA Y EQUIPOS

01.01	SUBCAPÍTULO 01.01 SISTEMA GENERADOR	19.927.641,36 €
01.02	SUBCAPÍTULO 01.02 CIRCUITOS DE CC	378.400,00 €
01.03	SUBCAPÍTULO 01.03 CIRCUITOS DE CA	273.340,00 €
01.04	SUBCAPÍTULO 01.04 INSTALACIONES DE ENLACE	950.715,00 €
01.05	SUBCAPÍTULO 01.05 PROTECCION CONTRA INCENDIOS	1.503,00 €
01.06	SUBCAPÍTULO 01.06 RED DE TIERRAS	102.335,30 €
01.07	SUBCAPÍTULO 01.07 INSTALACIONES DE SEGURIDAD	248.081,90 €
01.08	SUBCAPÍTULO 01.08 COMUNICACIONES	49.166,00 €
	TOTAL CAPÍTULO 01 MAQUINARIA Y EQUIPOS	21.931.182,56 €

CAPÍTULO 02. OBRA CIVIL Y MANO DE OBRA.

SUBCAPÍTULO 02.01: INSTALACIÓN-MONTAJE MAQUINARIA Y EQUIPOS.

CODIGO	UNIDADES	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
2		CAPÍTULO 2 OBRA CIVIL Y MANO DE OBRA			
02.01		SUBCAPÍTULO 02.01 INSTALACION-MONTAJE MAQUINARIA Y EQUIPOS			
02.01.01	UD	PANEL SOLAR FOTOV.MONO-CRIS. 345W P MIX MONTAJE DE MODULO SOLAR FOTOVOLTAICO MONO-CRISTALINO DE 345 WP, ASTROENERGY O SIMILAR, DE DIMENSIONES 1954X990X40 MM, PARA INSTALAR EN ESTRUCTURA.	144480	1,20 €	173.376,00 €
02.01.02	UD	MONTAJE DE SOPORTES CAJAS DE CONCENTRACION MONTAJE DE SOPORTE CAJAS DE CONCENTRACION SISTEMAS AUXILIARES, TOTALMENTE INSTALADO	344	25,00 €	8.600,00 €
02.01.03	UD	MONTAJE DE SOPORTES INVERSORES MONTAJE DE SOPORTE DE INVERSORES, SISTEMAS AUXILIARES, TOTALMENTE INSTALADO	344	28,00 €	9.632,00 €
02.01.04	UD	CAJAS DE CONCENTRACION 1,500 V MONTAJE DE CAJA DE CONCENTRACION, ENTRADA SALIDA 1,500 V, DIECISEIS ENTRADAS, UNA SALIDA AL INVERSOR, CON LAS PROTECCIONES CORRESPONDIENTES	344	150,00 €	51.600,00 €
02.01.05	UD	INVERSOR 125 KW POTENCIA NOMINAL MONTAJE DE INVERSOR KACO BP 125,0 TL3 O SIMILAR DE 50 KW NOMINALES, TENSION DE SALIDA 600 V TRIFÁSICA A 50 HZ. INCLUYE PROTECCIÓN CONTRA TENSIONES Y FRECUENCIAS FUERA DE RANGO, SISTEMA DE MONITORIZACIÓN,	344	250,00 €	86.000,00 €
02.01.06	UD	SEGUIDOR A UN EJE HORIZONTAL MONTAJE ESTRUCTURA SEGUIDOR A UN EJE HORIZONTAL, PARA SOPORTAR PANELES FOTOVOLTAICOS, FABRICADA EN ACERO GALVANIZADO. PERFILES Y TORNILLERÍA DE FIJACIÓN INCLUIDOS.	2580	126,00 €	325.080,00 €
TOTAL SUBCAPÍTULO 02.01 INSTALACIÓN-MONTAJE.....					654.288,00 €

SUBCAPÍTULO 02.02: TRABAJOS PREVIOS.

CODIGO	UNIDADES	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
02.02		SUBCAPÍTULO 02.02 TRABAJOS PREVIOS			
02.02.01	M2	ACONDICIONAMIENTO DEL TERRENO ACONDICIONAMIENTO PREVIO DEL TERRENO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA PLANTA, CONSISTIENDO EN LIMPIEZA Y NIVELAMIENTO EN ZONAS DONDE SEA NECESARIO PARA LA INSTALACIÓN.	831600	0,90 €	748.440,00 €
TOTAL SUBCAPITULO 02.02 TRABAJOS PREVIOS.....					748.440,00 €

SUBCAPÍTULO 02.03: ZANJAS Y ARQUETAS.

CODIGO	UNIDADES	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
02.03		SUBCAPÍTULO 02.03 ZANJAS Y ARQUETAS			
02.03.01	UD	CUADRO ALUMBRADO PARCELA	1	451,65 €	451,65 €
		CUADRO PARA ALUMBRADO DE PARCELA SEGÚN ESQUEMA UNIFILAR ADJUNTO, CON LOS ELEMENTOS DE PROTECCIÓN DEFINIDOS EN EL MISMO. TOTALMENTE INSTALADO Y CONEXIONADO, INCLUCOS PUESTA A TIERRA.			
02.03.02	M	ZANJA ANCHO 30 CM DISTRIBUCIÓN CABLEADO PERIMETRAL	7300	4,39 €	32.047,00 €
		ZANJA PARA DISTRIBUCIÓN DE CABLEADO, DE DIMENSIONES 30 CM DE ANCHO POR 60 CM DE ALTO, PARA DISPOSICIÓN DE TUBOS DE ALUMBRADO Y ALIMENTACIÓN DE FUENTES DE ALIMENTACIÓN, ASÍ COMO DEL CIRCUITO DE CCTV. INCLUSO HORMIGÓN DE LIMPIEZA, ARENA DE RELLENO, TIERRA APISONADA Y COMPACTADA, BANDAS DE SEÑALIZACIÓN Y PROTECCIÓN MECÁNICA, SEGÚN PLANOS ADJUNTOS. TOTALMENTE INSTALADA Y EJECUTADA.			
02.03.03	M	ZANJA	1482	8,50 €	12.597,00 €
		ZANJA PARA DISTRIBUCIÓN DE CABLEADO, DE DIMENSIONES 60 CM DE ANCHO POR 60 CM DE ALTO, PARA DISPOSICIÓN DE TUBOS DE ALUMBRADO Y ALIMENTACIÓN DE FUENTES DE ALIMENTACIÓN Y DETECTORES POR MICROONDAS, ASÍ COMO DEL CIRCUITO DE CCTV. INCLUSO HORMIGÓN DE LIMPIEZA, ARENA DE RELLENO, TIERRA APISONADA Y COMPACTADA, BANDAS DE SEÑALIZACIÓN Y PROTECCIÓN MECÁNICA, SEGÚN PLANOS ADJUNTOS. TOTALMENTE INSTALADA Y EJECUTADA.			
02.03.04	M	TUBO P.V.C. DE 63 MM DIAMETRO EXTERIOR	14600	2,15 €	31.390,00 €
		TUBO P.V.C. DE 90 MM DE DIÁMETRO EXTERIOR PARA CANALIZACIÓN ENTUBADA ENTERRADA DE CONDUCTORES DE COBRE DE HASTA 50 MM2. TOTALMENTE INSTALADO			
02.03.05	UD	ARQUETA DE 40 CM DISTRIBUCIÓN CABLEADO ALUMBRADO	300	60,90 €	18.270,00 €
		ARQUETA DE 40 X40 X 60 CM EN ZANJA PERIMETRAL DE PARCELA. TOTALMENTE INSTALADA SEGÚN PLANOS.			
02.03.06	M	ZANJA M T	3595	12,20 €	43.859,00 €
		CANALIZACIÓN PARA RED SUBTERRÁNEA DE ALTA TENSIÓN, FORMADA POR ZANJA DE DIMENSIONES 0,60X1,20 M Y CAMA DE ARENA CON SISTEMA DE SEÑALIZACION DE SEGURIDAD. EXCAVACIÓN EN CUALQUIER CLASE DE TERRENO Y RELLENO CON TIERRA PROCEDENTE DE LA EXCAVACIÓN.			
02.03.07	M	CANALIZACIÓN 2 TUBOS Ø140 BT PARTICULAR	3715	18,80 €	69.842,00 €
		CANALIZACIÓN PARA RED SUBTERRÁNEA DE BAJA TENSIÓN, FORMADA POR ZANJA DE DIMENSIONES 0,50X0,60 M Y 2 TUBOS CORRUGADOS DE Ø140 MM. EXCAVACIÓN EN CUALQUIER CLASE DE TERRENO Y RELLENO CON TIERRA PROCEDENTE DE LA EXCAVACIÓN.			
02.03.08	M	CANALIZACIÓN 4 TUBOS Ø140 BT PARTICULAR	6720	24,50 €	164.640,00 €
		CANALIZACIÓN PARA RED SUBTERRÁNEA DE BAJA TENSIÓN, FORMADA POR ZANJA DE DIMENSIONES 0,50X0,90 M Y 4 TUBOS CORRUGADOS DE Ø140 MM. EXCAVACIÓN EN CUALQUIER CLASE DE TERRENO Y RELLENO CON TIERRA PROCEDENTE DE LA EXCAVACIÓN.			

02.03.09	M	CANALIZACIÓN 3 TUBOS Ø90 PERIMETRAL	8030	12,23 €	98.206,90 €
		CANALIZACIÓN PARA RED SUBTERRÁNEA DE BAJA TENSIÓN, FORMADA POR DOS TUBOS CORRUGADOS DE Ø90 MM. EXCAVACIÓN EN CUALQUIER CLASE DE TERRENO Y RELLENO CON TIERRA PROCEDENTE DE LA EXCAVACIÓN.			
02.03.10	UD	ARQUETA PREFABRICADA PP 40X 40X 60 CM.	192	76,39 €	14.666,88 €
		UD. ARQUETA PARA CANALIZACIÓN ELÉCTRICA FABRICADA EN POLIPROPILENO REFORZADO, DE MEDIDAS INTERIORES 40X40X60 CM CON TAPA Y MARCO DE FUNDICIÓN INCLUIDOS, COLOCADA SOBRE CAMA DE ARENA DE RIO DE 10 CM DE ESPESOR Y PARTE PROPORCIONAL DE MEDIOS AUXILIARES, EXCAVACIÓN Y RELLENO PERIMETRAL.			
02.03.11	UD	ARQUETA PREFABRICADA PP 50X 50X 80 CM.	362	186,00 €	67.332,00 €
		UD. ARQUETA PARA CANALIZACIÓN ELÉCTRICA FABRICADA EN POLIPROPILENO REFORZADO, DE MEDIDAS INTERIORES 50X50X80 CM CON TAPA Y MARCO DE FUNDICIÓN INCLUIDOS, COLOCADA SOBRE CAMA DE ARENA DE RIO DE 10 CM DE ESPESOR Y PARTE PROPORCIONAL DE MEDIOS AUXILIARES, EXCAVACIÓN Y RELLENO PERIMETRAL.			
02.03.12	M2	VIALES INTERNOS	8785	6,10 €	53.588,50 €
		VIALES INTERNOS, PARA DESPLAZAMIENTOS, COMPACTADOS CON ZAHORRA, CON PARTE PROPORCIONAL DE EVACUACION DE AGUAS			
TOTAL SUBCAPÍTULO 02.03 ZANJAS Y ARQUETAS.....					606.890,93 €

TOTAL CAPITULO 02 OBRA CIVIL.....	2.009.618,93 €
--	-----------------------

RESUMEN CAPÍTULO 02: OBRA CIVIL Y MANO DE OBRA

02.01	SUBCAPÍTULO 02.01 INSTALACIÓN-MONTAJE MAQUINARIA Y EQUIPOS	654.288,00 €
02.02	SUBCAPÍTULO 02.02 TRABAJOS PREVIOS	748.440,00 €
02.03	SUBCAPÍTULO 02.03 ZANJAS Y ARQUETAS	606.890,93 €
	TOTAL CAPÍTULO 02 OBRA CIVIL Y MANO DE OBRA	2.009.618,93 €

CAPÍTULO 03. SEGURIDAD Y SALUD.

CODIGO	UNIDADES	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
3		CAPÍTULO 03 SEGURIDAD Y SALUD			
03.01	UD	SEGURIDAD Y SALUD	1	49.000,00	49.000,00
		TOTAL CAPÍTULO 03 SEGURIDAD Y SALUD.....			49.000,00

RESUMEN GENERAL DEL PRESUPUESTO

CAPITULO	RESUMEN	EUROS
1	CAPÍTULO 01 MAQUINARIA Y EQUIPOS	21.931.182,56 €
2	CAPÍTULO 02 OBRA CIVIL Y MANO DE OBRA	2.009.618,93 €
3	CAPÍTULO 03 SEGURIDAD Y SALUD	49.000,00
	TOTAL PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL (PEM)	23.989.801,49 €

El presupuesto de ejecución material asciende a **veintitrés millones, novecientos ochenta y nueve mil, ochocientos un euros, con cuarenta y nueve céntimos.**

IV. CONCLUSIÓN Y BIBLIOGRAFÍA

1 CONCLUSIÓN

Para concluir el trabajo, hablaremos de los puntos más destacados dentro de la memoria y nos anexos de cálculo, con el fin de esquematizar las ideas y ser lo más claros y concisos.

La instalación se proyectará para una extensión de 69,72 ha en el término municipal de Jaén (Jaén). Se opta por colocar las placas sobre seguidor o tracker, ya que las parcelas tienen una extensión lo suficientemente grande como para ser más rentable y más productivos con este tipo de tecnología que con estructura fija.

Debido a que la potencia concedida es de 49,85 MW_p, se han dimensionado un total de 344 inversores de 125 KW_n, a los cuales se conectarán 144.480 módulos solares de 345 W_p, modelo Astroenergy CHSM6612M-HV 345 W o similares.

Los inversores serán del modelo Kaco BP 125.0 TL3 y se instalarán en las proximidades del CT, donde se le conectan 420 módulos repartidos en 15 agrupaciones (strings), lo que permite una potencia unitaria de 144.900 W_p.

Cada agrupación (string) está formada por 28 módulos en serie, lo que permite una potencia de 9.660W_p.

Los módulos se instalarán sobre la estructura seguidora, la cual será del fabricante Ideematec, modelo safeTrack Horizon, en configuración 2V con 56 módulos por tracker.

A la salida de los inversores saldrán las líneas trifásicas a 600 V de tensión para elevarla en transformadores 30/0,6 kV, situados en el centro de transformación más próximo.

Para lograr aumentar la tensión (30/0,6 KV), se instalarán 6 Centros de Transformación de 6.300 kVA a los que se conectarán 48 inversores por CT, un Centro de Transformación de 4.200 kVA al que se conectarán 32 inversores y un Centro de Transformación de 3.150 kVA donde se conectarán 24 inversores.

En cuanto a medio ambiente, y debido que es uno de los factores más importantes a considerar en el cálculo de las instalaciones fotovoltaicas, esta instalación se encuentra fuera de zonas LIC y ZEPA.

Finalmente, tras el estudio económico llevado a cabo en este trabajo, se ha estimado que, a partir del 10º año, la instalación estará libre de deudas y empezará a dar beneficios reales (cálculo sin apalancamiento y con un TIR de 9,74%).

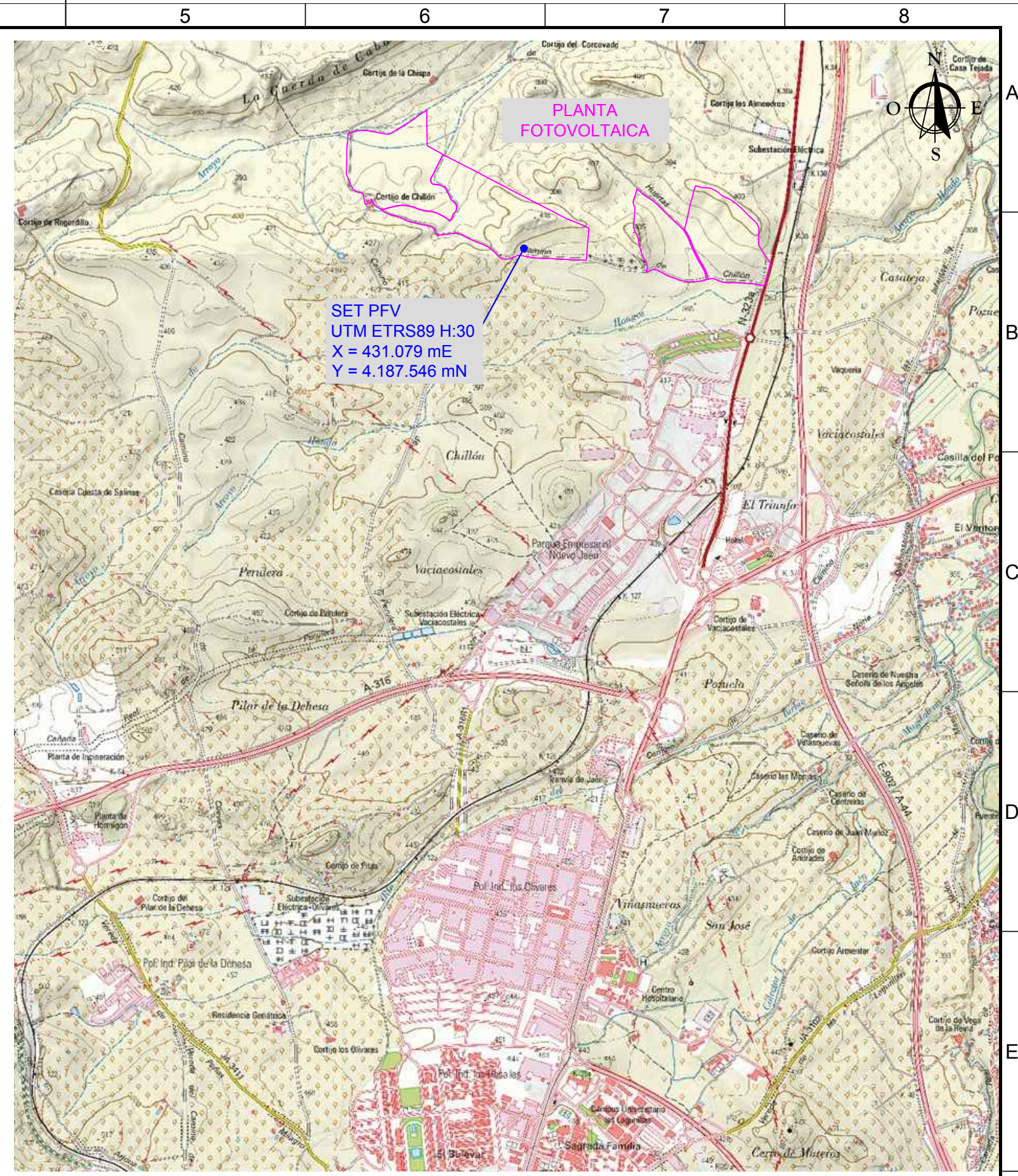
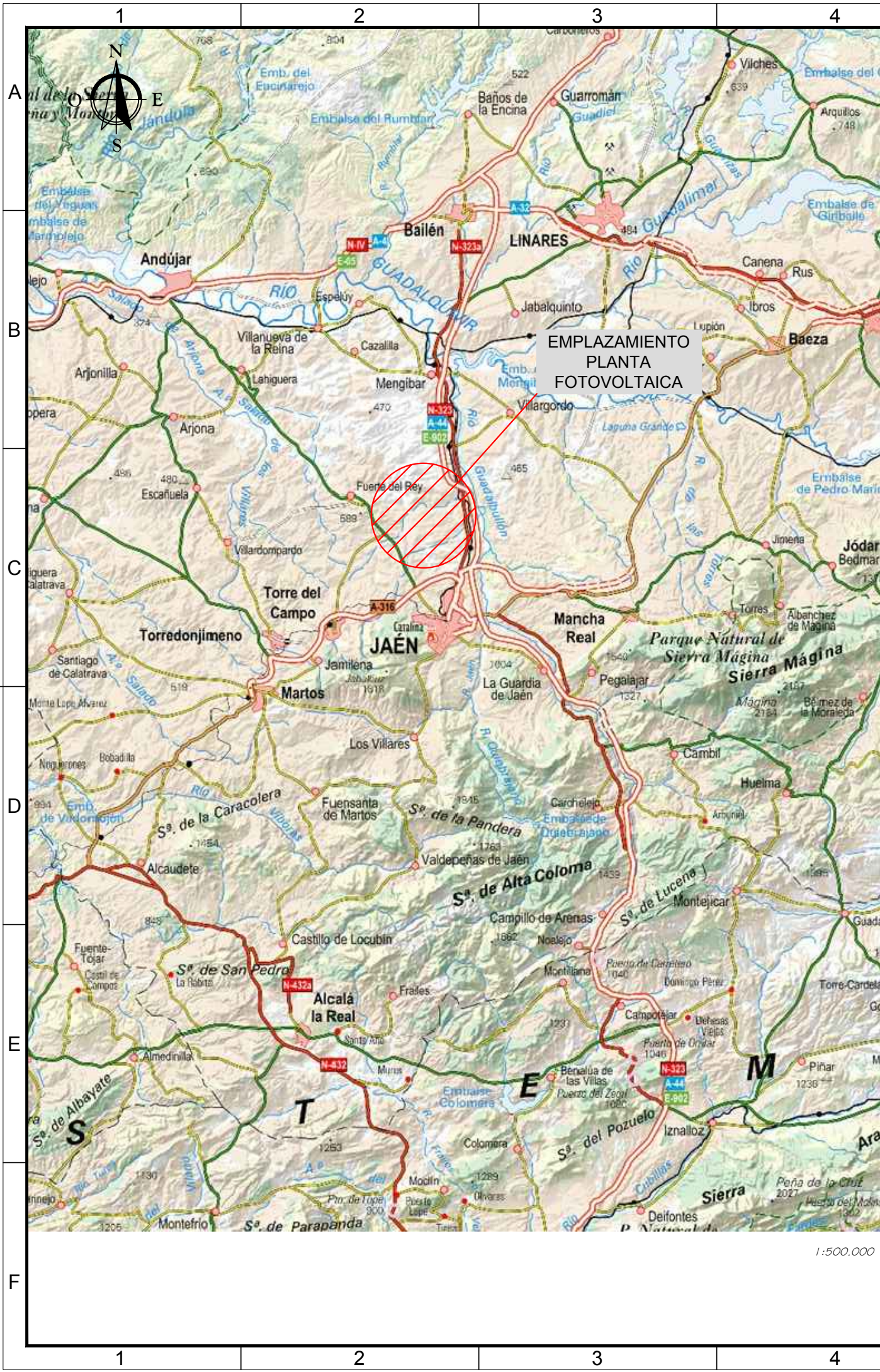
2 BIBLIOGRAFÍA

<http://www.boe.es>

<http://www.sedecatastro.gob.es>

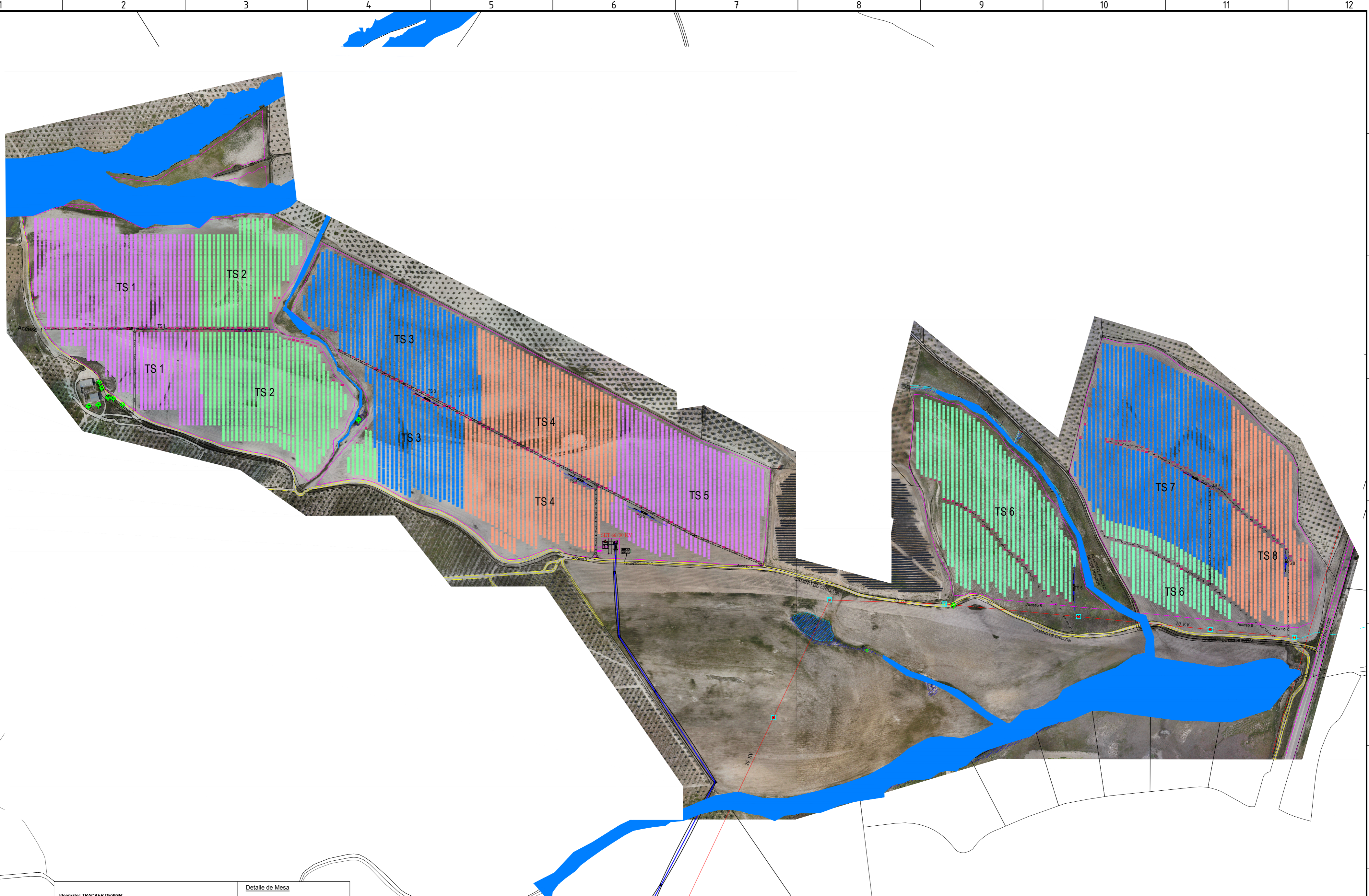
Empresa Arlumi Renovables SL (Albacete)

V. PLANOS



1:25.000

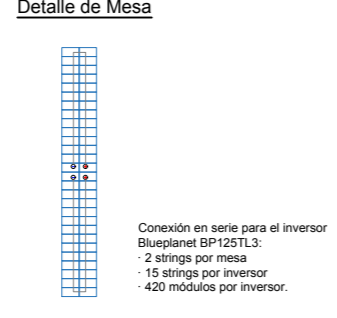
			TÍTULO DEL PLANO:	FECHA: JUNIO 2020
			SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO	
			PROYECTO:	ESCALA: 1:500.000 1:25.000
			PLANTA FOTOVOLTAICA "ZITRO I"	
			T.M. JAÉN (JAÉN)	
PROYECTADO	20/06	FHO		
DIBUJADO	20/06	FHO		
COMPROBADO	20/06	FHO		
APROBADO	20/06	FHO		
			PLANO N°:	P-01



Ideematec TRACKER DESIGN:
 Números de Trackers total: 607
 Módulos totales: 144.480

- 122 trackers con 1 mesa: 122 x 2 filas x 28 módulos x 1 mesa = 6.832 módulos
- 50 trackers con 2 mesas: 50 x 2 filas x 28 módulos x 2 mesas = 5.600 módulos
- 40 trackers con 3 mesas: 40 x 2 filas x 28 módulos x 3 mesas = 6.720 módulos
- 31 trackers con 4 mesas: 31 x 2 filas x 28 módulos x 4 mesas = 6.944 módulos
- 70 trackers con 5 mesas: 70 x 2 filas x 28 módulos x 5 mesas = 19.600 módulos
- 294 trackers con 6 mesas: 294 x 2 filas x 28 módulos x 6 mesas = 98.784 módulos

Inclinación del Tracker: -55° a +55°
 Azimut de mesa: 0°
 Ángulo de sombra: 29°
 Distancia entre ejes de seguimiento: 8 m



INFORMACIÓN TÉCNICA

DATOS DE GENERADOR:
 Tipo de módulo: SunPower CH3R6012M-14V
 345
 Módulo dim. (mm): 1.924L x 940W x 40D
 Salida de módulo: 345Wp
 Número de módulos: 144.480
 Capacidad total de módulo: 49.951 MWp

Número de strings: 5.160
 Módulos por string: 28

DATOS TRANSFORMADOR:
 Número de transformadores en planta: 8
 Distribución de transformadores: 6x8000 kVA
 1x4200 kVA
 1x1200 kVA
 Relación de transformación: 0,6/30 kV

Datos generales de emplazamiento:
 Área: 88,72 ha (rotundo)
 Coordenadas: 27°49'N, -3°46'W
 Altitud: 65 - 100 m sobre el nivel del mar
 Potencia total Inversores: 43 MW

Nº GENERADOR	Nº MESAS	Nº MÓDULOS	Nº DE INVERSORES	POTENCIA PICO TOTAL INVERSOR (KWp)	POTENCIA NOMINAL TOTAL INVERSORES (KW)	POTENCIA CENTRO DE TRANSFORMACIÓN (KW)	Nº DE TRANSFORMADORES IGUALES
TS1	360	20.160	48	6.955,20	6.000	6.300	2
TS2	360	20.160	48	6.955,20	6.000	6.300	2
TS3	360	20.160	48	6.955,20	6.000	6.300	2
TS4	360	20.160	48	6.955,20	6.000	6.300	2
TS5	210	13.440	32	4.536,80	4.000	6.300	2
TS6	360	20.160	48	6.955,20	6.000	4.200	2
TS7	360	20.160	48	6.955,20	6.000	6.300	2
TS8	180	10.080	24	3.477,60	3.000	3.150	1
TOTAL	2.580	144.480	344	49.945,60	48.000	45.150	15

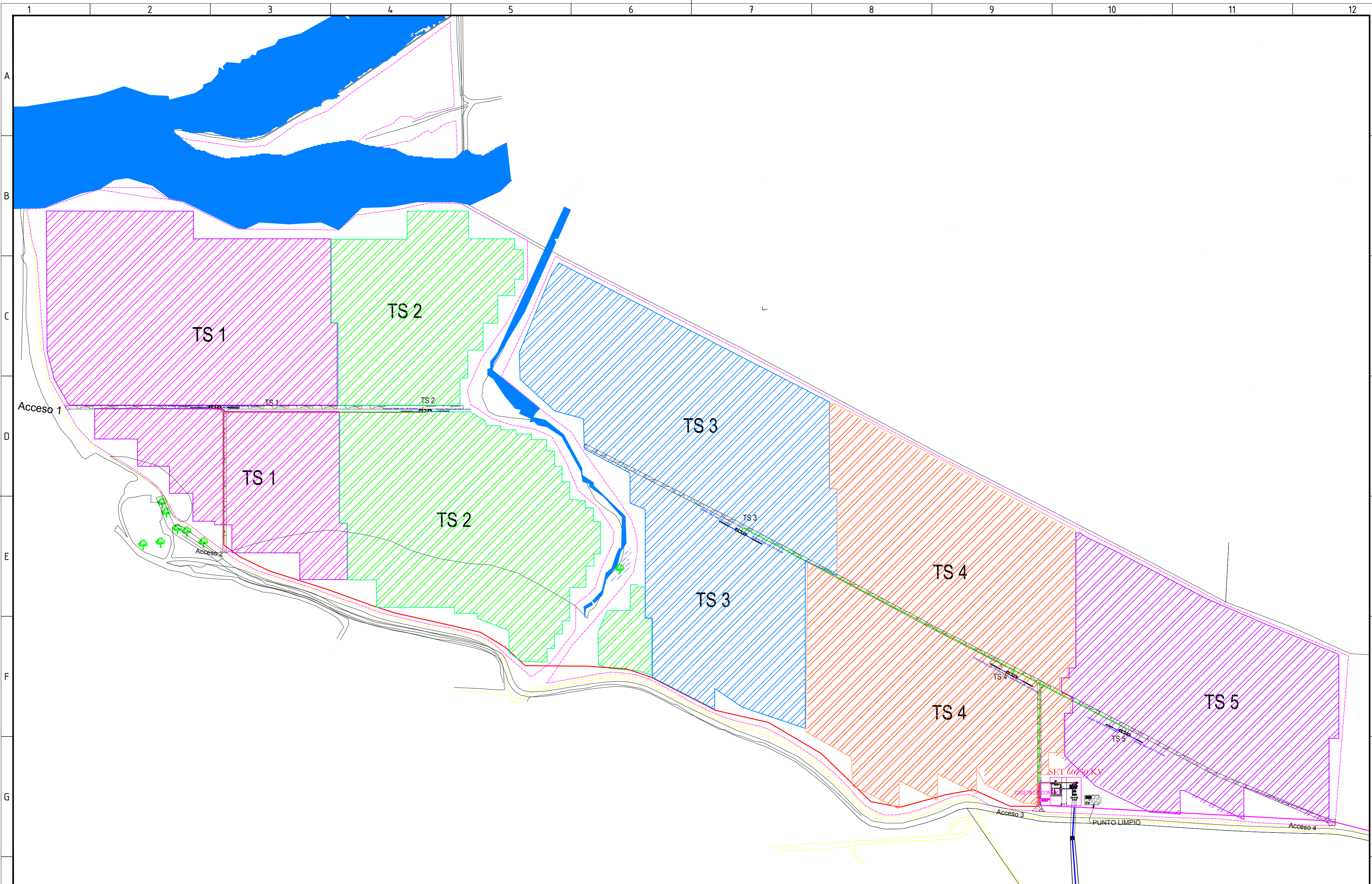


	PROYECTADO	1/8/06	FHO
DIBUJADO	1/8/06	FHO	
COMPROBADO	1/8/06	FHO	
APROBADO	1/8/06	FHO	

TÍTULO DEL PLANO:
 GENERALES. PLANTA GENERAL

PROYECTO:
 PLANTA FOTOVOLTAICA "ZITRO I"
 T.M. JAÉN (JAÉN)

FECHA: JUNIO 2020
ESCALA: 1:4.500
FORMATO: A2
PLANO N°: P-02



Ideograma TRACKER DESIGN:
 Números de Trackers total: 607
 Módulos totales: 144.480
 • 122 trackers con 1 mesa: 122 x 2 filas x 28 módulos x 1 mesa = 6.832 módulos
 • 50 trackers con 2 mesas: 50 x 2 filas x 28 módulos x 2 mesas = 5.600 módulos
 • 40 trackers con 3 mesas: 40 x 2 filas x 28 módulos x 3 mesas = 6.720 módulos
 • 31 trackers con 4 mesas: 31 x 2 filas x 28 módulos x 4 mesas = 6.944 módulos
 • 70 trackers con 5 mesas: 70 x 2 filas x 28 módulos x 5 mesas = 19.600 módulos
 • 294 trackers con 6 mesas: 294 x 2 filas x 28 módulos x 6 mesas = 98.784 módulos

Inclinación del Tracker: 55° a + 55°
 Azimut de mesa: 0°
 Ángulo de sombra: 29°
 Distancia entre ejes de seguimiento: 8 m

INFORMACIÓN TÉCNICA
DATOS DE GENERADOR
 Tipo de módulo: SunPower CH3M6012M-14V
 345
 Módulo dim. (mm): 1.944 x 940W x40D
 Salida de módulo: 345Wp
 Número de módulos: 144.480
 Capacidad total de módulos: 49.953,60 kWp

DATOS TRANSFORMADOR:
 Número de transformadores en planta: 8
 Distribución de transformadores: 66/30 kVA
 14.000 kVA
 14.000 kVA
 Relación de transformación: 0,6/30 kV

Datos generales de emplazamiento:
 Área: 88.717 ha (total)
 Coordenadas: 37.46°N, -3.46°W
 Altitud: 65 - 120 m sobre el nivel del mar
 Potencia total Inversores: 43 MW

Nº GENERADOR	Nº MESAS	Nº MÓDULOS	Nº DE INVERSORES	POTENCIA PICO TOTAL INVERSOR (KWp)	POTENCIA NOMINAL TOTAL INVERSORES (KW)	POTENCIA CENTRO DE TRANSFORMACIÓN (KW)	Nº DE TRANSFORMADORES IGUALES
TS1	360	20.160	48	6.955,20	6.000	6.300	2
TS2	360	20.160	48	6.955,20	6.000	6.300	2
TS3	360	20.160	48	6.955,20	6.000	6.300	2
TS4	360	20.160	48	6.955,20	6.000	6.300	2
TS5	210	13.440	32	4.636,80	4.000	6.300	2
TS6	360	20.160	48	6.955,20	6.000	4.200	2
TS7	360	20.160	48	6.955,20	6.000	6.300	2
TS8	180	10.080	24	3.477,60	3.000	3.150	1
TOTAL	2.580	144.480	344	49.945,60	43.000	45.150	15

LEYENDA

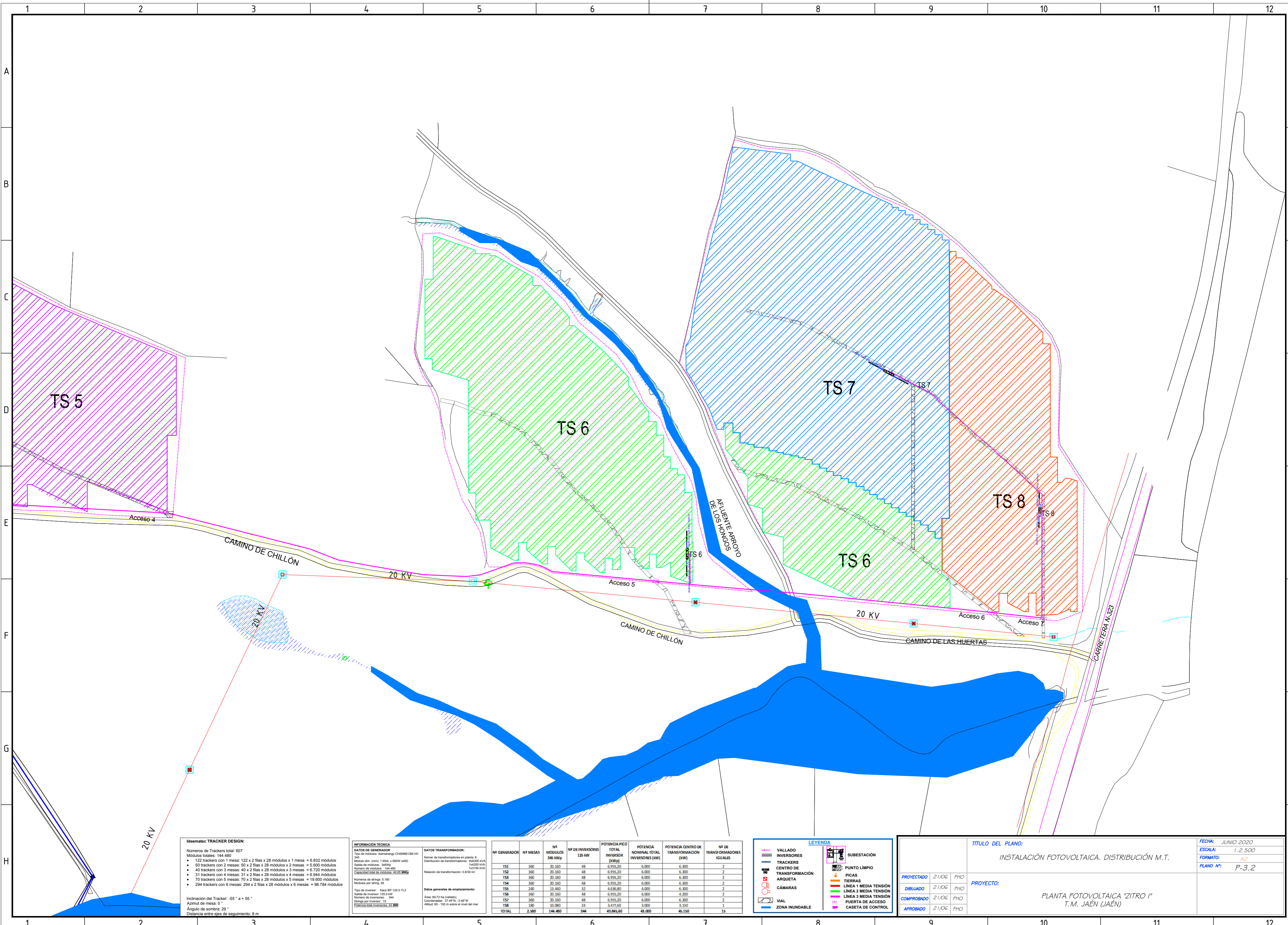
- VALLADO
- INVERSORES
- TRACKERS
- CENTRO DE TRANSFORMACIÓN
- ARQUETA
- CÁMARAS
- VIAL
- ZONA INUNDABLE
- SUBESTACIÓN
- PUNTO LIMPIO
- PICAS
- TIERRAS
- LÍNEA 1 MEDIA TENSIÓN
- LÍNEA 2 MEDIA TENSIÓN
- LÍNEA 3 MEDIA TENSIÓN
- PUERTA DE ACCESO
- CASETA DE CONTROL

TÍTULO DEL PLANO:
 INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA. DISTRIBUCIÓN M.T.

PROYECTO:
 PLANTA FOTOVOLTAICA "ZITRO I"
 T.M. JAÉN (JAÉN)

PROYECTADO	21/06	FHO
DIBUJADO	21/06	FHO
COMPROBADO	21/06	FHO
APROBADO	21/06	FHO

FECHA: JUNIO 2020
 ESCALA: 1:2.500
 FORMATO: A2
 PLANO Nº: P-3.1



Ideematec TRACKER DESIGN:
 Números de Trackers total: 607
 Módulos totales: 144.480
 • 122 trackers con 1 mesa: 122 x 2 filas x 28 módulos x 1 mesa = 6.832 módulos
 • 50 trackers con 2 mesas: 50 x 2 filas x 28 módulos x 2 mesas = 5.600 módulos
 • 40 trackers con 3 mesas: 40 x 2 filas x 28 módulos x 3 mesas = 6.720 módulos
 • 31 trackers con 4 mesas: 31 x 2 filas x 28 módulos x 4 mesas = 6.944 módulos
 • 70 trackers con 5 mesas: 70 x 2 filas x 28 módulos x 5 mesas = 19.600 módulos
 • 294 trackers con 6 mesas: 294 x 2 filas x 28 módulos x 6 mesas = 98.784 módulos

Inclinación del Tracker: -55° a +55°
 Azimut de mesa: 0°
 Ángulo de sombra: 29°
 Distancia entre ejes de seguimiento: 8 m

INFORMACIÓN TÉCNICA
DATOS DE GENERADOR:
 Tipo de módulo: Agrienergy CH3M8012M-14V
 345
 Módulo dim. (mm): 1.954L x 990W x 40D
 Salida de módulo: 345Wp
 Número de módulos: 144.480
 Capacidad total de módulo: 49.956 MWp

DATOS TRANSFORMADOR:
 Número de transformadores en planta: 8
 Distribución de transformadores: 6x8000 kVA
 1x4200 kVA
 1x1100 kVA
 Relación de transformación: 0,6/30 kV

Datos generales de emplazamiento:
 Área: 88,72 ha (rotundo)
 Coordenadas: 37°49'N, -3°46'W
 Altitud: 65 - 100 m sobre el nivel del mar
 Potencia total Inversores: 43 MW

Nº GENERADOR	Nº MESAS	Nº MÓDULOS	Nº DE INVERSORES	POTENCIA PICO TOTAL INVERSOR (KW)	POTENCIA NOMINAL TOTAL INVERSORES (KW)	POTENCIA CENTRO DE TRANSFORMACIÓN (KW)	Nº DE TRANSFORMADORES IGUALES
TS1	360	20.160	48	6.955,20	6.000	6.300	2
TS2	360	20.160	48	6.955,20	6.000	6.300	2
TS3	360	20.160	48	6.955,20	6.000	6.300	2
TS4	360	20.160	48	6.955,20	6.000	6.300	2
TS5	210	13.440	32	4.586,80	4.000	6.300	2
TS6	360	20.160	48	6.955,20	6.000	4.200	2
TS7	360	20.160	48	6.955,20	6.000	6.300	2
TS8	180	10.080	24	3.477,60	3.000	3.150	1
TOTAL	2.580	144.480	344	49.945,60	43.000	45.150	15

LEYENDA

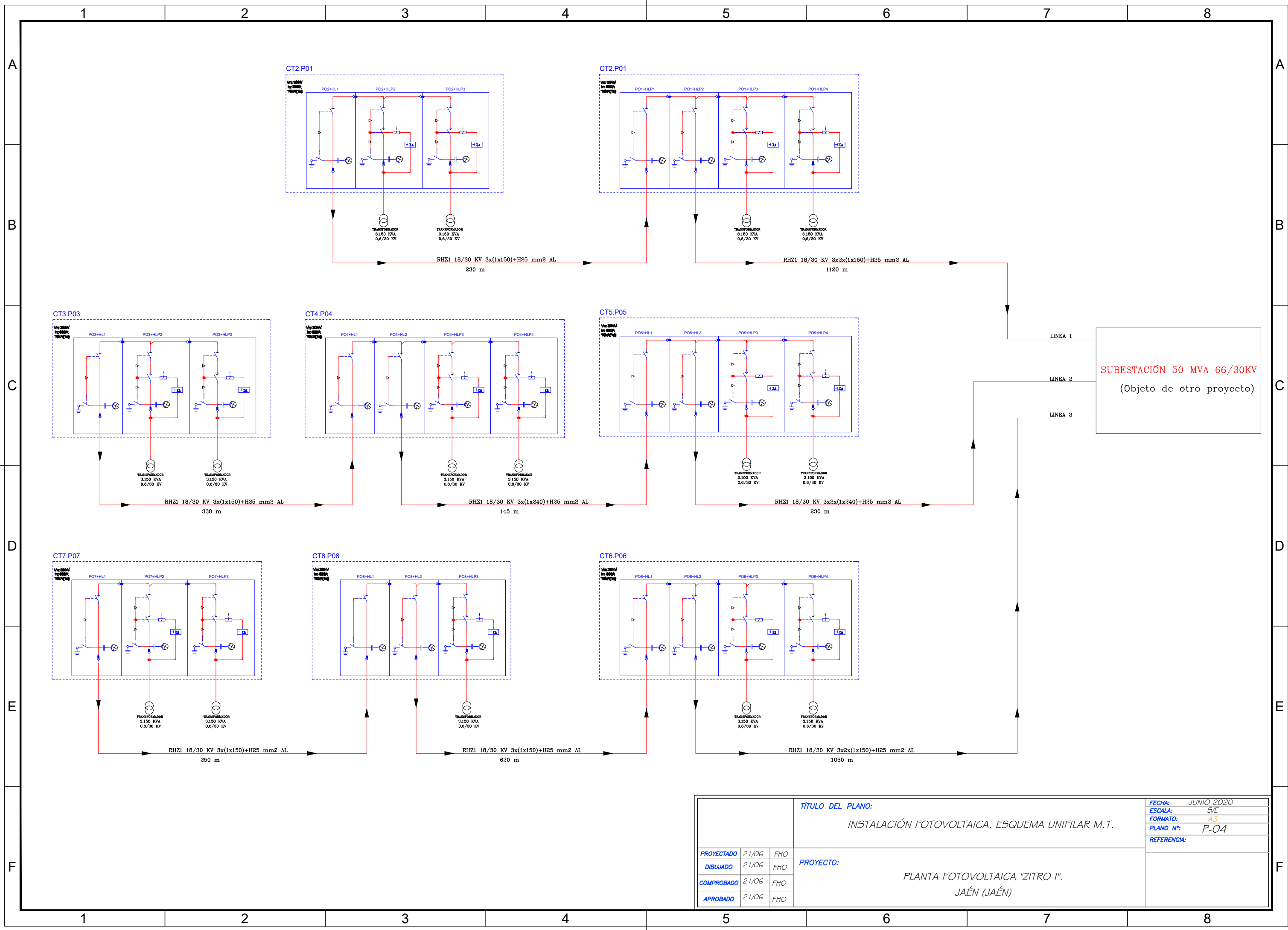
- VALLADO INVERSORES
- TRACKERS
- CENTRO DE TRANSFORMACIÓN
- ARQUETA
- CÁMARAS
- VIAL
- ZONA INUNDABLE
- SUBESTACIÓN
- PUNTO LÍMPIO
- TIERRAS
- LÍNEA 1 MEDIA TENSIÓN
- LÍNEA 2 MEDIA TENSIÓN
- LÍNEA 3 MEDIA TENSIÓN
- PUERTA DE ACCESO
- CASETA DE CONTROL

TÍTULO DEL PLANO:
 INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA. DISTRIBUCIÓN M.T.

FECHA: JUNIO 2020
ESCALA: 1:2.500
FORMATO: A2
PLANO N°: P-3.2

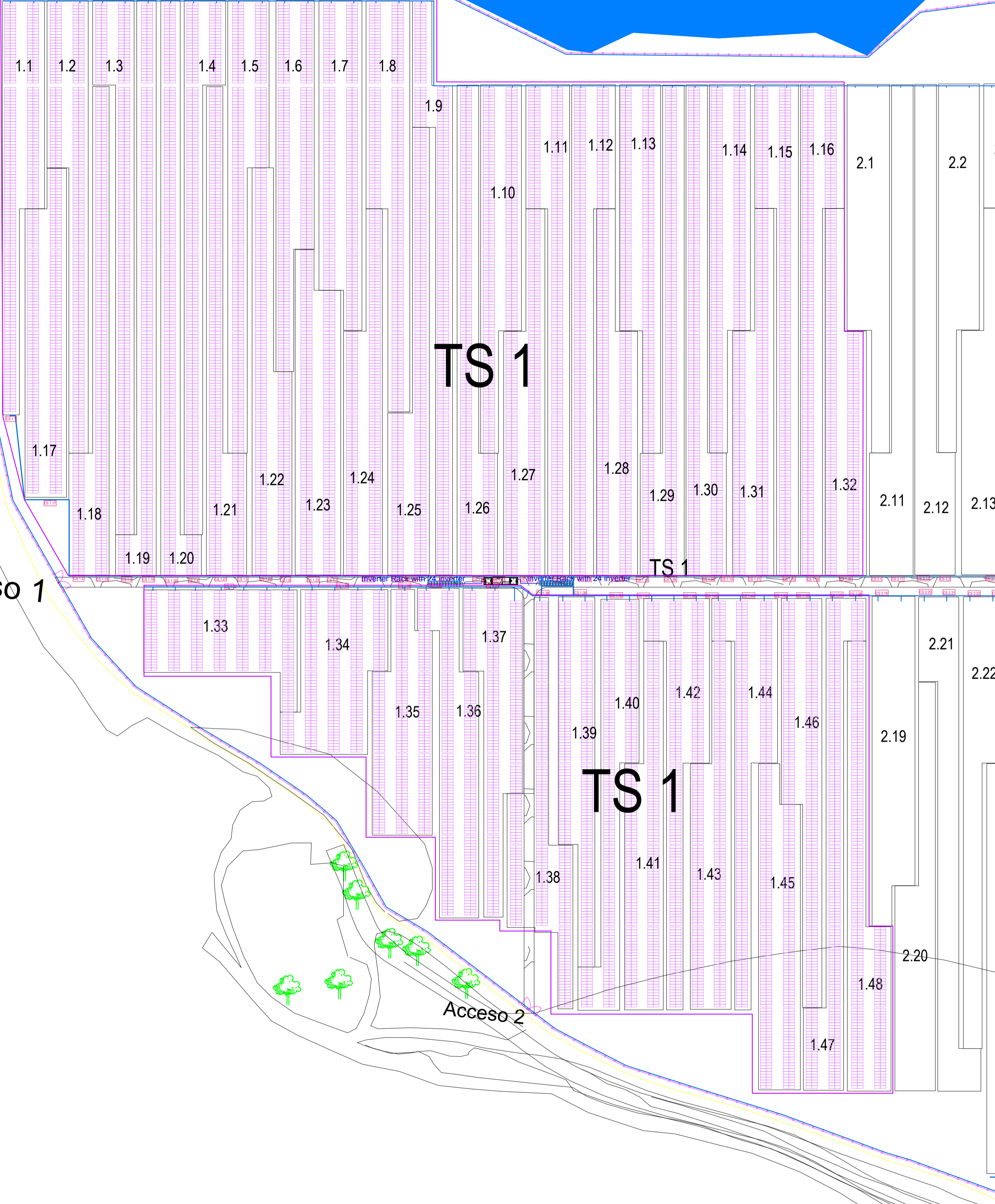
PROYECTADO	21/06	FHO
DIBUJADO	21/06	FHO
COMPROBADO	21/06	FHO
APROBADO	21/06	FHO

PROYECTO:
 PLANTA FOTOVOLTAICA "ZITRO I"
 T.M. JAÉN (JAÉN)



SUBESTACIÓN 50 MVA 66/30KV
(Objeto de otro proyecto)

		TÍTULO DEL PLANO:		FECHA: JUNIO 2020	
		INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA. ESQUEMA UNIFILAR M.T.		ESCALA: 5/E	
				FORMATO: A3	
				PLANO N°: P-04	
				REFERENCIA:	
PROYECTADO	21/06	FHO	PROYECTO:	PLANTA FOTOVOLTAICA "ZITRO I". JAÉN (JAÉN)	
DIBUJADO	21/06	FHO			
COMPROBADO	21/06	FHO			
APROBADO	21/06	FHO			



INFORMACIÓN TÉCNICA	
DATOS DE GENERADOR	DATOS TRANSFORMADOR:
Tipo de módulo: Astronergy CHSM612M-FV 245 Módulo dim. (mm): 1984 x 992W x 40D Salida de módulo: 345Wp Número de módulos: 144.480 Capacidad total de módulos: 49.953,6 kWp	Número de transformadores en planta: 8 Distribución de transformadores: 6x200 kVA / 1x1500 kVA Relación de transformación: 0,69 kV
Número de strings: 5.160 Módulos por string: 28 Tipo de inversor: Kaco SP 125 0 TL3 Salida de inversor: 125,0 kW Número de inversores: 344 String por inversor: 15 Potencia total inversores: 43.170 kW	Datos generales de emplazamiento: Área: 69,72 ha (vallado) Coordenadas: 37,47°N, -3,46°W Altitud: 65 - 100 m sobre el nivel del mar

Nº GENERADOR	Nº MESAS	Nº MÓDULOS 345 kWp	Nº DE INVERSORES 125 kW	POTENCIA PICO TOTAL INVERSOR (kWp)	POTENCIA NOMINAL TOTAL INVERSORES (kW)	POTENCIA CENTRO DE TRANSFORMACION (kW)	Nº DE TRANSFORMADORES IGUALES
TS1	360	20.160	48	6.953,20	6.000	6.300	2
TS2	360	20.160	48	6.953,20	6.000	6.300	2
TS3	360	20.160	48	6.953,20	6.000	6.300	2
TS4	360	20.160	48	6.953,20	6.000	6.300	2
TS5	240	13.440	32	4.635,80	4.000	4.200	2
TS6	360	20.160	48	6.953,20	6.000	6.300	2
TS7	360	20.160	48	6.953,20	6.000	6.300	2
TS8	180	10.080	24	3.477,60	3.000	3.150	1
TOTAL	2.580	144.480	344	49.946,80	43.000	45.150	15

LEYENDA	
	VALLADO
	INVERSORES
	TRACKERS
	CENTRO DE TRANSFORMACION
	ARQUETA
	CÁMARA
	VIAL
	ZONA INUNDABLE
	SUBSTACION
	PUNTO LIMPIO
	PICAS
	TIERRAS
	CABLEADO C.C.
	CAJA CONCENTRACION
	PUERTA DE ACCESO
	CASETA DE CONTROL

DISTRIBUCIÓN DE TRACKERS PARA TS1:

Número de Trackers total: 90
Módulos totales: 20.160

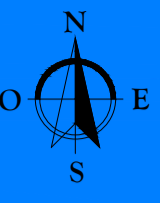
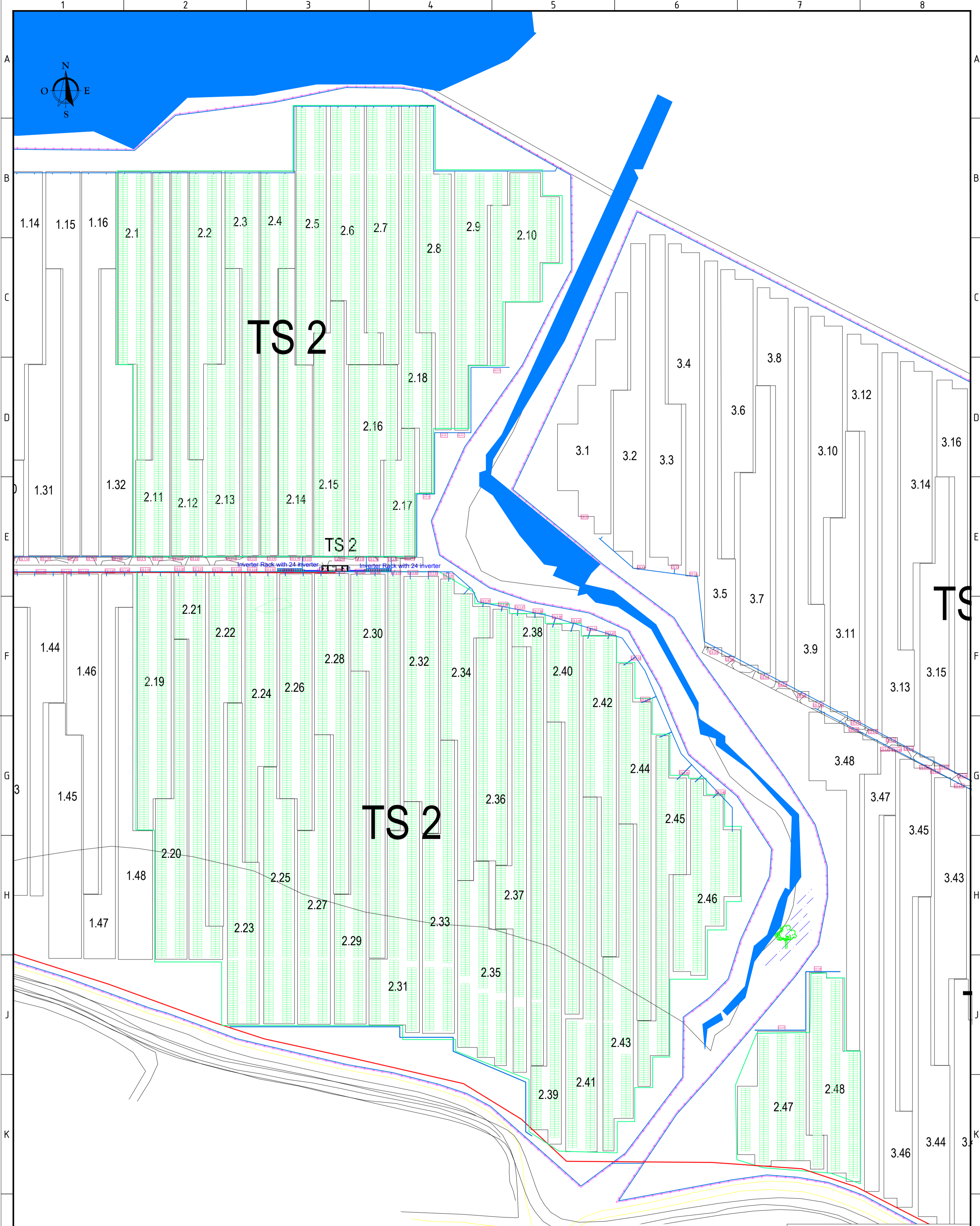
- 25 trackers con 1 mesa: 25 x 2 filas x 28 módulos x 1 mesa = 1.400 módulos
- 5 trackers con 2 mesas: 5 x 2 filas x 28 módulos x 2 mesas = 560 módulos
- 4 trackers con 3 mesas: 4 x 2 filas x 28 módulos x 3 mesas = 672 módulos
- 6 trackers con 4 mesas: 6 x 2 filas x 28 módulos x 4 mesas = 1.344 módulos
- 11 trackers con 5 mesas: 11 x 2 filas x 28 módulos x 5 mesas = 3.080 módulos
- 39 trackers con 6 mesas: 39 x 2 filas x 28 módulos x 6 mesas = 13.104 módulos

Inclinación del Tracker: -55° a + 55°
Azimut de mesa: 0°
Ángulo de sombra: 29°
Distancia entre ejes de seguimiento: 8 m

TÍTULO DEL PLANO:
INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA. DISTRIBUCIÓN B.T.
CENTRO DE TRANSFORMACIÓN I

FECHA: JUNIO 2020
ESCALA: 1:1.000
FORMATO: A2
PLANO Nº: P-05.1

PROYECTADO	21/06	FHO	PROYECTO:	PLANTA FOTOVOLTAICA "ZITRO I" T.M. JAÉN (JAÉN)
DIBUJADO	21/06	FHO		
COMPROBADO	21/06	FHO		
APROBADO	21/06	FHO		



TS 2

TS 2

TS 2

TS 3

LEYENDA

	VALLADO		SUBESTACIÓN
	INVERSORES		PUNTO LIMPIO
	TRACKERS		PICAS
	CENTRO DE TRANSFORMACIÓN		TIERRAS
	ARQUETA		CABLEADO C.C.
	CÁMARAS		CAJA CONCENTRACIÓN
	VIAL		PUERTA DE ACCESO
	ZONA INUNDABLE		CASETA DE CONTROL

DISTRIBUCIÓN DE TRACKERS PARA TS2:
 Números de Trackers total: 97
 Módulos totales: 20.160

- 29 trackers con 1 mesa: 29 x 2 filas x 28 módulos x 1 mesa = 1.624 módulos
- 12 trackers con 2 mesas: 12 x 2 filas x 28 módulos x 2 mesas = 1.344 módulos
- 7 trackers con 3 mesas: 7 x 2 filas x 28 módulos x 3 mesas = 1.176 módulos
- 3 trackers con 4 mesas: 3 x 2 filas x 28 módulos x 4 mesas = 672 módulos
- 2 trackers con 5 mesas: 2 x 2 filas x 28 módulos x 5 mesas = 560 módulos
- 44 trackers con 6 mesas: 44 x 2 filas x 28 módulos x 6 mesas = 14.784 módulos

Inclinación del Tracker: -55° a +55°
 Azimut de mesa: 0°
 Ángulo de sombra: 29°
 Distancia entre ejes de seguimiento: 8 m

INFORMACIÓN TÉCNICA

DATOS DE GENERADOR	DATOS TRANSFORMADOR:
Tipo de módulo: Astronergy CHSM612M-11V 345	Número de transformadores en planta: 8
Módulo dim. (mm): 1.954 x 910W x 442D	Distribución de transformadores: 6x2000 kVA
Salida de módulo: 345Wp	1x1200 kVA
Número de módulos: 144.480	1x1200 kVA
Capacidad total de módulos: 49.85 MWp	Relación de transformación: 0.6/0.33 kV
Número de strings: 5.160	
Módulos por string: 28	
Tipo de inversor: Kaco BP 125.0 TL3	Datos generales de emplazamiento:
Salida de inversor: 125.0 kW	Área: 69.72 ha (total)
Número de inversores: 344	Coordenadas: 37.48°N, -3.48°W
Strings por inversor: 15	Altitud: 65 - 100 m sobre el nivel del mar
Potencia total inversores: 43 MW	

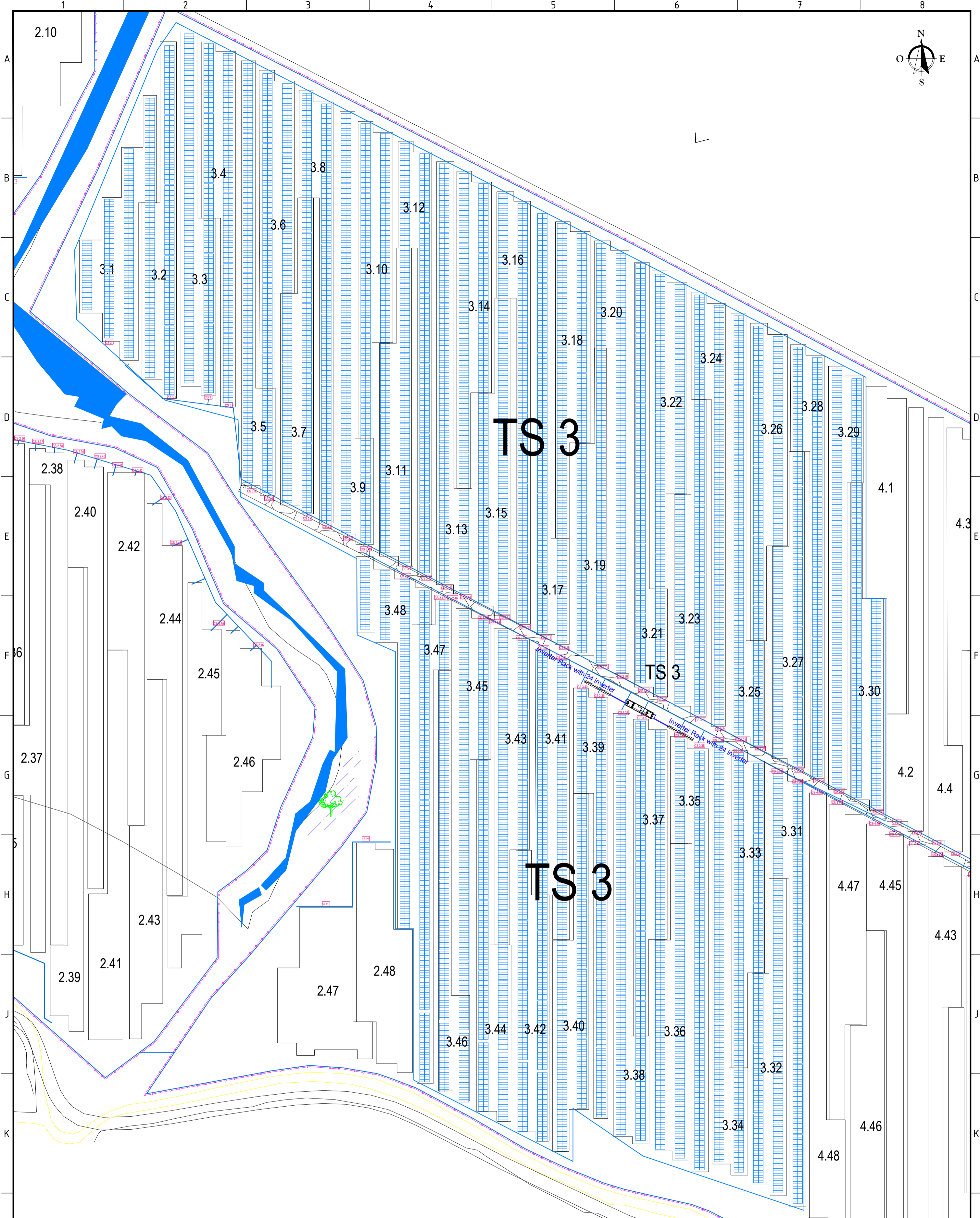
Nº GENERADOR	Nº MESAS	Nº MÓDULOS 345kWp	Nº DE INVERSORES 125 kW	POTENCIA PICO TOTAL INVERSOR (kWp)	POTENCIA NOMINAL TOTAL INVERSOR (kW)	POTENCIA CENTRO DE TRANSFORMACIÓN (kW)	Nº DE TRANSFORMADORES IGUALES
TS1	360	20.160	48	6.955,20	6.000	6.300	2
TS2	360	20.160	48	6.955,20	6.000	6.300	2
TS3	360	20.160	48	6.955,20	6.000	6.300	2
TS4	360	20.160	48	6.955,20	6.000	6.300	2
TS5	240	13.440	32	4.636,80	4.000	6.300	2
TS6	360	20.160	48	6.955,20	6.000	4.200	2
TS7	360	20.160	48	6.955,20	6.000	6.300	2
TS8	180	10.080	24	3.477,60	3.000	3.150	1
TOTAL	2.900	144.480	344	49.846,40	43.000	45.150	15

TÍTULO DEL PLANO:
 INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA. DISTRIBUCIÓN B.T.
 CENTRO DE TRANSFORMACIÓN 2

FECHA: JUNIO 2020
ESCALA: 1:1.100
FORMATO: A2
PLANO Nº: P-05.2

PROYECTO:
 PLANTA FOTOVOLTAICA "ZITRO I"
 T.M. JAÉN (JAÉN)

PROYECTADO	21/06	FHO
DIBUJADO	21/06	FHO
COMPROBADO	21/06	FHO
APROBADO	21/06	FHO



LEYENDA

	VALLADO		SUBESTACION
	INVERSORES		PUNTO LIMPIO
	TRACKERS		PICAS
	CENTRO DE TRANSFORMACION		TIERRAS
	ARQUETA		CABLEADO C.C.
	CAMARAS		CAJA CONCENTRACION
	VIAL		PUERTA DE ACCESO
	ZONA INUNDABLE		CASETA DE CONTROL

DISTRIBUCIÓN DE TRACKERS PARA TS3:
 Módulos totales: 20.160

- 11 trackers con 1 mesa: 11 x 2 filas x 28 módulos x 1 mesa = 616 módulos
- 1 trackers con 2 mesas: 1 x 2 filas x 28 módulos x 2 mesas = 112 módulos
- 2 trackers con 3 mesas: 2 x 2 filas x 28 módulos x 3 mesas = 336 módulos
- 1 trackers con 4 mesas: 1 x 2 filas x 28 módulos x 4 mesas = 224 módulos
- 5 trackers con 5 mesas: 5 x 2 filas x 28 módulos x 5 mesas = 1.400 módulos
- 52 trackers con 6 mesas: 52 x 2 filas x 28 módulos x 6 mesas = 17.472 módulos

Inclinación del Tracker: -55° a +55°
 Azimut de mesa: 0°
 Ángulo de sombra: 29°
 Distancia entre ejes de seguimiento: 8 m

INFORMACION TÉCNICA

DATOS DE GENERADOR: Tipo de módulo: Sunenergy CHSM61234-HV 345 Módulo dim. (mm): 1.954 x 990 x 40D Salida de módulo: 340Vp Número de módulos: 144.480 Capacidad total de módulos: 49.31 MWp Número de strings: 5.160 Módulos por string: 28	DATOS TRANSFORMADOR: Número de transformadores en planta: 8 Distribución de transformadores: 6x300 kVA 1x4200 kVA 1x1110 kVA Relación de transformación: 0,630 kV
Datos generales de emplazamiento: Área: 69,72 ha (villado) Coordenadas: 37.49°N, -3.48°W Altitud: 65 - 100 m sobre el nivel del mar	

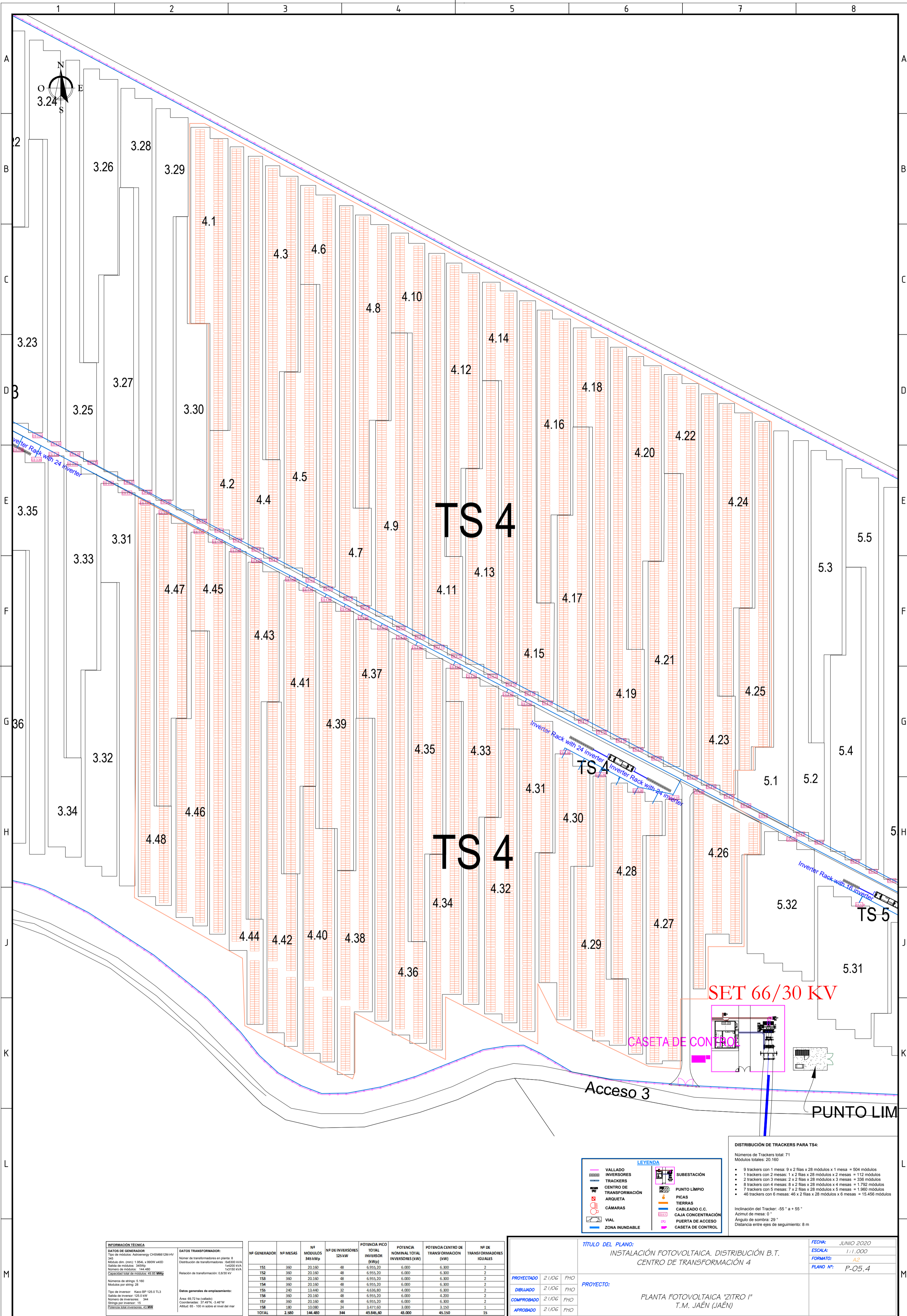
Nº GENERADOR	Nº MESAS	Nº MÓDULOS 345 kWp	Nº DE INVERSORES 125 kW	POTENCIA PICO TOTAL INVERSOR (kWp)	POTENCIA NOMINAL TOTAL INVERSORES (kW)	POTENCIA CENTRO DE TRANSFORMACION (kW)	Nº DE TRANSFORMADORES IGUALES
TS1	360	20.160	48	6.955,20	6.000	6.300	2
TS2	360	20.160	48	6.955,20	6.000	6.300	2
TS3	360	20.160	48	6.955,20	6.000	6.300	2
TS4	360	20.160	48	6.955,20	6.000	6.300	2
TS5	240	13.440	32	4.636,80	4.000	4.300	2
TS6	360	20.160	48	6.955,20	6.000	6.300	2
TS7	360	20.160	48	6.955,20	6.000	6.300	2
TS8	180	10.080	24	3.477,60	3.000	3.150	1
TOTAL	2.580	144.480	344	49.946,40	43.000	45.150	15

PROYECTADO	2/1/06	FHO
DIBUJADO	2/1/06	FHO
COMPROBADO	2/1/06	FHO
APROBADO	2/1/06	FHO

TÍTULO DEL PLANO:
 INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA. DISTRIBUCIÓN B.T.
 PLANTA. CENTRO DE TRANSFORMACIÓN 3

PROYECTO:
 PLANTA FOTOVOLTAICA "ZITRO I"
 T.M. JAÉN (JAÉN)

FECHA:	JUNIO 2020
ESCALA:	1:1.000
FORMATO:	A2
PLANO Nº:	P-05.3



INFORMACIÓN TÉCNICA

DATOS DE GENERADOR
 Tipo de módulo: Sunenergy CHEM125H-VV
 345
 Módulo dim. (mm): 1.954 x 900W x40D
 Salida de módulos: 345Vp
 Número de módulos: 144.480
 Capacidad total de módulos: 49.95 MWp
 Número de strings: 5.160
 Módulos por string: 28

Datos generales de emplazamiento:
 Área: 69.72 ha (vallado)
 Coordenadas: 37.49°N, 3.46°W
 Altitud: 60 - 100 m sobre el nivel del mar

Nº GENERADOR	Nº MESAS	Nº MODULOS 345 kWp	Nº DE INVERSORES 125 kW	POTENCIA PICO TOTAL INVERSOR (kWp)	POTENCIA NOMINAL TOTAL INVERSORES (kW)	POTENCIA CENTRO DE TRANSFORMACION (kW)	Nº DE TRANSFORMADORES IGUALES
TS1	360	20.160	48	6.955,20	6.000	6.300	2
TS2	360	20.160	48	6.955,20	6.000	6.300	2
TS3	360	20.160	48	6.955,20	6.000	6.300	2
TS4	360	20.160	48	6.955,20	6.000	6.300	2
TS5	240	13.440	32	4.636,80	4.000	6.300	2
TS6	360	20.160	48	6.955,20	6.000	4.200	2
TS7	360	20.160	48	6.955,20	6.000	6.300	2
TS8	180	10.080	24	3.477,60	3.000	3.150	1
TOTAL	2.360	144.480	344	49.946,40	43.000	45.150	15

LEYENDA

- VALLADO
- INVERSORES
- TRACKERS
- CENTRO DE TRANSFORMACION
- ARQUETA
- CAMARAS
- VIAL
- ZONA INUNDABLE
- SUBESTACION
- PUNTO LIMPIO
- PICAS
- TIERRAS
- CABLEADO C.C.
- CAJA CONCENTRACION
- PUERTA DE ACCESO
- CASITA DE CONTROL

DISTRIBUCIÓN DE TRACKERS PARA TS4:
 Número de Trackers total: 71
 Módulos totales: 20.160

- 9 trackers con 1 mesa: 9 x 2 filas x 28 módulos x 1 mesa = 504 módulos
- 1 trackers con 2 mesas: 1 x 2 filas x 28 módulos x 2 mesas = 112 módulos
- 2 trackers con 3 mesas: 2 x 2 filas x 28 módulos x 3 mesas = 336 módulos
- 8 trackers con 4 mesas: 8 x 2 filas x 28 módulos x 4 mesas = 1.792 módulos
- 7 trackers con 5 mesas: 7 x 2 filas x 28 módulos x 5 mesas = 1.960 módulos
- 46 trackers con 6 mesas: 46 x 2 filas x 28 módulos x 6 mesas = 15.456 módulos

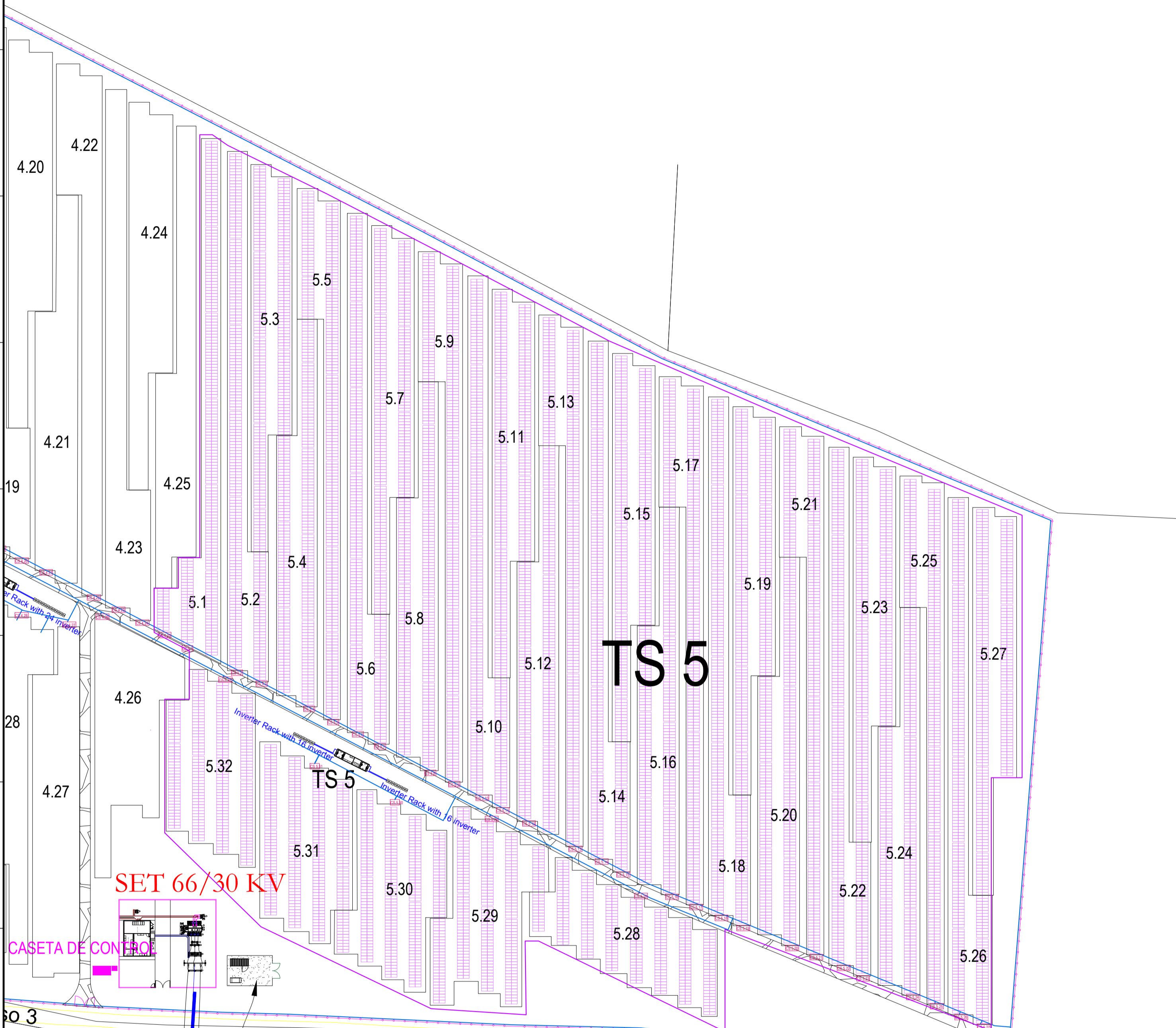
Inclinación del Tracker: -55° a +55°
 Azimut de mesa: 0°
 Ángulo de sombra: 29°
 Distancia entre ejes de seguimiento: 8 m

TÍTULO DEL PLANO:
 INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA. DISTRIBUCIÓN B.T.
 CENTRO DE TRANSFORMACIÓN 4

FECHA: JUNIO 2020
ESCALA: 1:1.000
FORMATO: A2
PLANO N.º: P-05.4

PROYECTO:
 PLANTA FOTOVOLTAICA "ZITRO I"
 T.M. JAÉN (JAÉN)

PROYECTADO: 2/106 FHO
DIBUJADO: 2/106 FHO
COMPROBADO: 2/106 FHO
APROBADO: 2/106 FHO



SET 66/30 KV

TS 5

PUNTO LIMPIO

Acceso 4

INFORMACIÓN TÉCNICA

DATOS DE GENERADOR
 Tipo de módulos: Astroenergy CHSM50 (2M)-HV 340
 Módulo dim. (mm): 1.956 x 990W x40D
 Salida de módulo: 340Wp
 Número de módulos: 144 480
 Capacidad total de módulos: 49.320 Wp
 Número de strings: 5.160
 Módulos por string: 28

DATOS TRANSFORMADOR:
 Número de transformadores en planta: 8
 Distribución de transformadores: 6x4000 kVA, 1x4000 kVA
 Relación de transformación: 0,6/30 kV

Datos generales de emplazamiento:
 Área: 69,72 ha (evalúo)
 Coordenadas: 37°49'N, 3°46'W
 Altitud: 65-100 m sobre el nivel del mar

Nº GENERADOR	Nº MESAS	Nº MÓDULOS 345 kWp	Nº DE INVERSORES 125 kW	POTENCIA PICO TOTAL INVERSOR (kWp)	POTENCIA NOMINAL TOTAL INVERSORES (kW)	POTENCIA CENTRO DE TRANSFORMACIÓN (kW)	Nº DE TRANSFORMADORES IGUALES
TS1	360	20.160	48	6.955,20	6.000	6.300	2
TS2	360	20.160	48	6.955,20	6.000	6.300	2
TS3	360	20.160	48	6.955,20	6.000	6.300	2
TS4	360	20.160	48	6.955,20	6.000	6.300	2
TS5	240	14.400	32	4.636,80	4.000	6.300	2
TS6	360	20.160	48	6.955,20	6.000	4.200	2
TS7	360	20.160	48	6.955,20	6.000	6.300	2
TS8	180	10.080	24	3.477,60	3.000	3.150	1
TOTAL	2.580	144.480	344	49.845,60	48.000	45.150	15

LEYENDA

VALLADO	INVERSORES	TRACKERS	CENTRO DE TRANSFORMACIÓN	ARQUETA	CÁMARA	VIAL	ZONA INUNDABLE	SUBESTACIÓN	PUNTO LIMPIO	PICAS	TIERRAS	CABLEADO C.C.	CAJA CONCENTRACIÓN	PUERTA DE ACCESO	CASETA DE CONTROL
---------	------------	----------	--------------------------	---------	--------	------	----------------	-------------	--------------	-------	---------	---------------	--------------------	------------------	-------------------

DISTRIBUCIÓN DE TRACKERS PARA TS5:

Números de Trackers total: 59
 Módulos totales: 13.440

- 11 trackers con 1 mesa: 11 x 2 filas x 28 módulos x 1 mesa = 616 módulos
- 14 trackers con 2 mesas: 14 x 2 filas x 28 módulos x 2 mesas = 1.568 módulos
- 1 tracker con 3 mesas: 1 x 2 filas x 28 módulos x 3 mesas = 168 módulos
- 0 trackers con 4 mesas: 0 x 2 filas x 28 módulos x 4 mesas = 0 módulos
- 0 trackers con 5 mesas: 0 x 2 filas x 28 módulos x 5 mesas = 0 módulos
- 33 trackers con 6 mesas: 33 x 2 filas x 28 módulos x 6 mesas = 11.088 módulos

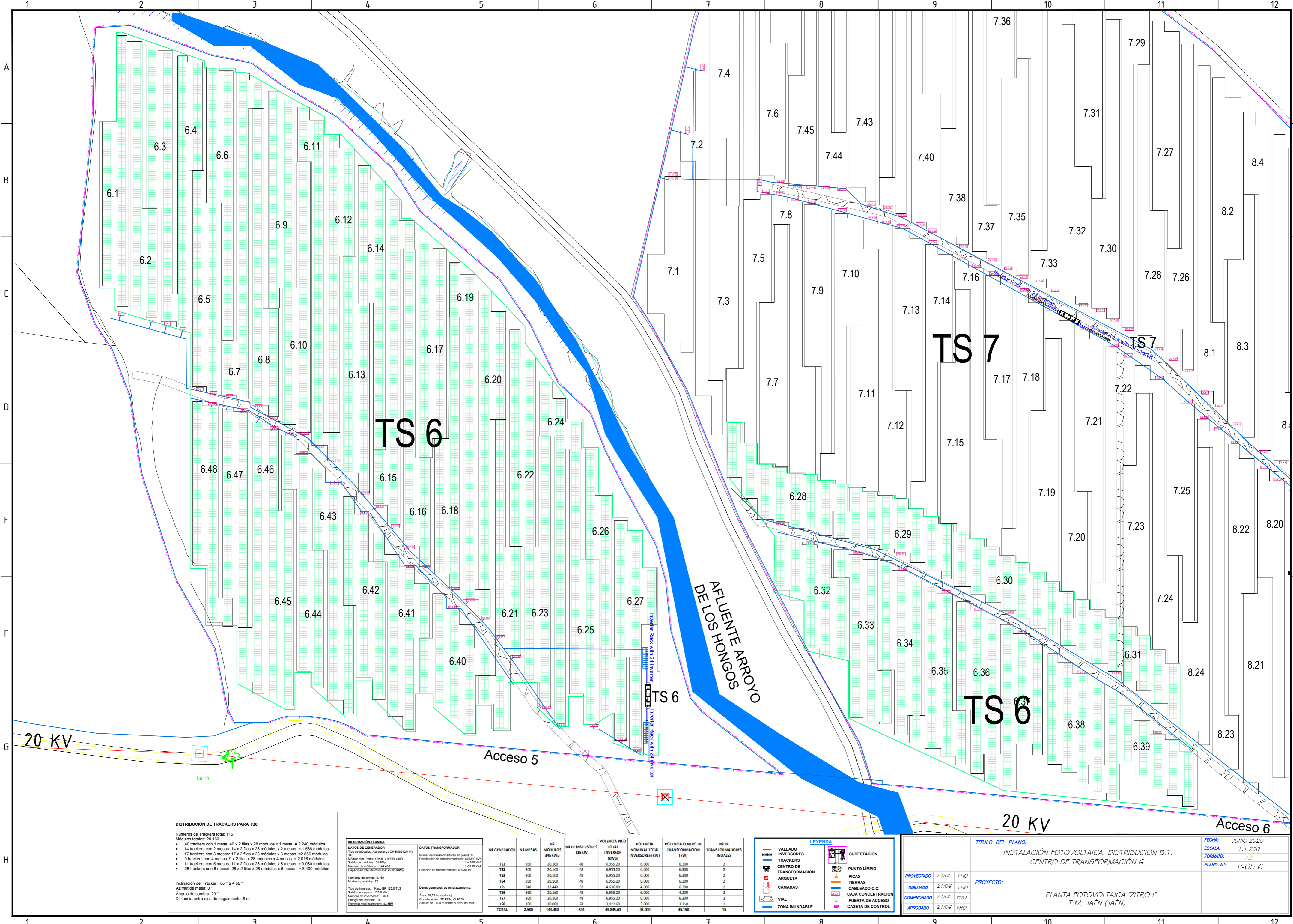
Inclinación del Tracker: -55° a +55°
 Azimut de mesa: 0°
 Ángulo de sombra: 29°
 Distancia entre ejes de seguimiento: 8 m

TÍTULO DEL PLANO:
 INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA. DISTRIBUCIÓN B.T. CENTRO DE TRANSFORMACIÓN 5

FECHA: JUNIO 2020
ESCALA: 1:1.000
FORMATO: A2
PLANO Nº: P-05.5

PROYECTO:
 PLANTA FOTOVOLTAICA "ZITRO I" T.M. JAÉN (JAÉN)

PROYECTADO	2/1/06	FHO
DIBUJADO	2/1/06	FHO
COMPROBADO	2/1/06	FHO
APROBADO	2/1/06	FHO



DISTRIBUCIÓN DE TRACKERS PARA TS6:
 Números de Trackers total: 116
 Módulos totales: 20.160
 • 40 trackers con 1 mesa: 40 x 2 filas x 28 módulos x 1 mesa = 2.240 módulos
 • 14 trackers con 2 mesas: 14 x 2 filas x 28 módulos x 2 mesas = 1.568 módulos
 • 17 trackers con 3 mesas: 17 x 2 filas x 28 módulos x 3 mesas = 2.856 módulos
 • 9 trackers con 4 mesas: 9 x 2 filas x 28 módulos x 4 mesas = 2.016 módulos
 • 11 trackers con 5 mesas: 11 x 2 filas x 28 módulos x 5 mesas = 3.080 módulos
 • 25 trackers con 6 mesas: 25 x 2 filas x 28 módulos x 6 mesas = 8.400 módulos

Inclinación del Tracker: -55° a + 55°
 Azimut de mesa: 0°
 Ángulo de sombra: 29°
 Distancia entre ejes de seguimiento: 8 m

DATOS GENERADOR
 Tipo de módulo: Astronergy CHS400-120W 120W
 Nº de transformadores en planta: 8
 Distribución de transformadores: 540000 VVA
 142000 VVA
 142150 VVA

DATOS TRANSFORMADOR:
 Nº de transformadores en planta: 8
 Distribución de transformadores: 540000 VVA
 142000 VVA
 142150 VVA
 Relación de transformación: 0,630 V/V

Datos generales de emplazamiento:
 Área: 60,72 ha (valado)
 Coordenadas: 37,49°N, -3,46°W
 Altitud: 65 - 100 m sobre el nivel del mar

Nº GENERADOR	Nº MESAS	Nº MODULOS 345 kWp	Nº DE INVERSORES 125 kW	POTENCIA PICO TOTAL INVERSOR (kWp)	POTENCIA NOMINAL TOTAL INVERSORES (kW)	POTENCIA CENTRO DE TRANSFORMACION (kW)	Nº DE TRANSFORMADORES IGUALES
TS1	360	20.160	48	6.955,20	6.000	6.300	2
TS2	360	20.160	48	6.955,20	6.000	6.300	2
TS3	360	20.160	48	6.955,20	6.000	6.300	2
TS4	360	20.160	48	6.955,20	6.000	6.300	2
TS5	240	13.440	32	4.636,80	4.000	6.300	2
TS6	360	20.160	48	6.955,20	6.000	4.200	2
TS7	360	20.160	48	6.955,20	6.000	6.300	2
TS8	180	10.080	24	3.477,60	3.000	3.150	1
TOTAL	2.580	144.480	344	49.946,40	43.000	45.150	15

LEYENDA

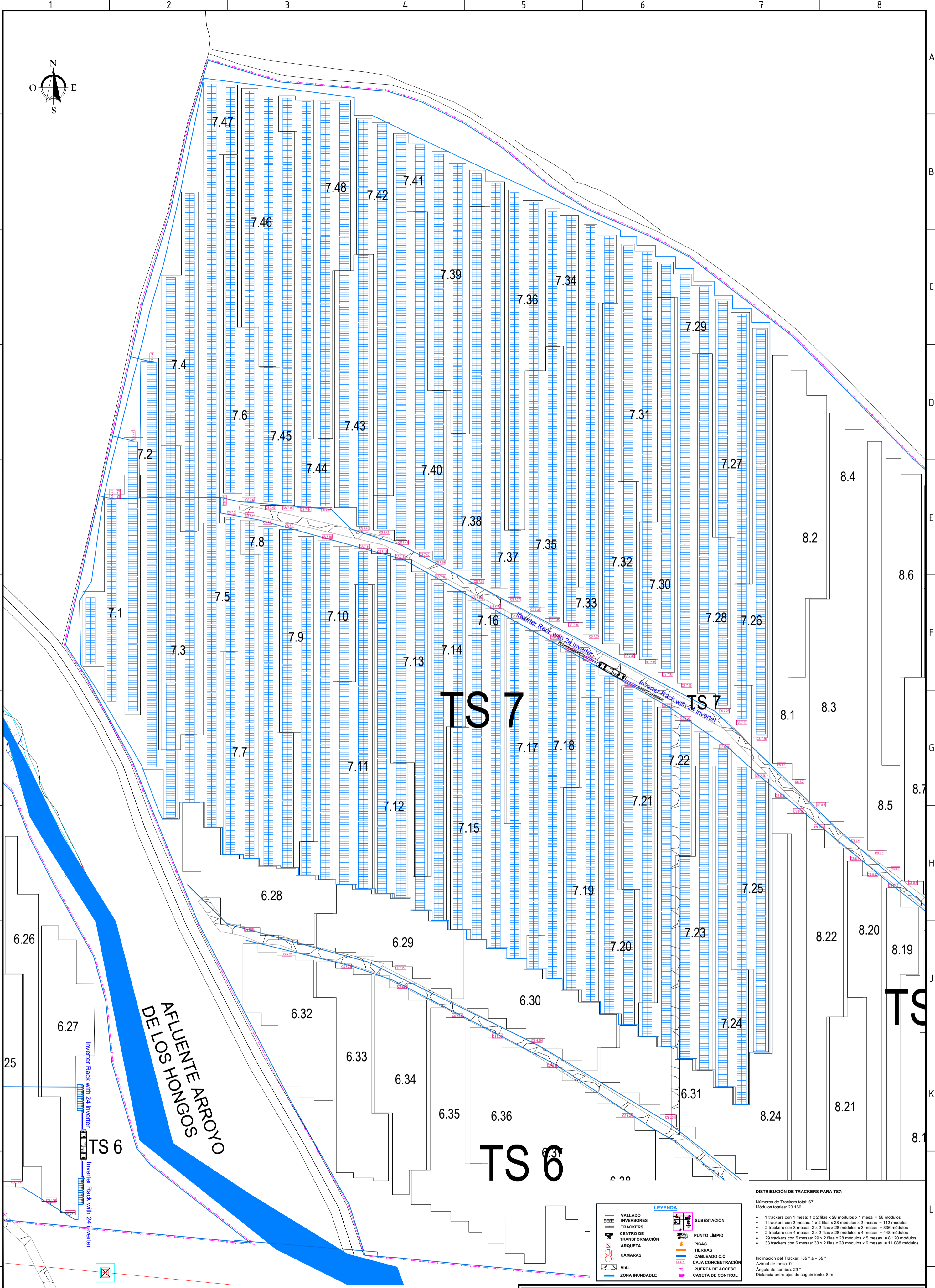
- VALLADO
- INVERSORES
- TRACKERS
- CENTRO DE TRANSFORMACION
- ARQUETA
- CAMARAS
- VIAL
- ZONA INUNDABLE
- SUBSTACION
- PUNTO LIMPIO
- PICAS
- TIERRAS
- CABLEADO C.C.
- CAJA CONCENTRACION
- PUERTA DE ACCESO
- CASETA DE CONTROL

TITULO DEL PLANO:
 INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA, DISTRIBUCIÓN B.T.
 CENTRO DE TRANSFORMACIÓN 6

FECHA: JUNIO 2020
ESCALA: 1:1.200
FORMATO: A2
PLANO Nº: P-05.6

PROYECTO:
 PLANTA FOTOVOLTAICA "ZITRO I"
 T.M. JAÉN (JAÉN)

PROYECTADO: 21/06 FHO
DIBUJADO: 21/06 FHO
COMPROBADO: 21/06 FHO
APROBADO: 21/06 FHO



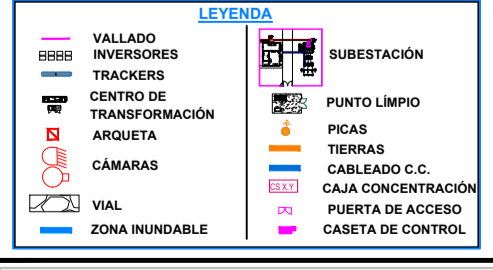
INFORMACIÓN TÉCNICA

DATOS DE GENERADOR
 Tipo de módulo: Sunenergy CH6M61251-HV
 Módulo dim. (mm): 1.954 x 9007 mm
 Salida de módulo: 345Wp
 Número de módulos: 144.480
 Capacidad total de módulos: 49.85 MWp
 Número de strings: 5.100
 Módulos por string: 28
 Tipo de inversor: Kuba BP 125.0 TL3
 Salida de inversor: 125.0 kW
 Strings por inversor: 15
 Potencia total inversores: 43 MW

DATOS TRANSFORMADOR
 Número de transformadores en planta: 8
 Distribución de transformadores: 6x3000 kVA
 1x4200 kVA
 1x1100 kVA
 Relación de transformación: 0.6/30 kV

Datos generales de emplazamiento:
 Área: 69.72 ha (vallado)
 Coordenadas: 37.49°N, -3.46°W
 Altitud: 65 - 100 m sobre el nivel del mar

Nº GENERADOR	Nº MESAS	Nº MÓDULOS 345 kWp	Nº DE INVERSORES 125 kW	POTENCIA PICO TOTAL INVERSOR (kWp)	POTENCIA NOMINAL TOTAL INVERSORES (kW)	POTENCIA CENTRO DE TRANSFORMACION (kW)	Nº DE TRANSFORMADORES IGUALES
TS1	360	20.160	48	6.955,20	6.000	6.300	2
TS2	360	20.160	48	6.955,20	6.000	6.300	2
TS3	360	20.160	48	6.955,20	6.000	6.300	2
TS4	360	20.160	48	6.955,20	6.000	6.300	2
TS5	360	13.440	32	4.636,80	4.000	6.300	2
TS6	360	20.160	48	6.955,20	6.000	4.200	2
TS7	360	20.160	48	6.955,20	6.000	6.300	2
TS8	180	10.080	24	3.477,60	3.000	3.150	1
TOTAL	2.580	144.480	344	49.846,40	43.000	45.150	15



DISTRIBUCIÓN DE TRACKERS PARA TS:

Números de Trackers total: 67
 Módulos totales: 20.160

- 1 trackers con 1 mesa: 1 x 2 filas x 28 módulos x 1 mesa = 56 módulos
- 1 trackers con 2 mesas: 1 x 2 filas x 28 módulos x 2 mesas = 112 módulos
- 2 trackers con 3 mesas: 2 x 2 filas x 28 módulos x 3 mesas = 336 módulos
- 2 trackers con 4 mesas: 2 x 2 filas x 28 módulos x 4 mesas = 448 módulos
- 29 trackers con 5 mesas: 29 x 2 filas x 28 módulos x 5 mesas = 8.120 módulos
- 33 trackers con 6 mesas: 33 x 2 filas x 28 módulos x 6 mesas = 11.088 módulos

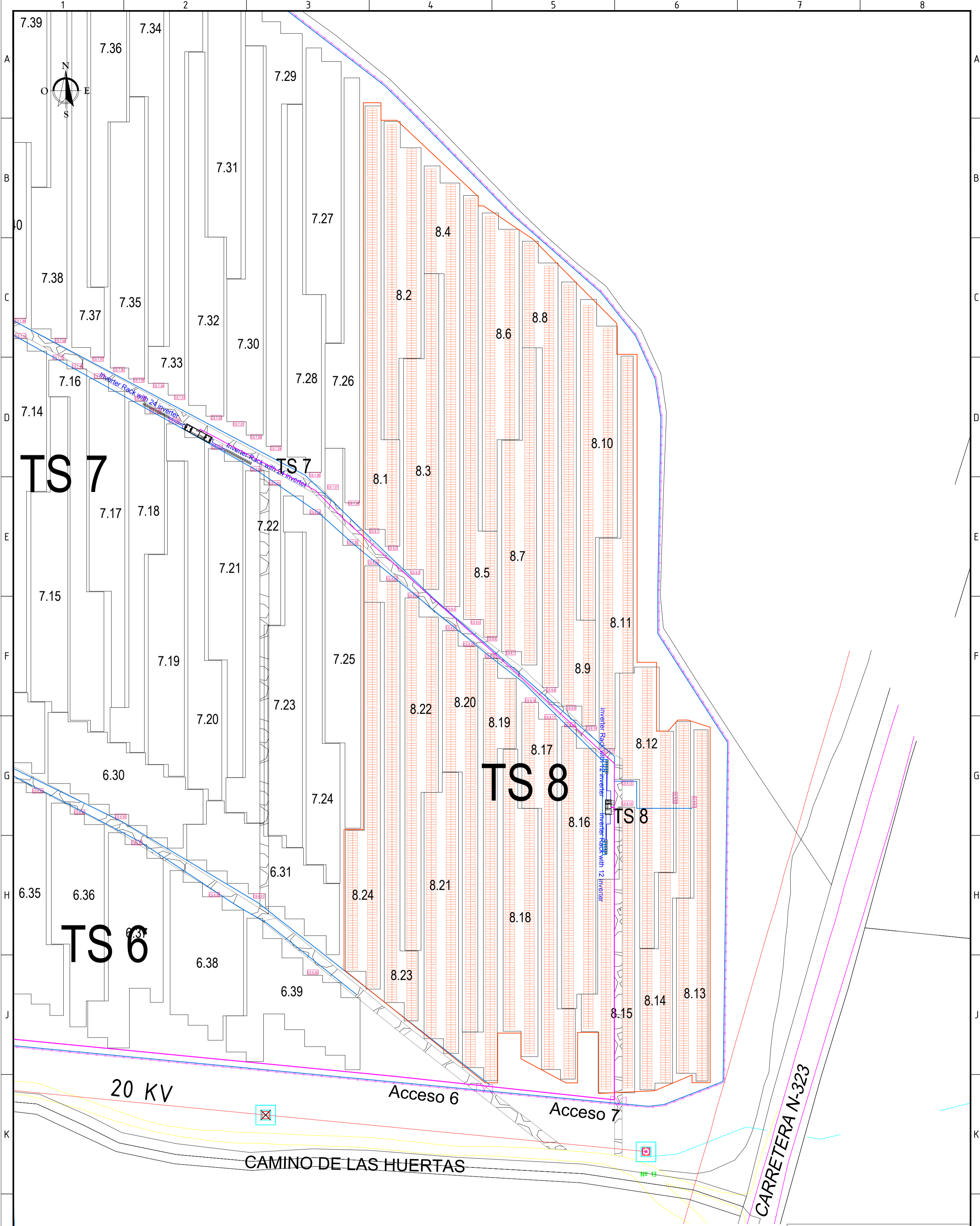
Inclinación del Tracker: -55° a +55°
 Azimut de mesa: 0°
 Ángulo de sombra: 29°
 Distancia entre ejes de seguimiento: 8 m

TÍTULO DEL PLANO:
 INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA. DISTRIBUCIÓN B.T.
 CENTRO DE TRANSFORMACION 7

FECHA: JUNIO 2020
ESCALA: 1:1.000
FORMATO: A2
PLANO Nº: P-05.7

PROYECTADO: 2/1/06 FHO
DIBUJADO: 2/1/06 FHO
COMPROBADO: 2/1/06 FHO
APROBADO: 2/1/06 FHO

PROYECTO:
 PLANTA FOTOVOLTAICA "ZITRO I"
 T.M. JAÉN (JAÉN)



TS 7

TS 8

TS 6

20 KV

Acceso 6

Acceso 7

CAMINO DE LAS HUERTAS

CARRETERA N-323

LEYENDA

	VALLADO		SUBESTACIÓN
	INVERSORES		PUNTO LIMPIO
	TRACKERS		PICAZ
	CENTRO DE TRANSFORMACIÓN		TIERRAS
	ARQUETA		CABLEADO C.C.
	CÁMARAS		CAJA CONCENTRACIÓN
	VIAL		PUERTA DE ACCESO
	ZONA INUNDABLE		CASETA DE CONTROL

DISTRIBUCIÓN DE TRACKERS PARA TS:
 Módulos totales: 10.080

- 0 trackers con 1 mesa: 0 x 2 filas x 28 módulos x 1 mesa = 0 módulos
- 1 trackers con 2 mesas: 1 x 2 filas x 28 módulos x 2 mesas = 112 módulos
- 1 trackers con 3 mesas: 1 x 2 filas x 28 módulos x 3 mesas = 168 módulos
- 2 trackers con 4 mesas: 2 x 2 filas x 28 módulos x 4 mesas = 448 módulos
- 7 trackers con 5 mesas: 7 x 2 filas x 28 módulos x 5 mesas = 1.960 módulos
- 22 trackers con 6 mesas: 22 x 2 filas x 28 módulos x 6 mesas = 7.392 módulos

Inclinación del Tracker: -55° a +55°
 Azimut de mesa: 0°
 Ángulo de sombra: 29°
 Distancia entre ejes de seguimiento: 8 m

INFORMACIÓN TÉCNICA

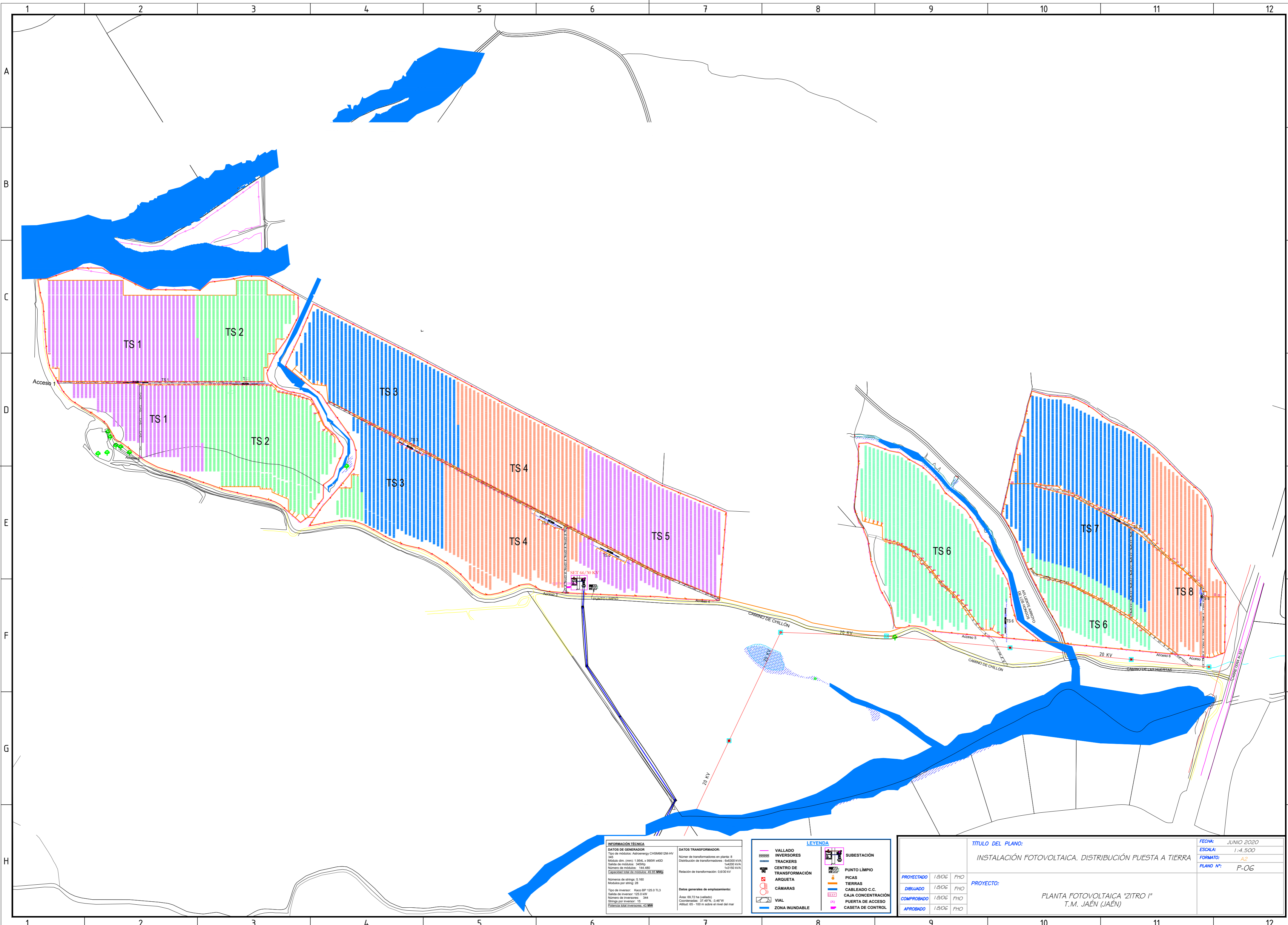
DATOS DE GENERADOR: Tipo de módulos: SunPower® CH3M612M4HV 345 Módulos dim. (mm): 1 954L x 990W x 40D Salida de módulos: 340Wp Número de módulos: 144.480 Capacidad total de módulos: 49.351 MWp	DATOS TRANSFORMADOR: Número de transformadores en planta: 8 Distribución de transformadores: 6x8200 KVA 1x14200 KVA Relación de transformación: 0,630 KV
Números de strings: 5.160 Módulos por string: 28 Tipo de inversor: K400 8P 125,0 TL3 Salida de inversor: 125,0 kW Número de inversores: 344 String por inversor: 15 Potencia total inversores: 43 MW	Datos generales de emplazamiento: Área: 69,72 ha (total) Coordenadas: 37°49'N, -3,46°W Altitud: 65 - 100 m sobre el nivel del mar

Nº GENERADOR	Nº MESAS	Nº MODULOS 345 kWp	Nº DE INVERSORES 125 kW	POTENCIA PICO TOTAL INVERSOR (kWp)	POTENCIA NOMINAL TOTAL INVERSORES (kW)	POTENCIA CENTRO DE TRANSFORMACION (kW)	Nº DE TRANSFORMADORES IGUALES
TS1	360	20.160	48	6.955,20	6.000	6.300	2
TS3	360	20.160	48	6.955,20	6.000	6.300	2
TS4	360	20.160	48	6.955,20	6.000	6.300	2
TS5	240	13.440	32	4.636,80	4.000	6.300	2
TS6	360	20.160	48	6.955,20	6.000	4.200	2
TS7	360	20.160	48	6.955,20	6.000	6.300	2
TS8	180	10.080	24	3.477,60	3.000	3.150	1
TOTAL	2.340	144.480	344	49.351,60	43.000	45.150	15

TÍTULO DEL PLANO:
 INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA. DISTRIBUCIÓN B.T.
 CENTRO DE TRANSFORMACIÓN 8

FECHA: JUNIO 2020
ESCALA: 1:1.000
FORMATO: A2
PLANO Nº: P-05.8

PROYECTADO	2/1/06	FHO	PROYECTO:	PLANTA FOTOVOLTAICA "ZITRO I" T.M. JAÉN (JAÉN)
DIBUJADO	2/1/06	FHO		
COMPROBADO	2/1/06	FHO		
APROBADO	2/1/06	FHO		



INFORMACIÓN TÉCNICA
 Tipo de módulo: Adhenergy C103M6/72M-HV
 Módulos por línea: 1.564 x 990W x40D
 Salida de módulos: 3459W
 Número de módulos: 144.480
 Capacidad total de módulos: 49,35 MWp
 Número de strings: 5.160
 Módulos por string: 28
 Tipo de inversor: Kaco SP-125.0 TL3
 Salida de inversor: 125.0 kV
 Número de inversores: 344
 Strings por inversor: 15
 Potencia total inversores: 43 MW

DATOS TRANSFORMADOR:
 Número de transformadores en planta: 8
 Distribución de transformadores: 6x2500 kVA, 1x4200 kVA, 1x2100 kVA
 Relación de transformación: 0,6/30 kV

Datos generales de emplazamiento:
 Área: 98,72 ha (total)
 Coordenadas: 37°48'N, -3°48'W
 Altitud: 65 - 100 m sobre el nivel del mar

- LEYENDA**
- VALLADO
 - INVERSORES
 - TRACKERS
 - CENTRO DE TRANSFORMACIÓN
 - ARQUETA
 - CÁMARA
 - VIAL
 - ZONA INUNDABLE
 - SUBSTACIÓN
 - PUNTO LIMPIO
 - PICAS
 - TIERRAS
 - CABLEADO C.C.
 - CAJA CONCENTRACIÓN
 - PUERTA DE ACCESO
 - CASETA DE CONTROL

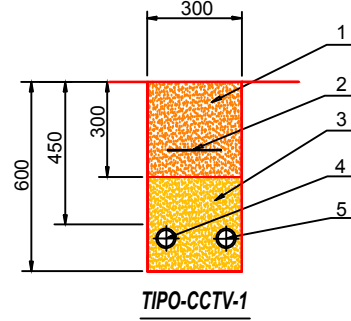
PROYECTADO	18/06	FHO
DIBUJADO	18/06	FHO
COMPROBADO	18/06	FHO
APROBADO	18/06	FHO

TÍTULO DEL PLANO:
 INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA. DISTRIBUCIÓN PUESTA A TIERRA

PROYECTO:
 PLANTA FOTOVOLTAICA "ZITRO I"
 T.M. JAÉN (JAÉN)

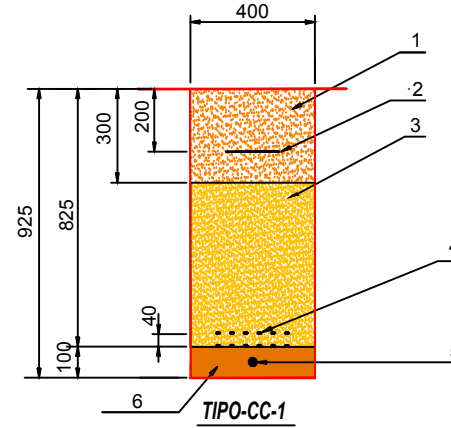
FECHA: JUNIO 2020
ESCALA: 1:4.500
FORMATO: A2
PLANO N°: P-06

**ZANJA PERIMETRAL
PARA CONEXIONADO
ANTIINTRUSISMO**



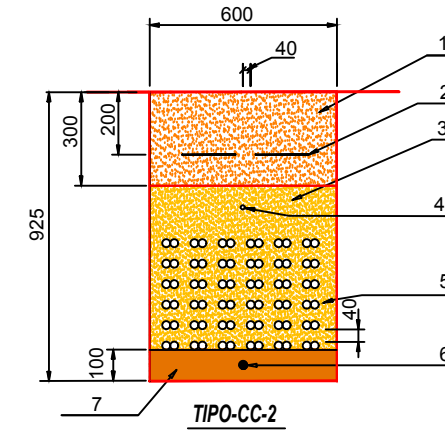
Nº	DESCRIPCIÓN
1	TIERRA DE LA EXCAVACION- COMPACTADO MECANICO
2	CINTA DE SEÑALACIÓN
3	TIERRA SELECCIONADA O IMPORTADA- COMPACTADO MANUAL
4	TUBO Ø 63 mm (ALIMENTACIÓN B.T. ANTIINTRUSISMO)
5	TUBO Ø 63 mm (CCTV)

**ZANJA PARA CABLEADO EN
CORRIENTE CONTINUA**



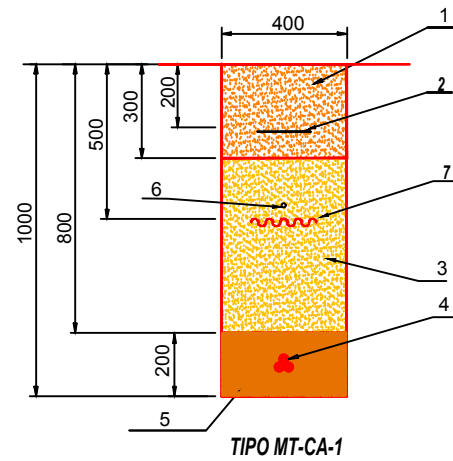
Nº	DESCRIPCIÓN
1	TIERRA DE LA EXCAVACION- COMPACTADO MECANICO
2	CINTA DE SEÑALACIÓN
3	TIERRA SELECCIONADA O IMPORTADA- COMPACTADO MANUAL
4	CIRCUITOS DE CORRIENTE CONTINUA - DE STRINGS A CAJA 2x(1x6 mm ²) Cu
5	CABLE DESNUDO DE COBRE- RED PRINCIPAL DE TIERRAS
6	ARENA CRIBADA

**ZANJA PARA CABLEADO
EN CORRIENTE CONTINUA**



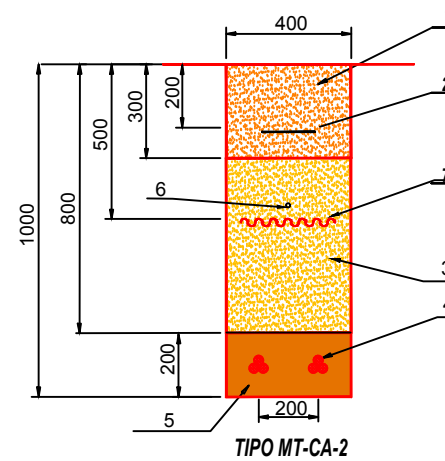
Nº	DESCRIPCIÓN
1	TIERRA DE LA EXCAVACION- COMPACTADO MECANICO
2	CINTA DE SEÑALACIÓN
3	TIERRA SELECCIONADA O IMPORTADA- COMPACTADO MANUAL
4	COMUNICACIONES
5	CIRCUITOS DE CORRIENTE CONTINUA -DE CAJAS A INVERSORES 2x(1x240mm ²) Al
6	CABLE DESNUDO DE COBRE-
7	ARENA CRIBADA

**ZANJA PARA LÍNEA DE MEDIA TENSIÓN
DESDE CENTRO DE TRANSFORMACIÓN
HASTA SET (C.A)**



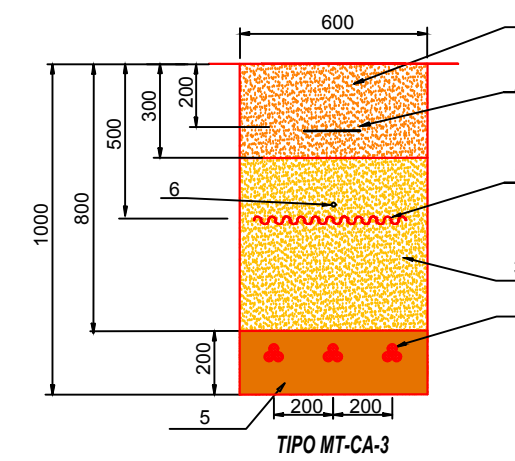
Nº	DESCRIPCIÓN
1	TIERRA DE LA EXCAVACION- COMPACTADO MECANICO
2	CINTA DE SEÑALACIÓN
3	TIERRA SELECCIONADA O IMPORTADA- COMPACTADO MANUAL
4	CIRCUITO DE MEDIA TENSION- 1 TERNA DE 3x(1x150 mm ²) Al
5	ARENA CRIBADA
6	CONDUCTOR DE FIBRA ÓPTICA (COMUNICACIONES)
7	PLACA DE PROTECCIÓN DE PVC

**ZANJA PARA LÍNEAS DE MEDIA TENSIÓN
DESDE CENTROS DE TRANSFORMACIÓN
HASTA SET (C.A)**



Nº	DESCRIPCIÓN
1	TIERRA DE LA EXCAVACION- COMPACTADO MECANICO
2	CINTA DE SEÑALACIÓN
3	TIERRA SELECCIONADA O IMPORTADA- COMPACTADO MANUAL
4	CIRCUITO DE MEDIA TENSION- 1 TERNA DE 3x(1x150 mm ²) Al
5	ARENA CRIBADA
6	CONDUCTOR DE FIBRA ÓPTICA (COMUNICACIONES)
7	PLACA DE PROTECCIÓN DE PVC

**ZANJA PARA ENTRADA A LA SET DE
LÍNEAS DE MEDIA TENSIÓN (C.A)**



Nº	DESCRIPCIÓN
1	TIERRA DE LA EXCAVACION- COMPACTADO MECANICO
2	CINTA DE SEÑALACIÓN
3	TIERRA SELECCIONADA O IMPORTADA- COMPACTADO MANUAL
4	CIRCUITO DE MEDIA TENSION- 1 TERNA DE 3x(1x150 mm ²) Al
5	ARENA CRIBADA
6	CONDUCTOR DE FIBRA ÓPTICA (COMUNICACIONES)
7	PLACA DE PROTECCIÓN DE PVC

TÍTULO DEL PLANO:

OBRA CIVIL. DETALLE. CANALIZACIONES
ZANJAS CABLEADO EN C.C Y C.A DE PFV

FECHA: JUNIO 2020

ESCALA: S/E

FORMATO: A3

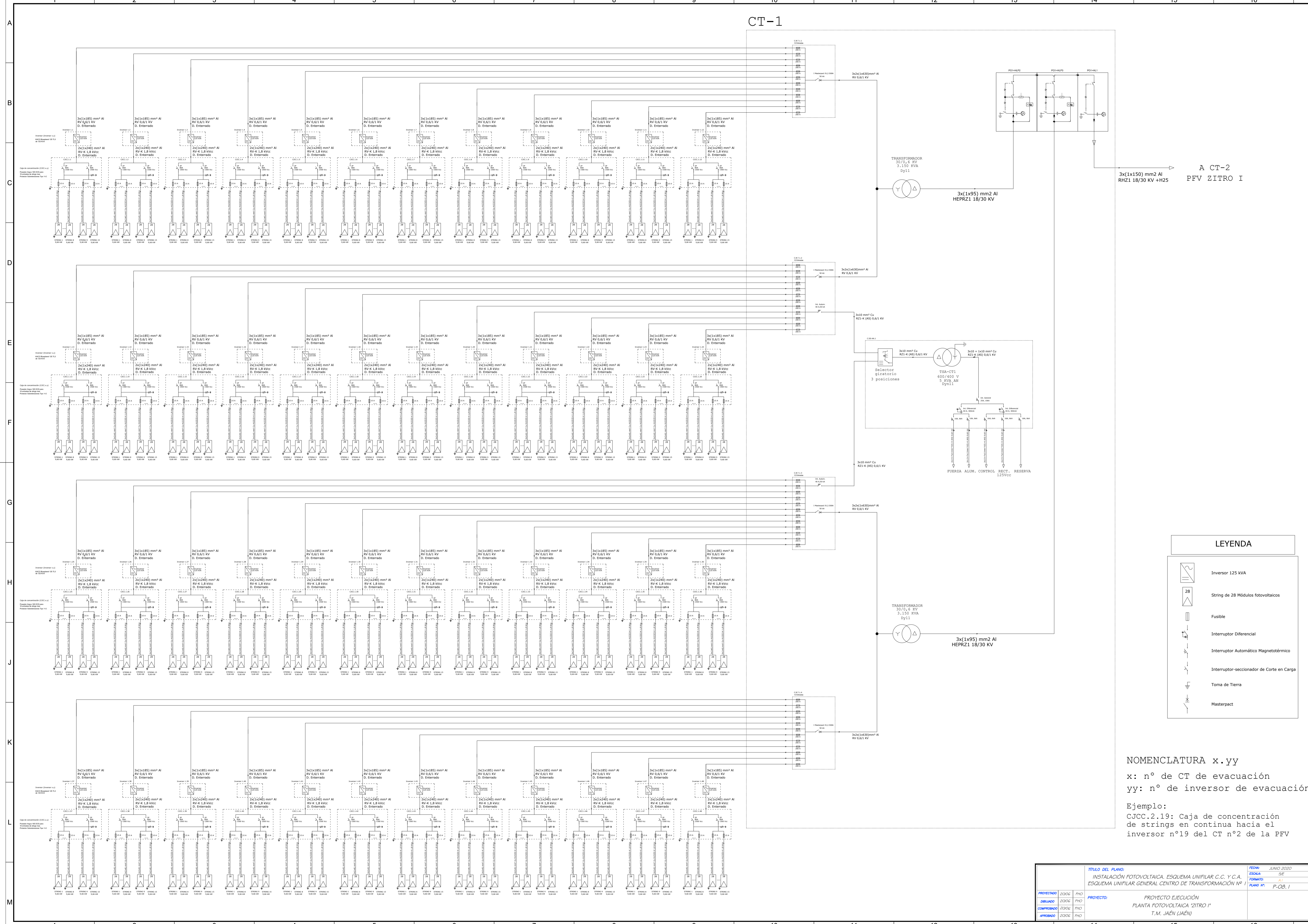
PLANO Nº: P-07

PROYECTADO	20/06	FHO
DIBUJADO	20/06	FHO
COMPROBADO	20/06	FHO
APROBADO	20/06	FHO

PROYECTO:

PLANTA FOTOVOLTAICA "ZITRO I"
T.M. JAÉN (JAÉN)

CT-1



LEYENDA

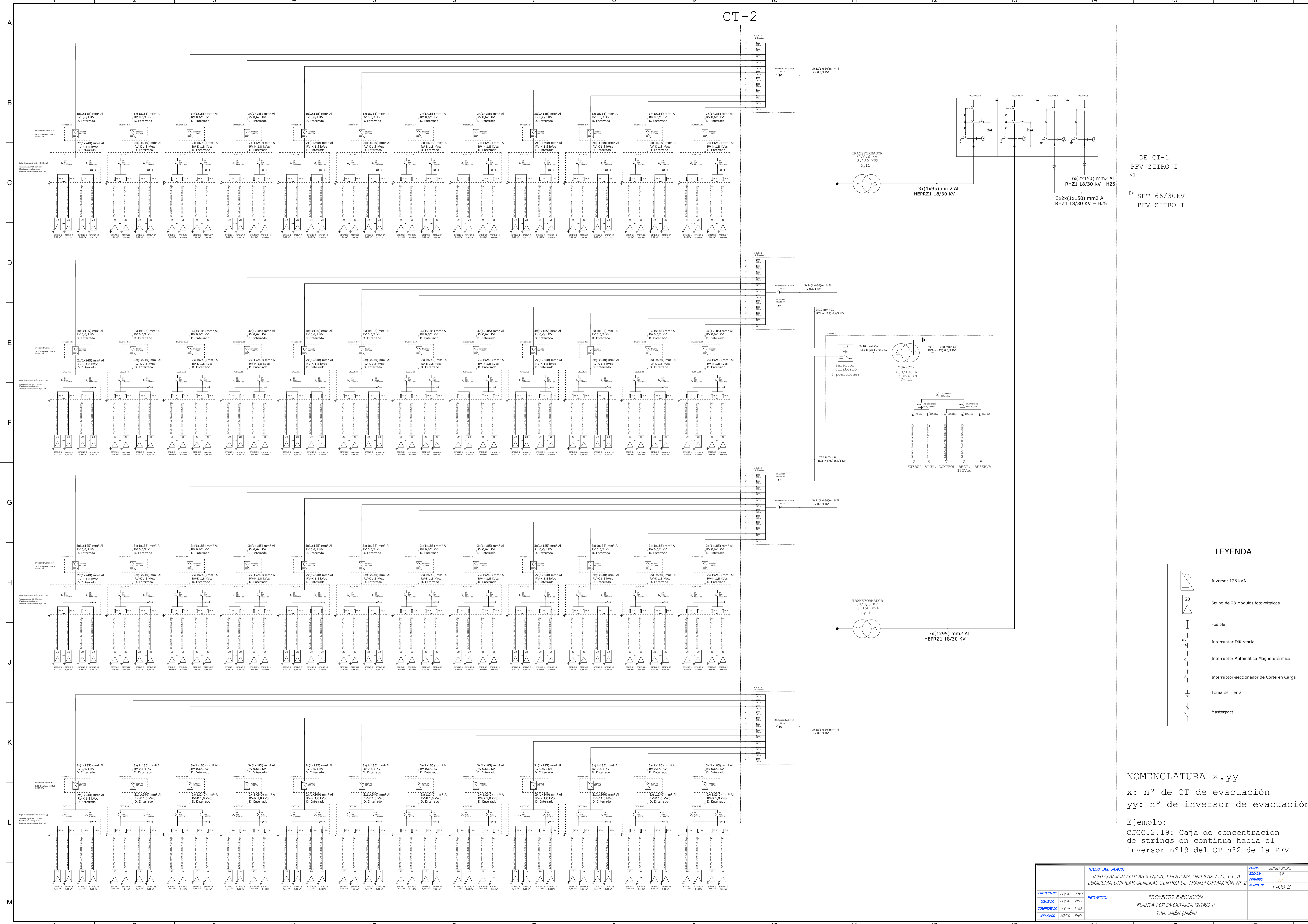
- Inversor 125 kVA
- String de 28 Módulos fotovoltaicos
- Fusible
- Interruptor Diferencial
- Interruptor Automático Magnetotérmico
- Interruptor-seccionador de Corte en Carga
- Toma de Tierra
- Masterpact

NOMENCLATURA x.yy
 x: n° de CT de evacuación
 yy: n° de inversor de evacuación

Ejemplo:
 CJCC.2.19: Caja de concentración de strings en continua hacia el inversor nº19 del CT nº2 de la PFV

TÍTULO DEL PLANO: INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA, ESQUEMA UNIFILAR C.C. Y C.A. ESQUEMA UNIFILAR GENERAL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN Nº 1			FECHA: JUNIO 2020
PROYECTO: PROYECTO EJECUCIÓN PLANTA FOTOVOLTAICA 'ZITRO I'			ESCALA: 5/1
T.M. JAÉN (JAÉN)			PLANO Nº: P-08.1
PROYECTADO	20/06	PHD	
DISEÑADO	20/06	PHD	
COMPROBADO	20/06	PHD	
APROBADO	20/06	PHD	

CT-2



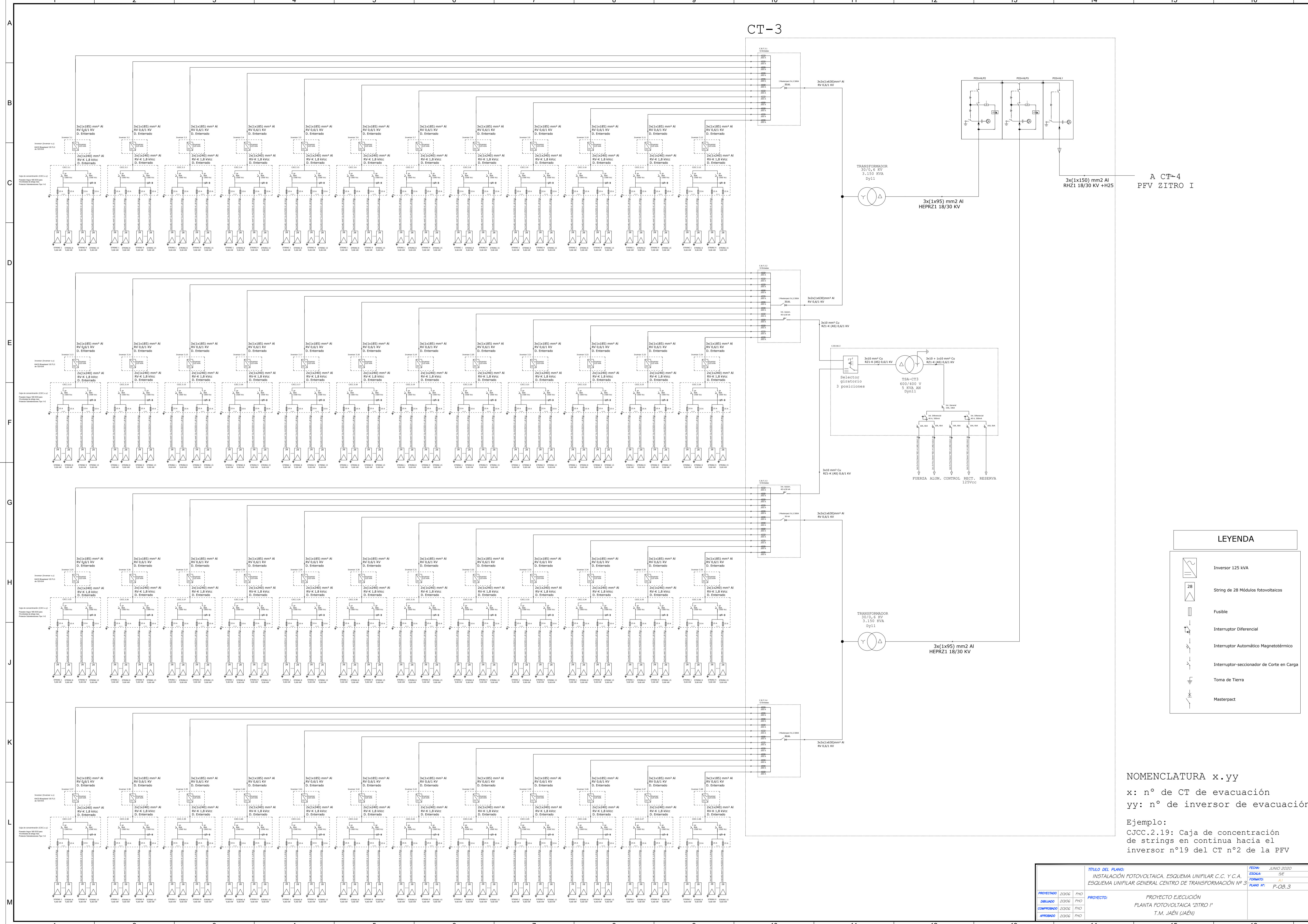
LEYENDA

- Inversor 125 kVA
- String de 28 Módulos fotovoltaicos
- Fusible
- Interruptor Diferencial
- Interruptor Automático Magnetotérmico
- Toma de Tierra
- Masterpact

NOMENCLATURA x.yy
 x: n° de CT de evacuación
 yy: n° de inversor de evacuación

Ejemplo:
 CJCC.2.19: Caja de concentración de strings en continua hacia el inversor n°19 del CT n°2 de la PFV

TÍTULO DEL PLANO: INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA, ESQUEMA UNIFILAR C.C. Y C.A. ESQUEMA UNIFILAR GENERAL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN Nº 2			FECHA: JUNIO 2020
PROYECTADO: 20/06/20	PROYECTO:	PROYECTO EJECUCIÓN PLANTA FOTOVOLTAICA "ZITRO I"	ESCALA: 1:1
DISEÑADO: 20/06/20	APROBADO: 20/06/20	T.M. JAÉN (JAÉN)	FORMATO: P-08.2



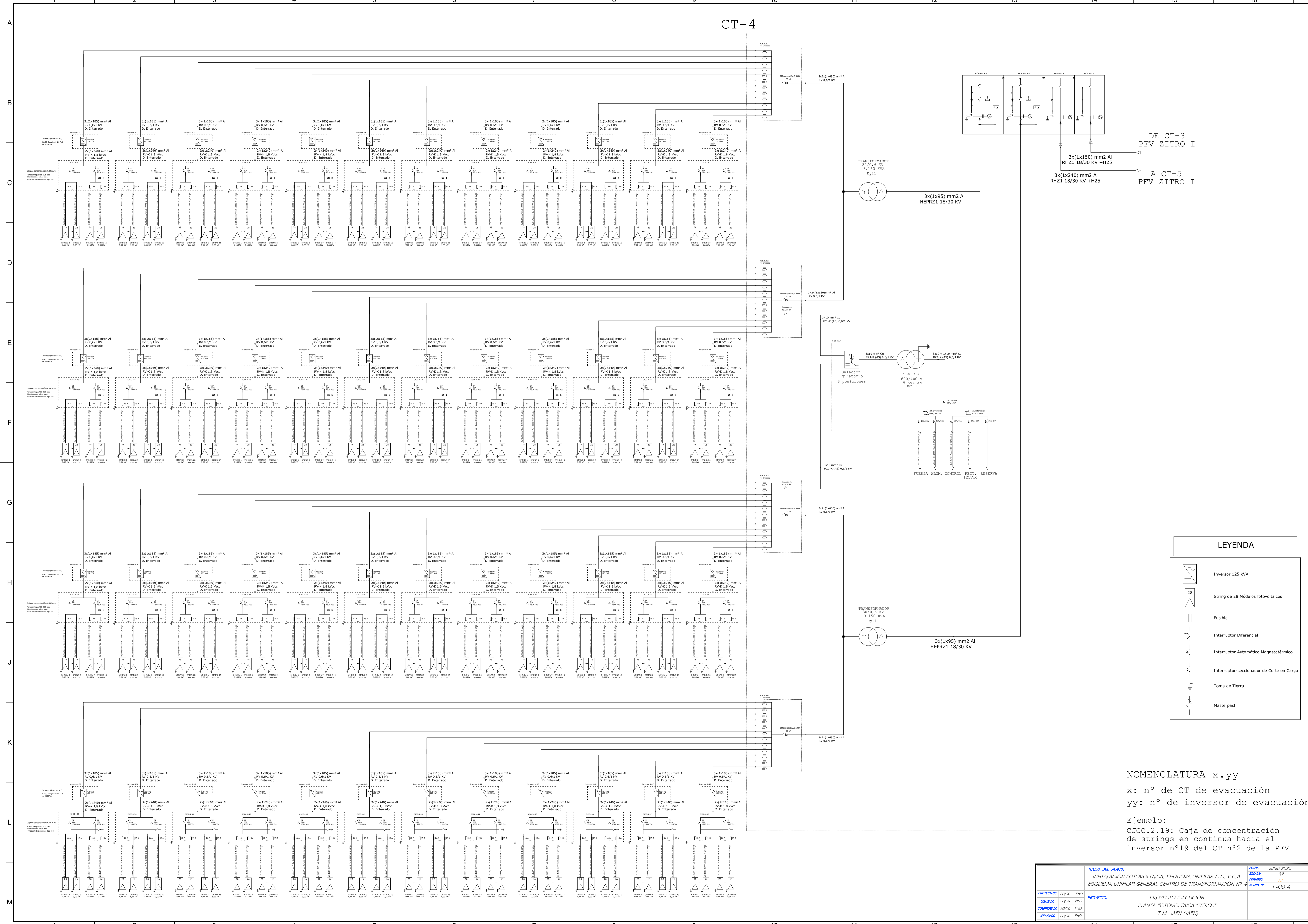
LEYENDA	
	Inversor 125 kVA
	String de 28 Módulos fotovoltaicos
	Fusible
	Interruptor Diferencial
	Interruptor Automático Magnetotérmico
	Interruptor-seccionador de Corte en Carga
	Toma de Tierra
	Masterpact

NOMENCLATURA x.yy
 x: n° de CT de evacuación
 yy: n° de inversor de evacuación

Ejemplo:
 CJCC.2.19: Caja de concentración de strings en continua hacia el inversor nº19 del CT nº2 de la PFV

TÍTULO DEL PLANO: INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA, ESQUEMA UNIFILAR C.C. Y C.A. ESQUEMA UNIFILAR GENERAL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN Nº 3			FECHA: JUNIO 2020 ESCALA: 5X FORMATO: A3 PLANO Nº: P-08.3
PROYECTADO: 20/06/2020 PHD	PROYECTO:	PROYECTO EJECUCIÓN PLANTA FOTOVOLTAICA "ZITRO I" T.M. JAÉN (JAÉN)	
DISEÑADO: 20/06/2020 PHD			
COMPROBADO: 20/06/2020 PHD			
APROBADO: 20/06/2020 PHD			

CT-4

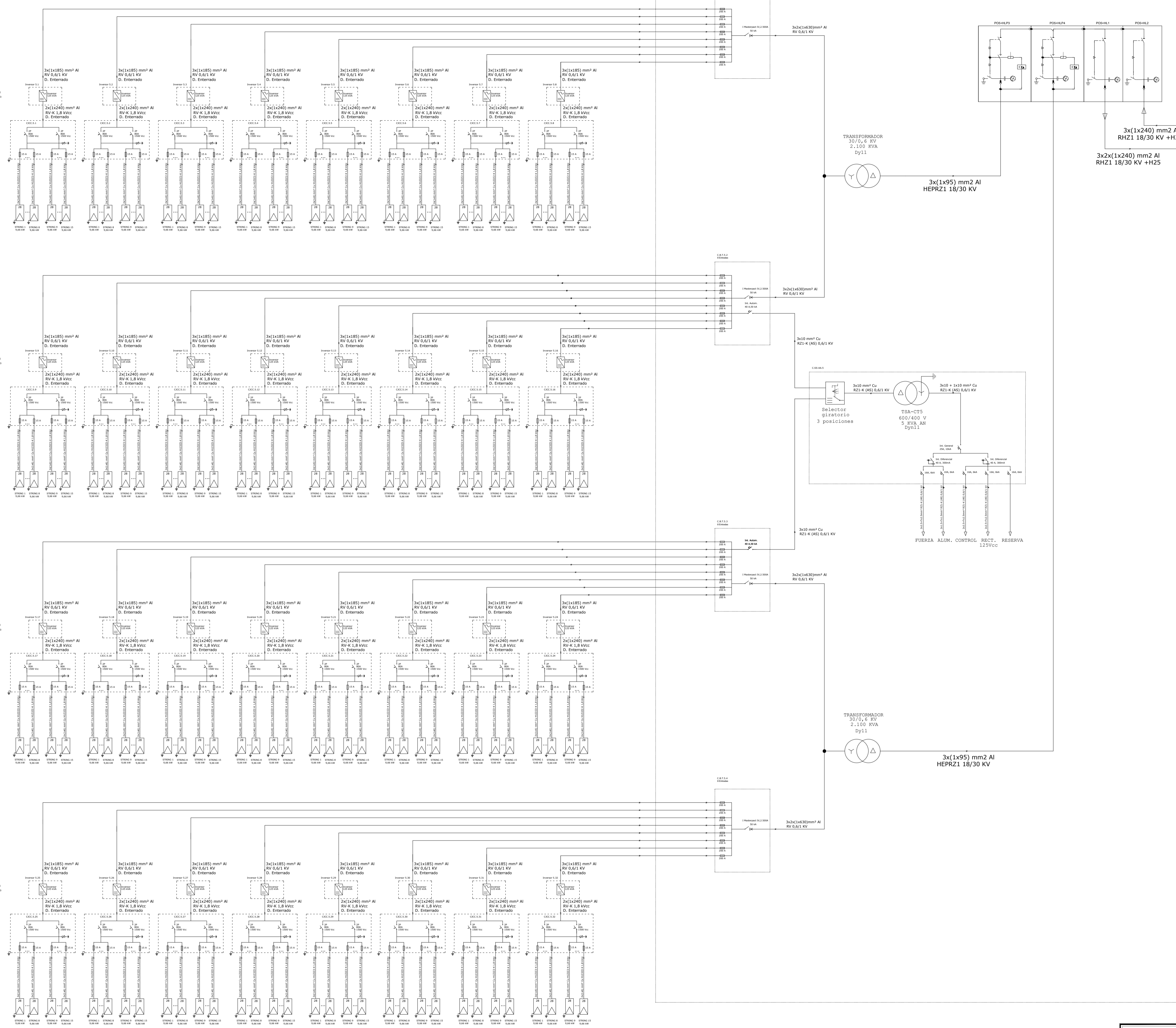


LEYENDA	
	Inversor 125 kVA
	String de 28 Módulos fotovoltaicos
	Fusible
	Interruptor Diferencial
	Interruptor Automático Magnetotérmico
	Interruptor-seccionador de Corte en Carga
	Toma de Tierra
	Masterpact

NOMENCLATURA x.yy
 x: n° de CT de evacuación
 yy: n° de inversor de evacuación
 Ejemplo:
 CJCC.2.19: Caja de concentración de strings en continua hacia el inversor nº19 del CT nº2 de la PFV

TÍTULO DEL PLANO: INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA, ESQUEMA UNIFILAR C.C. Y C.A. ESQUEMA UNIFILAR GENERAL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN Nº 4		FECHA: JUNIO 2020 ESCALA: 5X FORMATO: A3 PLANO Nº: P-08.4
PROYECTADO: 20/06/20 DISEÑADO: 20/06/20 COMPROBADO: 20/06/20 APROBADO: 20/06/20	PROYECTO: PROYECTO EJECUCIÓN PLANTA FOTOVOLTAICA 'ZITRO I' T.M. JAÉN (JAÉN)	

CT-5



DE CT-4
PFV ZITRO I

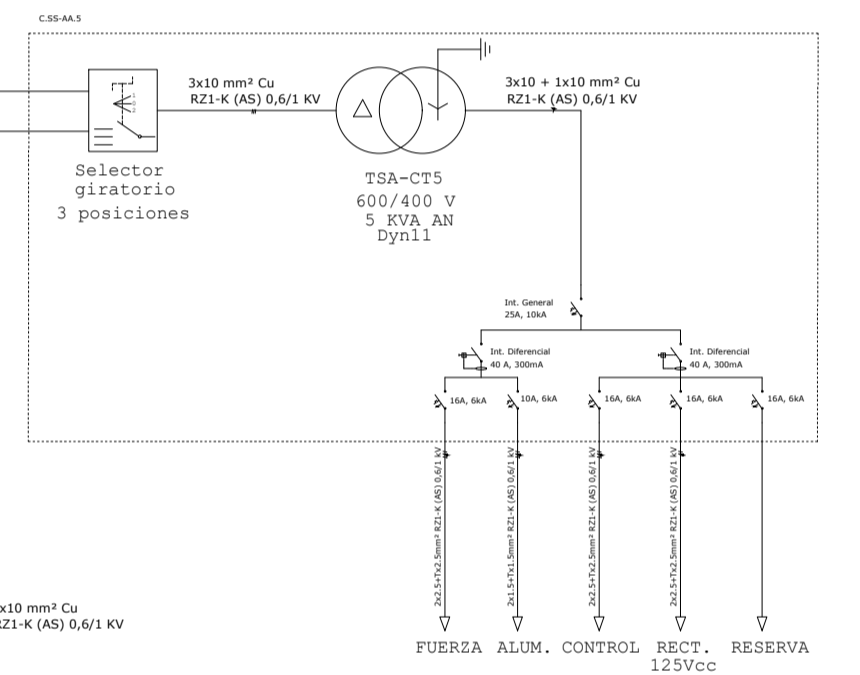
3x(1x240) mm² AI
RHZ1 18/30 KV +H25

3x2x(1x240) mm² AI
RHZ1 18/30 KV +H25

SET 66/30 KV
PFV ZITRO I

TRANSFORMADOR
30/0.4 KV
2.100 KVA
Dy11

3x(1x95) mm² AI
HEPRZ1 18/30 KV



TRANSFORMADOR
30/0.4 KV
2.100 KVA
Dy11

3x(1x95) mm² AI
HEPRZ1 18/30 KV

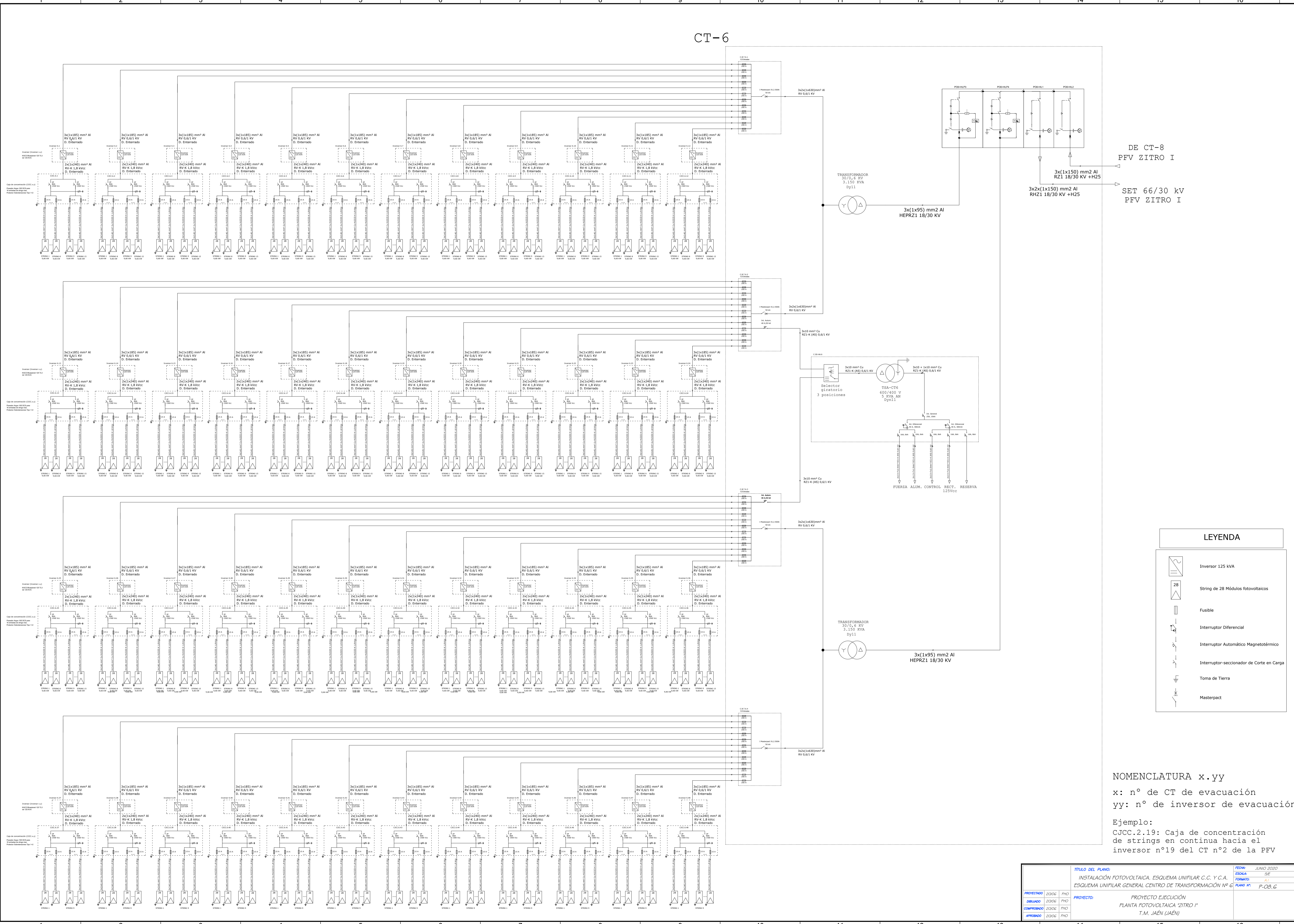
LEYENDA	
	Inversor 125 KVA
	String de 28 Módulos fotovoltaicos
	Fusible
	Interruptor Diferencial
	Interruptor Automático Magnetotérmico
	Interruptor-seccionador de Corte en Carga
	Toma de Tierra
	Masterpact

NOMENCLATURA x.yy
 x: n° de CT de evacuación
 yy: n° de inversor de evacuación

Ejemplo:
 CJCC.2.19: Caja de concentración
 de strings en continua hacia el
 inversor n°19 del CT n°2 de la PFV

TÍTULO DEL PLANO: INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA, ESQUEMA UNIFILAR C.C. Y C.A. ESQUEMA UNIFILAR GENERAL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN Nº 5		FECHA: JUNIO 2020 ESCALA: 5X FORMATO: P-Q8.5
PROYECTO:	PROYECTO EJECUCIÓN PLANTA FOTOVOLTAICA 'ZITRO I' T.M. JAÉN (JAÉN)	
PROYECTADO	20/06 FHO	
DISEÑADO	20/06 FHO	
COMPROBADO	20/06 FHO	
APROBADO	20/06 FHO	

CT-6



LEYENDA

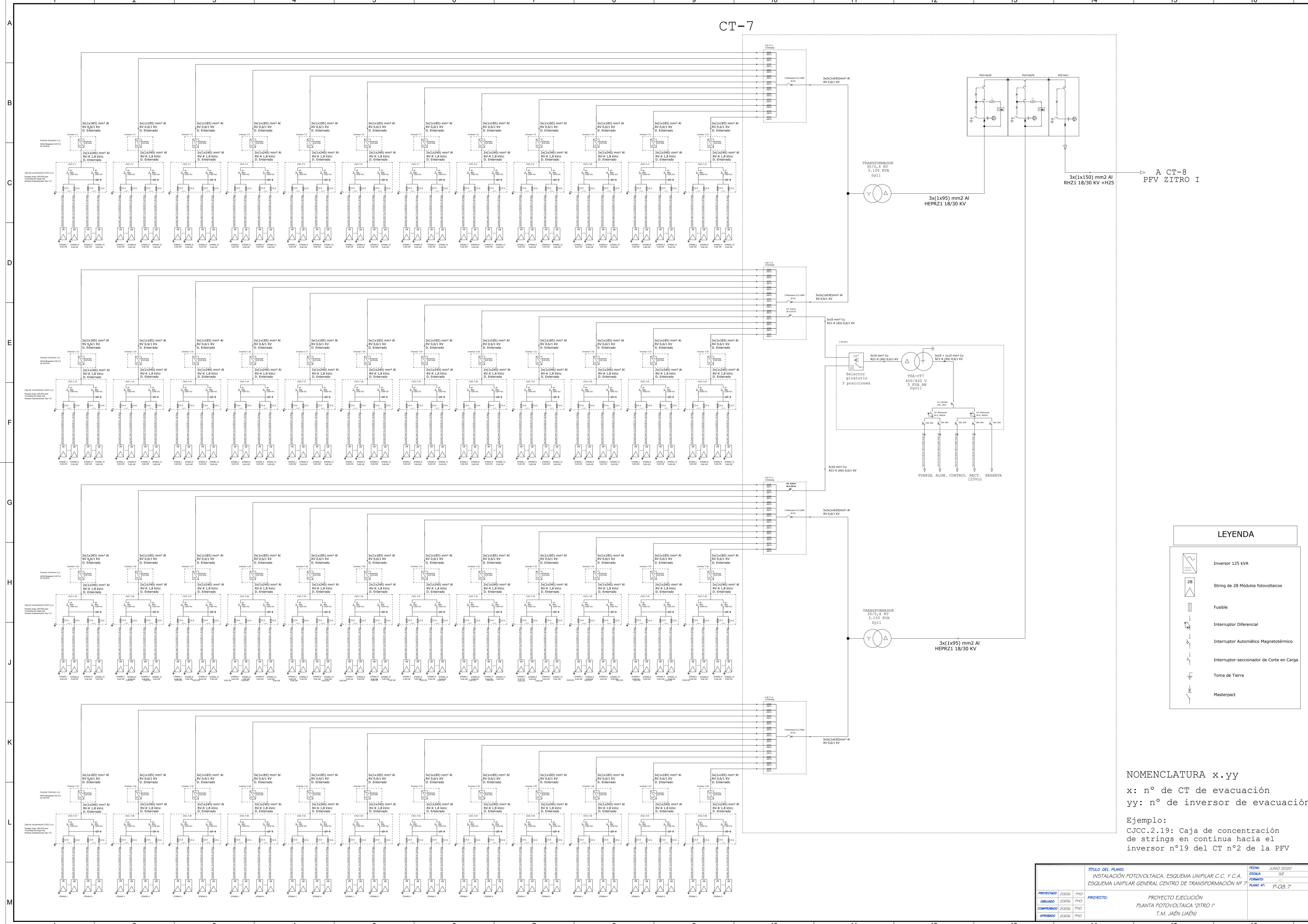
- Inversor 125 kVA
- String de 28 Módulos fotovoltaicos
- Fusible
- Interruptor Diferencial
- Interruptor Automático Magnetotérmico
- Interruptor-seccionador de Corte en Carga
- Toma de Tierra
- Masterpact

NOMENCLATURA x.yy
 x: n° de CT de evacuación
 yy: n° de inversor de evacuación

Ejemplo:
 CJCC.2.19: Caja de concentración de strings en continua hacia el inversor n°19 del CT n°2 de la PFV

TÍTULO DEL PLANO: INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA, ESQUEMA UNIFILAR C.C. Y C.A. ESQUEMA UNIFILAR GENERAL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN Nº 6			FECHA: JUNIO 2020
PROYECTO: PROYECTO EJECUCIÓN PLANTA FOTOVOLTAICA "ZITRO I"			ESCALA: 5X
T.M. JAÉN (JAÉN)			FORMATO: A3
PROYECTADO: 20/06/20	FHD	COMPROBADO: 20/06/20	PLANO Nº: P-08.6
APROBADO: 20/06/20	FHD		

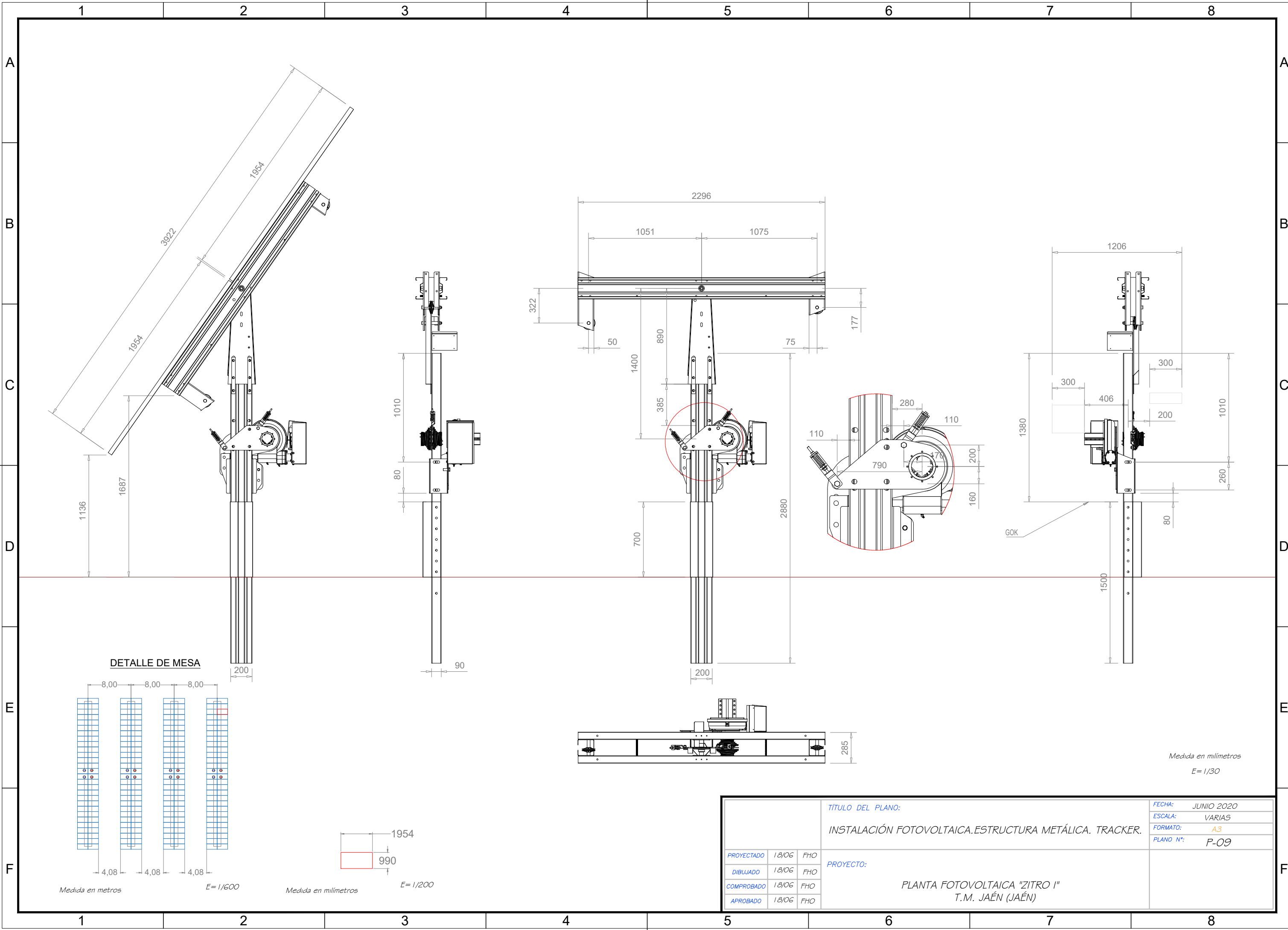
CT-7



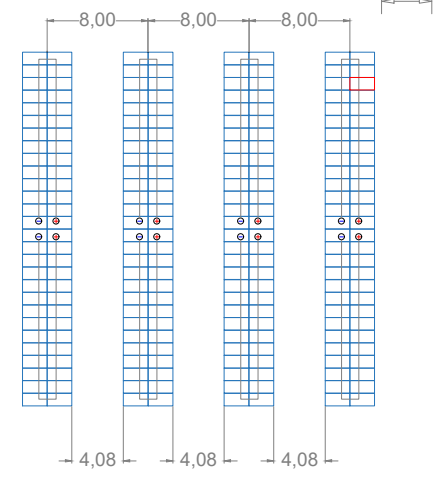
LEYENDA	
	Inversor 125 kVA
	String de 28 Módulos fotovoltaicos
	Fusible
	Interruptor Diferencial
	Interruptor Automático Magnetotérmico
	Interruptor-seccionador de Corte en Carga
	Toma de Tierra
	Masterpac

NOMENCLATURA x.yy
 x: n° de CT de evacuación
 yy: n° de inversor de evacuación
 Ejemplo:
 CJCC.2.19: Caja de concentración de strings en continua hacia el inversor n°19 del CT n°2 de la PFV

TÍTULO DEL PLANO: INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA. ESQUEMA UNIFILAR C.C. Y C.A. ESQUEMA UNIFILAR GENERAL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN N° 7			FECHA: JUNIO 2020 ESCALA: 5E FORMATO: A3 PLANO N°: P-08.7
PROYECTADO: 20/06/20	PROYECTO:	PROYECTO EJECUCIÓN PLANTA FOTOVOLTAICA "ZITRO I" T.M. JAÉN (JAÉN)	
DISEÑADO: 20/06/20			
COMPROBADO: 20/06/20			
APROBADO: 20/06/20			

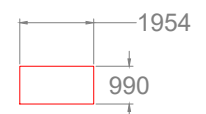


DETALLE DE MESA



Medida en metros

E= 1/600



Medida en milímetros

E= 1/200

Medida en milímetros
E= 1/30

			TÍTULO DEL PLANO:		FECHA: JUNIO 2020	
			INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA. ESTRUCTURA METÁLICA. TRACKER.		ESCALA: VARIAS	
					FORMATO: A3	
					PLANO N°: P-09	
PROYECTADO	13/06	FHO	PROYECTO:			
DIBUJADO	13/06	FHO				
COMPROBADO	13/06	FHO				
APROBADO	13/06	FHO				
			PLANTA FOTOVOLTAICA "ZITRO I"			
			T.M. JAÉN (JAÉN)			