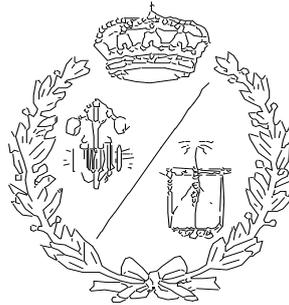


ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS
INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



Proyecto Fin de Máster

DISEÑO DE UNA PLANTA SOLAR DE 29,86 MW_P Y PROCESO DE LICITACIÓN PRIVADA

Para acceder al Título de

**MÁSTER UNIVERSITARIO EN
INGENIERÍA INDUSTRIAL**

Autora: María de los Reyes López-Herrera Rodríguez

Marzo – 2025

TÍTULO DEL PROYECTO	DISEÑO DE UNA PLANTA SOLAR DE 29,86 MWP Y PROCESO DE LICITACIÓN PRIVADA		
AUTOR	María de los Reyes López-Herrera Rodríguez		
DIRECTOR / PONENTE	Luis Fernando Mantilla Peñalba		
TITULACIÓN	<i>Máster en Ingeniería Industrial</i>	FECHA	28/03/2025

PALABRAS CLAVE

Planta fotovoltaica
Módulo Fotovoltaico
Inversor
Centro de transformación
Cálculo eléctrico
Licitación privada

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Diseñar una instalación fotovoltaica a nivel de oferta, es decir, ingeniería básica para simular la participación en una licitación privada.

El cálculo eléctrico y el dimensionamiento de la planta se ha desarrollado a través de las herramientas de AutoCad y Excel fundamentalmente.

DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El documento tiene como objetivo desarrollar un proyecto de fin de máster que ilustre el proceso de licitación para instalaciones fotovoltaicas, con un enfoque particular en las especificaciones técnicas para el diseño de una planta y la elaboración de ofertas y cotizaciones.

El proyecto se ha adaptado a la norma UNE 157001: Criterios generales para la elaboración formal de los documentos que constituyen un proyecto técnico. El documento se estructura en memoria, pliego de condiciones, anexos y planos todo agrupado en un índice general.

Se estructurará con una introducción a la energía fotovoltaica, seguida de una descripción detallada del proceso de licitación. Incluirá una memoria técnica que abarcará un análisis del mercado energético actual, así como el desarrollo de la ingeniería básica necesaria para la configuración de una planta fotovoltaica. Esta sección estará complementada por los reglamentos, normativas y estándares aplicables en el sector.

El pliego de condiciones se centrará en los aspectos económicos, abordando los elementos generales que componen una oferta y desglosando sus diferentes componentes. Acompañado de un análisis comparativo de proveedores y un planteamiento del presupuesto final.

CONCLUSIONES / PRESUPUESTO

El presupuesto elaborado para el diseño de la instalación fotovoltaica de 30 MWp refleja una planificación equilibrada y bien estructurada. La mayor parte de los recursos se destina a los componentes clave como los módulos fotovoltaicos y los inversores, lo cual es coherente dado su papel fundamental en la generación de energía. A su vez, se han asignado fondos importantes a las fases de montaje mecánico y eléctrico, asegurando una correcta instalación de los equipos.

También se contempla la obra civil, incluyendo trabajos como movimientos de tierras y vallado, que garantizan una adecuada preparación del terreno. Además, la inclusión de sistemas de control, monitoreo y seguridad pone de manifiesto un enfoque integral que no solo se centra en la construcción, sino también en la operación eficiente y segura a largo plazo.

En conclusión, el presupuesto total, que supera los 10 millones de euros, está bien distribuido entre los diferentes aspectos del proyecto, garantizando que cada fase cuente con los recursos necesarios para llevar a cabo una instalación fotovoltaica eficiente y duradera.

1.	Suministros Principales	7.142.028,15 €
1.1	Módulos Fotovoltaicos	3.451.727,24 €
1.2	Inversores Fotovoltaicos	640.420,00 €
1.3	Centro de Transformación	903.750,00 €
1.4	Estructura Soporte de Módulos	2.146.130,91 €
2.	Suministros Secundarios	579.173,96 €
2.1	Suministros de Cable	500.925,76 €
2.2	Suministro de Conectores	18.621,20 €
2.3	Centro de Seccionamiento	59.627,00 €
3.	Otros suministros	54.112,34 €
3.1	Bridas	3.795,40 €
3.2	Tubos Corrugados y Elementos de Protección	33.831,94 €
3.3	Pararrayos	8.750,00 €
3.4	Hitos de Señalización	7.735,00 €
4.	Obra Civil	757.519,30 €
4.1	Demoliciones	3.000,00 €
4.2	Movimiento de Tierras	28.092,78 €
4.3	Viales	33.319,83 €
4.4	Entronques	12.770,00 €
4.5	Cimentaciones	79.580,50 €
4.6	Canalizaciones	509.901,16 €
4.7	Arquetas	19.160,00 €
4.8	Vallado	39.998,45 €
4.9	Drenajes	31.696,58 €
5.	Montaje Mecánico	1.064.463,02 €
5.1	Hincado	334.585,22 €
5.2	Montaje Estructuras	506.766,00 €
5.3	Montaje Módulos Fotovoltaicos en Estructuras Soporte	223.111,80 €
6.	Montaje Eléctrico	251.870,76 €
6.1	Instalación Cable	208.584,96 €
6.2	Conexionado	43.285,80 €
7.	Sistema de Seguridad	177.645,00 €
8.	Sistema de Control y Monitorización	309.584,00 €
9.	Estudios Previos e Ingeniería	145.871,00 €
TOTAL		10.482.267,53 €

BIBLIOGRAFÍA

- [1] González, J. (2024, mayo 14). ¿Qué es el Efecto Fotovoltaico? Insolac Renovables; INSOLAC Renewable. <https://insolacrenovables.com/el-efecto-fotovoltaico/>
- [2] *Análisis del mercado eléctrico español. Q4 2024*. (2024, septiembre 10). Arsem. <https://arsem.es/blog/analisis-del-mercado-electrico-espanol/>
- [3] Redeia. (s/f). *Balance*. Red Eléctrica. Recuperado el 31 de octubre de 2024, de <https://www.ree.es/es/datos/balance>
- [4] Monge, J. (2023, diciembre 11). *Global solar forecast gets an upgrade*. WoodMac.Site.Features.Shared.ViewModels.Metadata.Publisher. <https://www.woodmac.com/news/opinion/global-solar-forecast/>
- [5] Todo sobre licitación: Qué es y cómo participar en ella. (2024, octubre 15). *Eagora.app*. <https://blog.eagora.app/licitacion>
- [6] Naranjo. (2024, febrero 21). *¿Qué son las licitaciones públicas y privadas y cómo funcionan?* MNH Licitaciones. <https://mnhlicitaciones.com/diferencias-entre-licitaciones-publicas-y-privadas/>
- [7] *Licitaciones y Adjudicaciones de Energías Renovables*. (s/f). Licitaciones.Es. Recuperado el 31 de octubre de 2024, de <https://www.licitaciones.es/branch/energias-renovables>
- [8] *Las 5 etapas de una licitación de obra privada*. (2024, marzo 6). JLV Consultores. <https://www.jlvconsultores.com/las-5-etapas-de-una-licitacion-de-obra-privada/>
- [9] *¿PARA QUÉ SIRVE UN ESTUDIO TOPOGRÁFICO?* (s/f). Eigo. Recuperado el 4 de noviembre de 2024, de <https://eigoconstrucciones.com/noticia/para-que-sirve-estudio-topografico/>
- [10] *ESTUDIOS HIDROLÓGICOS - EMPRESA ALLPE - MADRID*. (2016, diciembre 17). ALLPE - Empresa de Medio Ambiente - Acústica - Topografía - Ingeniería; ALLPE. <https://www.allpe.com/medioambiente/hidrologia/estudios-hidrologicos/>
- [11] Antonio_Benitez. (2022, mayo 7). *Estudio de Impacto Ambiental, ¿Qué es y quién lo elabora?* Abogado derecho administrativo y contencioso. <https://administrativando.es/el-estudio-de-impacto-ambiental/>
- [12] *Glosario*. (s/f). Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. Recuperado el 4 de noviembre de 2024, de https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/evaluacion-ambiental/glosario_nueva_ley.html
- [13] *Esios Red Eléctrica*. (s/f). Ree.es. Recuperado el 4 de noviembre de 2024, de <https://www.esios.ree.es/es/pagina/codigos-red-operacion>
- [14] *The difference between TOPCon and PERC technology*. (s/f). <https://www.lessosolar.com/>. Recuperado el 4 de noviembre de 2024, de

- <https://www.lessosolar.com/news/the-difference-between-topcon-and-perc-technology/>
- [15] Valdivieso, Z. (2022, abril 13). Granja solar con paneles bifaciales “La más grande de Europa” - Avatar Energía, blog de Energías Renovables. *Avatar Energía, blog de Energías Renovables*. <https://avatarenergia.com/granja-solar-con-paneles-bifaciales/>
- [16] *Diccionario de energía solar fotovoltaica términos más importantes*. (2019, agosto 7). PlaSol - Energía Solar; PLASOL. <https://plasol.com/diccionario-de-energia-solar-fotovoltaica/>
- [17] (S/f). Solarplak.es. Recuperado el 10 de noviembre de 2024, de <https://solarplak.es/energia/tipos-de-inversores-solares-string-centralizados-y-microinversores/>
- [18] Inversores centrales o string: ¿Cuál es la mejor? (2024, octubre 14). *Zigor*. <https://zigor.com/solar/inversores-centrales-string-utility-scale/>
- [19] *Solutions*. (s/f). Sungrowpower.com. Recuperado el 10 de noviembre de 2024, de <https://spa.sungrowpower.com/SolutionsDetail/5>
- [20] Rosette, A. (2024, enero 5). Inversor Central vs Microinversores: Cómo Elegir el Mejor. *Fulgora - Green Energy*. <https://fulgoraenergy.com/blog/inversor-centra-vs-microinversores-fotovoltaicos>
- [21] (S/f-b). Insst.es. Recuperado el 10 de noviembre de 2024, de <https://www.insst.es/documents/94886/679600/02+Centros+de+transformaci%C3%B3n+el%C3%A9ctrica+2019.pdf/661b5fad-8b25-4516-b5e8-3ae25895ff20>
- [22] *Centro de Transformación*. (s/f). Recuperado el 10 de noviembre de 2024, de <https://areatecnologia.com/electricidad/centro-de-transformacion.html>
- [23] *¿Qué son los centros de transformación de energía? - Audinfor System - Software sector energético*. (2024, enero 25). Audinfor System - Software sector energético; Audinfor System. <https://www.audinfosystem.es/todo-energia/centros-de-transformacion/>
- [24] Mario. (2021, julio 6). Las estructuras no suelen acaparar la atención en fotovoltaica. Sin embargo, se trata de elementos imprescindibles tanto para la durabilidad de la instalación como para su buen desempeño. ¿Quieres saber más? Solarix. <https://www.solarix.es/blog/estructuras-placas-solares-guia/>
- [25] SunSupport. (2023, julio 27). *La importancia y funciones de una estructura para módulos solares*. SunSupport. <https://www.sunsupport.es/la-importancia-y-funciones-de-una-estructura-para-modulos-solares/>
- [26] Seguidores solares. (2023, septiembre 15). REPSOL. <https://www.repsol.com/es/energia-futuro/futuro-planeta/seguidores-solares/index.cshtml>

- [27] ElectricaMX. (2019, agosto 31). *Diagrama unifilar*. Revista eléctrica. <https://electrica.mx/diagrama-unifilar/>
- [28] *cgmcosmos*. (2022, septiembre 22). Ormazabal. <https://www.ormazabal.com/product/cgmcosmos/>
- [29] *TIPOS DE CIMENTACIONES EN LA CONSTRUCCIÓN*. (s/f). Eigo. Recuperado el 14 de noviembre de 2024, de <https://eigoconstrucciones.com/noticia/tipos-de-cimentaciones-construccion/>
- [30] *Cimentaciones en Plantas Solares Fotovoltaicas*. (2017, febrero 7). Obras Urbanas. <https://obrasurbanas.es/cimentaciones-solares-fotovoltaicas/>
- [31] HIERROS_MOLINA. (2020, abril 28). *VALLAS METALICAS, TIPOS Y USOS*. HIERROS MOLINA, SL. <https://www.hierrosmolina.com/blog/vallas-metalicas-tipos-y-usos/>
- [32] Santander, B. (s/f). *Incoterms*. Banco Santander. Recuperado el 25 de noviembre de 2024, de <https://www.bancosantander.es/glosario/incoterms>
- [33] Klawter. (2020, agosto 28). *¿Qué son los Incoterms? Clasificación y tipos 2020*. ▷ Agencia de Marketing Digital | Klawter; Agencia de Marketing Klawter. <https://klawter.com/blog/que-son-los-incoterms-tipos/>
- [34] Chopra, S. (2023, septiembre 19). *Top 10 solar PV inverter vendors cornered 86% of the market in 2022*. WoodMac.Site.Features.Shared.ViewModels.Metadata.Publisher. <https://www.woodmac.com/news/opinion/top-10-solar-pv-inverter-vendors-cornered-86-of-the-market-in-2022/>
- [35] Campo, J. R. (2022, septiembre 15). *CCTV: Qué es, sus tipos y equipos que lo componen*. Tecnoseguro.com; TECNOSeguro. <https://www.tecnoseguro.com/faqs/cctv/que-es-cctv>
- [36] Ebasnet Web Solutions. (s/f). *590 SAE-400*. SOFAMEL - Fabricante de material eléctrico de conexión y seguridad. Recuperado el 31 de diciembre de 2024, de <https://sofamel.com/es/pr/balizas-y-proteccion-avifauna/mod-sae-400-389-52>
- [37] *Diferencias entre pararrayos Franklin y pararrayos con dispositivo de cebado (PDC)*. (2020, mayo 29). GAL Electric. <https://www.galelectric.com.co/blog/diferencias-pararrayos-franklin-pararrayos-pdc/>
- [38] *Manguitos de empalmes aislados - Webmatel*. (s/f). www.webmatel.es. Recuperado el 31 de diciembre de 2024, de <https://www.webmatel.es/empalmes-aislados>
- [39] *CONFIX™ WST*. (s/f). Icotek.com. Recuperado el 31 de diciembre de 2024, de <https://www.icotek.com/es/productos/tubos-corrugados-confix/confix-wst>

- [40] *Brida negra en poliamida 6.6. Medida 7,6x750 mm.* (s/f). Grupotemper.com. Recuperado el 31 de diciembre de 2024, de <https://www.grupotemper.com/producto/7-6-x-750-bk>
- [41] Jon. (2024, mayo 29). *¿Qué es un centro de seccionamiento y maniobra y cómo funciona?* Ormazabal. <https://www.ormazabal.com/que-es-un-centro-de-seccionamiento-y-maniobra-y-como-funciona/>
- [42] *CTS 630A 36kV 240-400.* (s/f). Cellpack.com. Recuperado el 31 de diciembre de 2024, de https://shop-ep.cellpack.com/cep_es_es/356660.html
- [43] GEONICA. (s/f). *Torres y Mástiles Frangibles - AWOS.* Geonica.com. Recuperado el 31 de diciembre de 2024, de <https://www.geonica.com/torres-frangibles.php>
- [44] *Listado de Paneles Solares TIER 1, 2024 - Q3 - El Almacén Fotovoltaico.* (s/f). Elalmacenfotovoltaico.com. Recuperado el 25 de noviembre de 2024, de <https://elalmacenfotovoltaico.com/es/blog/detail/listado-paneles-solares-tier-1-2024.html?srsId=AfmBOoqC-D2HZYZwsfuVLfinvEueCBCPuUU10RiZDz1Lc-RuiR69rX5Y>
- [45] *Diagrama unifilar - Cómo hacer y ejemplos.* (2023, noviembre 9). MasterPLC. <https://masterplc.com/electricidad/diagrama-unifilar-como-hacer-y-ejemplos/>
- [46] *Planos de Electricidad.* (s/f). Recuperado el 5 de diciembre de 2024, de <https://www.areatecnologia.com/electricidad/planos-de-electricidad.html>
- [47] ElectricaMX. (2019, agosto 31). *Diagrama unifilar.* Revista eléctrica. <https://electrica.mx/diagrama-unifilar/>
- [48] *CCTV.* (s/f). Paessler.com. Recuperado el 30 de diciembre de 2024, de <https://www.paessler.com/es/it-explained/cctv>
- [49] *¿Qué es SCADA?* (s/f). Copadata.com. Recuperado el 30 de diciembre de 2024, de <https://www.copadata.com/es/productos/zenon-software-platform/que-es-scada/>

Otras referencias

- [A] Fácil, S. [@solar-facil]. (s/f-b). *Cómo Calcular el Número Mínimo y Máximo de Paneles Solares para tu Inversor.* Youtube. Recuperado el 31 de diciembre de 2024, de https://www.youtube.com/watch?v=Zf2Fj11Ll_k
- [B] Geotecnología S.A.S [@geotecnologias.a.s3742]. (s/f). *Cimentación DE paneles Solares.* Youtube. Recuperado el 14 de noviembre de 2024, de <https://www.youtube.com/watch?v=P1AB4lkqMjg>
- [C] MPV Solar Reference [@thempvsolarreference5532]. (s/f). *Sesión 1 | Curso Fórmulas y Cálculos en instalaciones fotovoltaicas.* Youtube. Recuperado el 31 de diciembre de 2024, de <https://www.youtube.com/watch?v=gWsZBEgSj0U>

- [D] Fácil, S. [@solar-facil]. (s/f). Cálculo de protecciones para instalaciones fotovoltaicas. Youtube. Recuperado el 31 de diciembre de 2024, de <https://www.youtube.com/watch?v=ORDHcHXj1uY>
- [E] ACCIONA [@ACCIONA_Oficial]. (s/f). ¿Cómo hacemos el montaje de una planta #fotovoltaica? Youtube. Recuperado el 31 de diciembre de 2024, de <https://www.youtube.com/shorts/E95zSL99ypU>
- [F] CIAE [CIAEnerg%C3%ADa]. (s/f). Entiendo Energía Solar: ¿Que es el MPPT de los inversores, como extraer lo maximo del inversor? Youtube. Recuperado el 31 de diciembre de 2024, de https://www.youtube.com/watch?v=S3F_7JHVOx0
- [G] Fabrega, A. [@AlbertFabrega]. (s/f). Así funciona una planta fotovoltaica. Visita a Extremadura I,II,III. Youtube. Recuperado el 31 de diciembre de 2024, de <https://www.youtube.com/watch?v=N9F6toU0I1g>

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS
INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



Proyecto Fin de Máster

DISEÑO DE UNA PLANTA SOLAR DE 29,86 MW_P Y PROCESO DE LICITACIÓN PRIVADA

Para acceder al Título de

**MÁSTER UNIVERSITARIO EN
INGENIERÍA INDUSTRIAL**

Autora: María de los Reyes López-Herrera Rodríguez

Marzo – 2025

ÍNDICE GENERAL

Índice General.....	3
Memoria.....	7
Pliego de condiciones	47
Presupuesto.....	77
Anexos	81
Planos	98

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Diagrama de Efecto Fotovoltaico [1].....	11
Ilustración 2: Evolución anual por tecnologías en España	12
Ilustración 3: Tecnologías PERC y TOPCon [14].....	23
Ilustración 4: Módulos Bifaciales [15].....	24
Ilustración 5: Inversor String [19].....	26
Ilustración 6: Inversor Central	27
Ilustración 7: Partes de un Centro de Transformación [22]	28
Ilustración 8: Diferencia entre Seguidor Solar y Estructura Fija	29
Ilustración 9: Celdas Modulares Tipo.....	33
Ilustración 10: Leyenda de las celdas modulares tipo	33
Ilustración 11: Diagrama Unifilar BT tipo	34
Ilustración 12. Diagrama Unifilar MT Tipo	34
Ilustración 13. Características Módulo CS7N-700TB-AG CANADIAN.....	38
Ilustración 14. Características Inversores SUN2000-330KTL-H1 HUAWEI	39
Ilustración 15. Cálculo Módulos Serie.....	39
Ilustración 16. Cálculo Pitch.....	40
Ilustración 17. Cálculo Entradas/String Inversor	40
Ilustración 18. MPPTs inversor.....	40
Ilustración 19. Agrupación por strings	41
Ilustración 20. Agrupación Inversores en Centros de Transformación	41
Ilustración 21. Seguidores solares 1V30 y 1V60	42
Ilustración 22. Configuración centros de transformación	42
Ilustración 23. Implantación final.....	42
Ilustración 24. Trazado de zanjas baja y media tensión	43
Ilustración 25. Especificaciones Cable Corriente Continua.....	44
Ilustración 26. Especificaciones Cableado Corriente Alterna.....	44
Ilustración 27. Parámetros de diseño del sistema colector de media tensión	45
Ilustración 28. Configuración del proyecto fotovoltaico	46
Ilustración 29: Índice OneNote (Organización del proyecto).....	49
Ilustración 30: Sección Información del Cliente OneNote	50
Ilustración 31: Sección Resumen del Proyecto OneNote	51
Ilustración 32: Términos Modos de Transporte [33]	51
Ilustración 33. Cable solar y de media tensión.....	56
Ilustración 34. Conectores y terminales [42].....	57
Ilustración 35. Centro de seccionamiento tipo [41]	57

Ilustración 36. Bridas [40]	58
Ilustración 37. Tubos corrugados y manguitos de empalme [38]	58
Ilustración 38. Pararrayos [37]	58
Ilustración 39. Baliza de señalización	59
Ilustración 40. Tipos de cámara para CCTV [39]	62
Ilustración 41. SCADA [49]	63
Ilustración 42. Torre Meteorológica [43]	63
Ilustración 43: Comparativa Proveedores de Paneles Solares	64
Ilustración 44: Comparativa proveedores de Inversores	65

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Gestión y Control de la Documentación del Cliente.....	21
Tabla 2: Aspectos Generales para solicitar cotización de Módulos	52
Tabla 3: Aspectos Generales para solicitar cotización de Inversores	52
Tabla 4: Aspectos Generales para solicitar cotización de Estructura Solar.....	52
Tabla 5: Aspectos Generales para solicitar cotización de Cableado	53
Tabla 6: Aspectos Generales para solicitar cotización de Montaje Mecánico y Eléctrico	53
Tabla 7: Aspectos Generales para solicitar cotización de CCTV y SCADA.....	54
Tabla 8. Hoja de Costes - 1. Suministros principales.....	55
Tabla 9. Hoja de Costes - 2. Suministros secundarios.....	56
Tabla 10. Hoja de Costes - 3. Otros Suministros	57
Tabla 11. Hoja de Costes - 4. Obra Civil	59
Tabla 12. Hoja de Costes – 5/6. Montaje Mecánico y Eléctrico.....	61
Tabla 13. Hoja de Costes - 7/8/9. Sistema de seguridad y monitorización y estudios previos	62
Tabla 14: Comparativa Módulos según su tecnología	65
Tabla 15: Comparativa Inversores según su tecnología.....	66
Tabla 16: Comparativo Estructuras según su tecnología.....	67
Tabla 17: Comparativa de Cables según su tecnología	68
Tabla 18: Comparativa de Pequeños Materiales.....	68
Tabla 19: Comparativa de Vallados.....	69
Tabla 20: Comparativa Montaje Mecánico	69
Tabla 21: Comparativa Montaje Eléctrico	69

MEMORIA

DISEÑO DE UNA PLANTA SOLAR DE 29,86 MWP Y PROCESO DE LICITACIÓN PRIVADA

CONTENIDO

1	Alcance	10
2	Antecedentes	11
2.1	Introducción a la Energía Fotovoltaica.....	11
2.2	Análisis del Mercado Energético Actual.....	12
2.3	Proceso de Licitación.....	12
2.3.1	Fases de un proceso de Licitación Privada.....	13
3	Normas y Referencias	14
3.1	Disposiciones legales y normas aplicadas.....	14
3.2	Bibliografía.....	15
3.3	Otras referencias.....	18
4	Definiciones y Abreviaturas	19
4.1	Abreviaturas.....	19
5	Requisitos de Diseño	21
5.1	Datos Generales.....	22
5.2	Descripción de la Instalación.....	22
5.2.1	Configuración de Módulos Fotovoltaicos.....	22
5.2.1.1	Cálculo Número de Módulos por String.....	24
5.2.1.2	Pitch, Clearance y Tilt.....	25
5.2.2	Configuración de Inversores Fotovoltaicos.....	26
5.2.2.1	Cálculo Número de String por Inversor.....	27
5.2.3	Configuración de Centros de Transformación.....	28
5.2.4	Configuración de Estructuras Soporte.....	29
5.3	Cableado Eléctrico.....	30
5.3.1	Baja Tensión.....	30
5.3.1.1	Criterios de Diseño.....	30
5.3.2	Media Tensión.....	32
5.3.2.1	Criterios de Diseño.....	32
5.3.2.2	Diagrama Unifilar.....	32
5.4	Obra Civil.....	35
5.4.1	Acondicionamiento del Terreno.....	35
5.4.2	Viales.....	35
5.4.3	Cimentaciones.....	36
5.4.4	Zanjas.....	36
5.4.5	Vallado.....	37
6	Análisis de Soluciones	38

1 ALCANCE

El presente documento tiene como objetivo desarrollar un proyecto de fin de máster que ilustre el proceso de licitación para instalaciones fotovoltaicas, con un enfoque particular en las especificaciones técnicas para el diseño de una planta y la elaboración de ofertas y cotizaciones.

El proyecto se ha adaptado a la norma UNE 157001: Criterios generales para la elaboración formal de los documentos que constituyen un proyecto técnico. El documento se estructura en memoria, pliego de condiciones, anexos y planos todo agrupado en un índice general.

Se estructurará con una introducción a la energía fotovoltaica, seguida de una descripción detallada del proceso de licitación. Incluirá una memoria técnica que abarcará un análisis del mercado energético actual, así como el desarrollo de la ingeniería básica necesaria para la configuración de una planta fotovoltaica. Esta sección estará complementada por los reglamentos, normativas y estándares aplicables en el sector.

El pliego de condiciones se centrará en los aspectos económicos, abordando los elementos generales que componen una oferta y desglosando sus diferentes componentes. Acompañado de un análisis comparativo de proveedores y un planteamiento del presupuesto final.

2 ANTECEDENTES

2.1 INTRODUCCIÓN A LA ENERGÍA FOTOVOLTAICA

La Energía solar, es la energía obtenida mediante la captación de la luz y el calor emitidos por el sol. La radiación solar que alcanza la Tierra puede aprovecharse por medio del calor que produce, como también a través de la absorción de la radiación, por ejemplo, en dispositivos ópticos o de otro tipo. Es una de las llamadas energías renovables particularmente del grupo no contaminante, conocido como energía limpia o energía verde.

La potencia de la radiación varía según el momento del día, las condiciones atmosféricas que la amortiguan y la latitud. Se puede asumir que en buenas condiciones de irradiación el valor es de aproximadamente 1000 W/m² en la superficie terrestre. A esta potencia se la conoce como irradiancia.

El término fotovoltaico proviene del griego *phos*, que significa “luz” y voltaico, que proviene de la electricidad, en honor al científico italiano Alejandro Volta, (que también proporcionar el término voltio a la unidad de medida de la diferencia de potencial en el Sistema Internacional de Medidas).

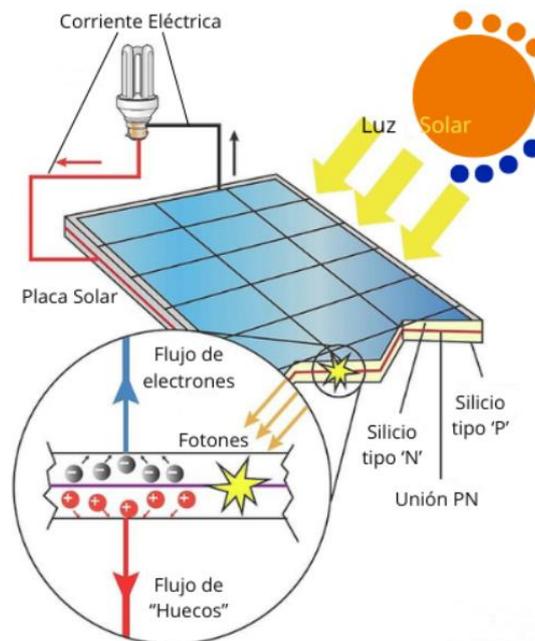


Ilustración 1: Diagrama de Efecto Fotovoltaico [1]

La energía solar fotovoltaica ha experimentado un notable avance tecnológico en la última década, mejorando tanto los procesos de fabricación como el uso de materias primas y el diseño de sus componentes. Estos avances han dado lugar a un producto fiable y asequible para el mercado de generación eléctrica.

Varios factores han influido en este cambio. Las tecnologías actuales utilizadas en la energía fotovoltaica son mucho más eficientes, permitiendo generar electricidad incluso en condiciones menos favorables, como con baja irradiación solar. Además, las tecnologías de almacenamiento de energía han mejorado rápidamente, y las políticas energéticas promovidas principalmente en la Unión Europea, Estados Unidos y China han contribuido a una caída significativa en los precios de la energía en general.

2.2 ANÁLISIS DEL MERCADO ENERGÉTICO ACTUAL

El mercado energético actual atraviesa una profunda transformación, caracterizada por cambios rápidos y significativos en su estructura. Las crecientes exigencias de sostenibilidad y la necesidad urgente de frenar el cambio climático están acelerando la transición hacia fuentes de energía más limpias y renovables, como la solar, la eólica y otras tecnologías emergentes.[3]

Esta situación, sumado a los avances tecnológicos y la creciente incertidumbre geopolítica, ha modificado las dinámicas tradicionales de producción, distribución y consumo de energía. Al mismo tiempo, el progreso en el almacenamiento energético y la digitalización del sector están mejorando la estabilidad y flexibilidad de las redes eléctricas, facilitando la integración de energías renovables intermitentes.



Ilustración 2: Evolución anual por tecnologías en España

El gráfico de la Ilustración 2 refleja la evolución de la generación de energía por distintas tecnologías entre 2007 y 2023. Las tecnologías dominantes han sido el ciclo combinado y la energía nuclear, con el ciclo combinado ganando relevancia en los últimos años. [2]

Destaca el crecimiento constante de las energías renovables, cogeneración y residuos, que aumentan significativamente desde 2013, impulsando la transición hacia fuentes más limpias. En contraste, la participación del carbón ha caído drásticamente desde 2008, prácticamente desapareciendo en los últimos años, reflejando un esfuerzo por reducir emisiones contaminantes.

También se observa un crecimiento en el almacenamiento energético, clave para integrar fuentes renovables, mientras que la generación hidroeléctrica muestra variaciones ligadas a factores climáticos. En conjunto, el gráfico evidencia una diversificación hacia tecnologías más sostenibles y una reducción en el uso de combustibles fósiles.

Uno de los desafíos más importantes que enfrentan las energías renovables es la intermitencia. La generación de energía está sujeta a variables como el viento y la radiación solar, lo que provoca fluctuaciones en la disponibilidad de electricidad y, por ende, en los precios.

2.3 PROCESO DE LICITACIÓN

Una licitación es un proceso mediante el cual una entidad, ya sea del sector público o privado, invita a diversas empresas o proveedores a presentar propuestas para ofrecer soluciones a un proyecto específico o para la compra de bienes y servicios. [5]

El objetivo principal de una licitación es fomentar la competencia justa y transparente entre los participantes, permitiendo que la entidad contratante compare las propuestas y seleccione la más favorable. Esto garantiza que se obtenga la mejor oferta en términos económicos, de calidad y otros factores clave, asegurando un proceso equitativo y eficiente.

Las **licitaciones públicas** son convocadas por entidades gubernamentales y están dirigidas a cualquier empresa que cumpla con los requisitos establecidos. Dado que involucran fondos públicos y proyectos de interés general, están sujetas a regulaciones específicas y procedimientos legales diseñados para garantizar la transparencia, la igualdad de oportunidades y la competencia justa, conforme a las leyes de acceso a la información, lo que implica un alto nivel de responsabilidad y control público.

Por otro lado, las **licitaciones privadas** son convocadas por empresas del sector privado y suelen estar dirigidas a un grupo selecto de proveedores o contratistas previamente identificados. A diferencia de las licitaciones públicas, no están sujetas a regulaciones gubernamentales estrictas, lo que les permite una mayor flexibilidad en cuanto a los procedimientos. Sin embargo, aunque no siguen las mismas normas de transparencia, muchas empresas implementan buenas prácticas para garantizar la competencia justa entre los participantes y optimizar la selección de la mejor oferta. [6]

2.3.1 Fases de un proceso de Licitación Privada

El proyecto de fin de máster se enfoca en una licitación privada de energías renovables, específicamente para instalaciones fotovoltaicas. Las etapas de una licitación son similares, sin importar el tipo de proyecto, y se pueden dividir en cuatro fases principales: planificación y preparación de la licitación, convocatoria de la licitación, recepción de propuestas y, por último, evaluación y adjudicación de la licitación. [8]

- Planteamiento y Preparación de la Información, se elabora la documentación necesaria para la licitación, incluyendo especificaciones técnicas, pliegos de condiciones y términos contractuales.
- Presentación de la Convocatoria, se entrega el Expediente Administrativo a los licitadores aprobados y la información de esta.
- Recepción de propuestas, se analizan y comparan las propuestas utilizando los formatos de evaluación, se elabora un informe de licitación con los resultados y se realizan reuniones para aclarar observaciones y recibir propuestas actualizadas.
- Cierre y Adjudicación de Licitación, basándose en la evaluación de la etapa anterior, se elige al contratista que cumple con los requisitos y ofrece las mejores condiciones. Finalmente se formula el contrato entre ambas partes.

3 NORMAS Y REFERENCIAS

3.1 DISPOSICIONES LEGALES Y NORMAS APLICADAS

Para la elaboración del proyecto se han tenido en cuenta las siguientes normativas:

- Normativa sobre energía solar fotovoltaica
 - Ley 54/1997, de 27 de noviembre, del Sector Eléctrico (BOE número 285, de 28 de noviembre de 1997).
 - Real Decreto 2818/1998, de 23 de diciembre, sobre producción de energía eléctrica para instalaciones abastecidas por recursos o fuentes de energías renovables, residuos y cogeneración (BOE número 312, de 30 de diciembre de 1998).
 - Real Decreto 841/2002, de 2 de agosto, por el que se regula para las instalaciones de producción de energía eléctrica en régimen especial su incentivación en la participación en el mercado de producción, determinadas obligaciones de información de sus previsiones de producción, y la adquisición por los comercializadores de su energía eléctrica producida (BOE número 210, de 2 de septiembre de 2002).
 - Directiva 2001/77/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 27 de septiembre de 2001, relativa a la promoción de la electricidad generada a partir de fuentes de energía renovables en el mercado interior de la electricidad (DOCE número 283, de 27 de octubre de 2001)
- Normativa de instalaciones eléctricas
 - Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión (BOE 224, de 18 de septiembre de 2002).
 - Real Decreto 223/2008, de 15 de febrero, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión y sus instrucciones técnicas complementarias ITC-LAT 01 a 09 (BOE número 69, de 19 de marzo de 2008).
 - UNE-EN 50618:2015. Cables eléctricos para sistemas fotovoltaicos.
 - UNE 21144-1-1:1997 Cables eléctricos. Cálculo de la intensidad admisible. Parte 1: Ecuaciones de intensidad admisible (factor de carga 100%) y cálculo de pérdidas. sección 1: Generalidades.
 - UNE 21192:1992 Cálculo de las intensidades de cortocircuito térmicamente admisibles, teniendo en cuenta los efectos del calentamiento no adiabático.
 - UNE 207015:2005 Cálculo de cobre desnudos cableados para líneas eléctricas aéreas UNE 2110031:2001 Límites de temperatura de cortocircuito en cables eléctricos de tensión asignada de 1 kV ($U_m = 1,2$ kV) a 3 kV ($U_m = 3,6$ kV).

3.2 BIBLIOGRAFÍA

- [1] González, J. (2024, mayo 14). ¿Qué es el Efecto Fotovoltaico? Insolac Renovables; INSOLAC Renovable. <https://insolacrenovables.com/el-efecto-fotovoltaico/>
- [2] *Análisis del mercado eléctrico español. Q4 2024.* (2024, septiembre 10). Arsem. <https://arsem.es/blog/analisis-del-mercado-electrico-espanol/>
- [3] Redeia. (s/f). *Balance.* Red Eléctrica. Recuperado el 31 de octubre de 2024, de <https://www.ree.es/es/datos/balance>
- [4] Monge, J. (2023, diciembre 11). *Global solar forecast gets an upgrade.* WoodMac.Site.Features.Shared.ViewModels.Metadata.Publisher. <https://www.woodmac.com/news/opinion/global-solar-forecast/>
- [5] Todo sobre licitación: Qué es y cómo participar en ella. (2024, octubre 15). *Eagora.app.* <https://blog.eagora.app/licitacion>
- [6] Naranjo. (2024, febrero 21). *¿Qué son las licitaciones públicas y privadas y cómo funcionan?* MNH Licitaciones. <https://mnhlicitaciones.com/diferencias-entre-licitaciones-publicas-y-privadas/>
- [7] *Licitaciones y Adjudicaciones de Energías Renovables.* (s/f). Licitaciones.Es. Recuperado el 31 de octubre de 2024, de <https://www.licitaciones.es/branch/energias-renovables>
- [8] *Las 5 etapas de una licitación de obra privada.* (2024, marzo 6). JLV Consultores. <https://www.jlvconsultores.com/las-5-etapas-de-una-licitacion-de-obra-privada/>
- [9] *¿PARA QUÉ SIRVE UN ESTUDIO TOPOGRÁFICO?* (s/f). Eigo. Recuperado el 4 de noviembre de 2024, de <https://eigoconstrucciones.com/noticia/para-que-sirve-estudio-topografico/>
- [10] *ESTUDIOS HIDROLÓGICOS - EMPRESA ALLPE - MADRID.* (2016, diciembre 17). ALLPE - Empresa de Medio Ambiente - Acústica - Topografía - Ingeniería; ALLPE. <https://www.allpe.com/medioambiente/hidrologia/estudios-hidrologicos/>
- [11] Antonio_Benitez. (2022, mayo 7). *Estudio de Impacto Ambiental, ¿Qué es y quién lo elabora?* Abogado derecho administrativo y contencioso. <https://administrativando.es/el-estudio-de-impacto-ambiental/>
- [12] *Glosario.* (s/f). Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. Recuperado el 4 de noviembre de 2024, de https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/evaluacion-ambiental/glosario_nueva_ley.html
- [13] *Esios Red Eléctrica.* (s/f). Ree.es. Recuperado el 4 de noviembre de 2024, de <https://www.esios.ree.es/es/pagina/codigos-red-operacion>
- [14] *The difference between TOPCon and PERC technology.* (s/f). <https://www.lessosolar.com/>. Recuperado el 4 de noviembre de 2024, de <https://www.lessosolar.com/news/the-difference-between-topcon-and-perc-technology/>
- [15] Valdivieso, Z. (2022, abril 13). *Granja solar con paneles bifaciales “La más grande de Europa” - Avatar Energía, blog de Energías Renovables.* *Avatar Energía, blog de Energías Renovables.* <https://avatarenergia.com/granja-solar-con-paneles-bifaciales/>

- [16] *Diccionario de energía solar fotovoltaica términos más importantes.* (2019, agosto 7). PlaSol - Energía Solar; PLASOL. <https://plasol.com/diccionario-de-energia-solar-fotovoltaica/>
- [17] (S/f). Solarplak.es. Recuperado el 10 de noviembre de 2024, de <https://solarplak.es/energia/tipos-de-inversores-solares-string-centralizados-y-microinversores/>
- [18] Inversores centrales o string: ¿Cuál es la mejor? (2024, octubre 14). Zigor. <https://zigor.com/solar/inversores-centrales-string-utility-scale/>
- [19] *Solutions.* (s/f). Sungrowpower.com. Recuperado el 10 de noviembre de 2024, de <https://spa.sungrowpower.com/SolutionsDetail/5>
- [20] Rosette, A. (2024, enero 5). Inversor Central vs Microinversores: Cómo Elegir el Mejor. *Fulgora - Green Energy.* <https://fulgoraenergy.com/blog/inversor-centra-vs-microinversores-fotovoltaicos>
- [21] (S/f-b). Insst.es. Recuperado el 10 de noviembre de 2024, de <https://www.insst.es/documents/94886/679600/02+Centros+de+transformaci%C3%B3n+el%C3%A9ctrica+2019.pdf/661b5fad-8b25-4516-b5e8-3ae25895ff20>
- [22] *Centro de Transformación.* (s/f). Recuperado el 10 de noviembre de 2024, de <https://areatecnologia.com/electricidad/centro-de-transformacion.html>
- [23] *¿Qué son los centros de transformación de energía? - Audinfor System - Software sector energético.* (2024, enero 25). Audinfor System - Software sector energético; Audinfor System. <https://www.audinfosystem.es/todo-energia/centros-de-transformacion/>
- [24] Mario. (2021, julio 6). Las estructuras no suelen acaparar la atención en fotovoltaica. Sin embargo, se trata de elementos imprescindibles tanto para la durabilidad de la instalación como para su buen desempeño. ¿Quieres saber más? Solarix. <https://www.solarix.es/blog/estructuras-placas-solares-guia/>
- [25] SunSupport. (2023, julio 27). *La importancia y funciones de una estructura para módulos solares.* SunSupport. <https://www.sunsupport.es/la-importancia-y-funciones-de-una-estructura-para-modulos-solares/>
- [26] Seguidores solares. (2023, septiembre 15). REPSOL. <https://www.repsol.com/es/energia-futuro/futuro-planeta/seguidores-solares/index.cshtml>
- [27] ElectricaMX. (2019, agosto 31). *Diagrama unifilar.* Revista eléctrica. <https://electrica.mx/diagrama-unifilar/>
- [28] *cgmcosmos.* (2022, septiembre 22). Ormazabal. <https://www.ormazabal.com/product/cgmcosmos/>
- [29] *TIPOS DE CIMENTACIONES EN LA CONSTRUCCIÓN.* (s/f). Eigo. Recuperado el 14 de noviembre de 2024, de <https://eigoconstrucciones.com/noticia/tipos-de-cimentaciones-construccion/>
- [30] *Cimentaciones en Plantas Solares Fotovoltaicas.* (2017, febrero 7). Obras Urbanas. <https://obrasurbanas.es/cimentaciones-solares-fotovoltaicas/>
- [31] HIERROS_MOLINA. (2020, abril 28). *VALLAS METALICAS, TIPOS Y USOS.* HIERROS MOLINA, SL. <https://www.hierrosmolina.com/blog/vallas-metalicas-tipos-y-usos/>

- [32] Santander, B. (s/f). *Incoterms*. Banco Santander. Recuperado el 25 de noviembre de 2024, de <https://www.bancosantander.es/glosario/incoterms>
- [33] Klawter. (2020, agosto 28). *¿Qué son los Incoterms? Clasificación y tipos 2020*. >Agencia de Marketing Digital | Klawter; Agencia de Marketing Klawter. <https://klawter.com/blog/que-son-los-incoterms-tipos/>
- [34] Chopra, S. (2023, septiembre 19). *Top 10 solar PV inverter vendors cornered 86% of the market in 2022*. WoodMac.Site.Features.Shared.ViewModels.Metadata.Publisher. <https://www.woodmac.com/news/opinion/top-10-solar-pv-inverter-vendors-cornered-86-of-the-market-in-2022/>
- [35] Campo, J. R. (2022, septiembre 15). *CCTV: Qué es, sus tipos y equipos que lo componen*. Tecnoseguro.com; TECNOSeguro. <https://www.tecnoseguro.com/faqs/cctv/que-es-cctv>
- [36] Ebasnet Web Solutions. (s/f). *590 SAE-400*. SOFAMEL - Fabricante de material eléctrico de conexión y seguridad. Recuperado el 31 de diciembre de 2024, de <https://sofamel.com/es/pr/balizas-y-proteccion-avifauna/mod-sae-400-389-52>
- [37] *Diferencias entre pararrayos Franklin y pararrayos con dispositivo de cebado (PDC)*. (2020, mayo 29). GAL Electric. <https://www.galelectric.com.co/blog/diferencias-pararrayos-franklin-pararrayos-pdc/>
- [38] *Manguitos de empalmes aislados - Webmatel*. (s/f). www.webmatel.es. Recuperado el 31 de diciembre de 2024, de <https://www.webmatel.es/empalmes-aislados>
- [39] *CONFIX™ WST*. (s/f). Icotek.com. Recuperado el 31 de diciembre de 2024, de <https://www.icotek.com/es/productos/tubos-corrugados-confix/confix-wst>
- [40] *Brida negra en poliamida 6.6. Medida 7,6x750 mm*. (s/f). Grupotemper.com. Recuperado el 31 de diciembre de 2024, de <https://www.grupotemper.com/producto/7-6-x-750-bk>
- [41] Jon. (2024, mayo 29). *¿Qué es un centro de seccionamiento y maniobra y cómo funciona?* Ormazabal. <https://www.ormazabal.com/que-es-un-centro-de-seccionamiento-y-maniobra-y-como-funciona/>
- [42] *CTS 630A 36kV 240-400*. (s/f). Cellpack.com. Recuperado el 31 de diciembre de 2024, de https://shop-ep.cellpack.com/cep_es_es/356660.html
- [43] GEONICA. (s/f). *Torres y Mástiles Frangibles - AWOS*. Geonica.com. Recuperado el 31 de diciembre de 2024, de <https://www.geonica.com/torres-frangibles.php>
- [44] *Listado de Paneles Solares TIER 1, 2024 - Q3 - El Almacén Fotovoltaico*. (s/f). Elalmacenfotovoltaico.com. Recuperado el 25 de noviembre de 2024, de <https://elalmacenfotovoltaico.com/es/blog/detail/listado-paneles-solares-tier-1-2024.html?srsId=AfmBOoqC-D2HZYZwsfuVLfinvEueCBCPuUU10RiZDz1Lc-RuiR69rX5Y>
- [45] *Diagrama unifilar - Cómo hacer y ejemplos*. (2023, noviembre 9). MasterPLC. <https://masterplc.com/electricidad/diagrama-unifilar-como-hacer-y-ejemplos/>

- [46] *Planos de Electricidad*. (s/f). Recuperado el 5 de diciembre de 2024, de <https://www.areatecnologia.com/electricidad/planos-de-electricidad.html>
- [47] ElectricaMX. (2019, agosto 31). *Diagrama unifilar*. Revista eléctrica. <https://electrica.mx/diagrama-unifilar/>
- [48] *CCTV*. (s/f). Paessler.com. Recuperado el 30 de diciembre de 2024, de <https://www.paessler.com/es/it-explained/cctv>
- [49] *¿Qué es SCADA?* (s/f). Copadata.com. Recuperado el 30 de diciembre de 2024, de <https://www.copadata.com/es/productos/zenon-software-platform/que-es-scada/>

3.3 OTRAS REFERENCIAS

- [A] Fácil, S. [@solar-facil]. (s/f-b). *Cómo Calcular el Número Mínimo y Máximo de Paneles Solares para tu Inversor*. Youtube. Recuperado el 31 de diciembre de 2024, de https://www.youtube.com/watch?v=Zf2Fj11Ll_k
- [B] Geotecnología S.A.S [@geotecnologias.a.s3742]. (s/f). *Cimentación DE paneles Solares*. Youtube. Recuperado el 14 de noviembre de 2024, de <https://www.youtube.com/watch?v=P1AB4lkqMjg>
- [C] MPV Solar Reference [@thempvsolarreference5532]. (s/f). *Sesión 1 | Curso Fórmulas y Cálculos en instalaciones fotovoltaicas*. Youtube. Recuperado el 31 de diciembre de 2024, de <https://www.youtube.com/watch?v=gWsZBEgSj0U>
- [D] Fácil, S. [@solar-facil]. (s/f). *Cálculo de protecciones para instalaciones fotovoltaicas*. Youtube. Recuperado el 31 de diciembre de 2024, de <https://www.youtube.com/watch?v=ORDHcHXj1uY>
- [E] ACCIONA [@ACCIONA_Oficial]. (s/f). *¿Cómo hacemos el montaje de una planta #fotovoltaica?* Youtube. Recuperado el 31 de diciembre de 2024, de <https://www.youtube.com/shorts/E95zSL99ypU>
- [F] CIAE [CIAEnerg%C3%ADa]. (s/f). *Entiendo Energía Solar: ¿Que es el MPPT de los inversores, como extraer lo maximo del inversor?* Youtube. Recuperado el 31 de diciembre de 2024, de https://www.youtube.com/watch?v=S3F_7JHVOx0
- [G] Fabrega, A. [@AlbertFabrega]. (s/f). *Así funciona una planta fotovoltaica. Visita a Extremadura I,II,III*. Youtube. Recuperado el 31 de diciembre de 2024, de <https://www.youtube.com/watch?v=N9F6toU0I1g>

4 DEFINICIONES Y ABREVIATURAS

La ITC-BT-53 hace referencia a términos y definiciones específicos para este tipo de instalaciones, complementando los ya establecidos en la ITC-BT-01. En este capítulo se incluyen definiciones consideradas relevantes, citadas textualmente.

Grupo Fotovoltaico: Conjunto de módulos fotovoltaicos, cadenas fotovoltaicas, subgrupos fotovoltaicos y cajas de conexión de grupos fotovoltaicos interconectados eléctricamente.

Para los propósitos de esta ITC-BT, un grupo fotovoltaico representa todos los componentes hasta los medios de conexión del lado de la corriente continua del inversor u otros equipos eléctricos de conversión de potencia o cargas de corriente continua. Un grupo fotovoltaico no incluye los cimientos de los soportes, el sistema de seguimiento, el control térmico y otros accesorios.

Un grupo fotovoltaico puede consistir en un solo módulo fotovoltaico, una sola cadena fotovoltaica, o varias cadenas conectadas en paralelo, o varios subgrupos fotovoltaicos montados en paralelo y sus componentes eléctricos asociados.

Módulo Fotovoltaico: El conjunto más pequeño de células fotovoltaicas interconectadas completamente protegido ambientalmente.

Cadena Fotovoltaica (String): Circuito de uno o más módulos conectados en serie.

Inversor Fotovoltaico: Dispositivo que convierte la tensión y la corriente continua del grupo fotovoltaico en tensión y corriente alternas.

Condiciones de Ensayo Normalizadas, STC: Condiciones de ensayo especificadas en la Norma EN 60904-3 para células y módulos fotovoltaicos.

4.1 ABREVIATURAS

BOS – Balance of System

CCTV – Circuito Cerrado de Televisión

CdR – Código de Red

CT – Centro de Transformación

DDP – Delivery Duty Paid

DIA – Declaración de Impacto Ambiental

EIA – Estudio de Impacto Ambiental

EPC – Engineering, Procurement, and Construction

HMI – Interfaz humano-máquina

Ico – Corriente de Circuito Abierto

Imp – Corriente a Máxima Potencia

Isc – Corriente de Cortocircuito

MPPT – Maximum Power Point Tracking

PERC – Passivated Emitter Rear Cell

PLC – Contadores lógicos programables

RCE – Reglamento sobre Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación

RTU – Unidades terminales remotas

SCADA – Supervisory Control and Data Acquisition

TI – Transformador de Intensidad

TOPCon – Tunnel Oxide Passivated Contact

TT – Transformador de tensión

Vmp – Tensión a Máxima Potencia

5 REQUISITOS DE DISEÑO

La configuración del diseño depende tanto del proyecto como de la fase en la que se encuentre. En los proyectos de licitación, la convocatoria suele estar acompañada de una serie de documentos proporcionados por el cliente, quien ha realizado un análisis preliminar y dispone de ciertos estudios. Por ello, es fundamental llevar a cabo un análisis exhaustivo de toda la documentación disponible.

Es igualmente recomendable identificar desde el principio las normativas, códigos y regulaciones locales que el proyecto debe cumplir. Estas se detallan en el Capítulo 3.1 de este documento y se mencionan de manera específica en cada sección donde se apliquen.

A continuación, se presenta una tabla que facilita la gestión y control de la documentación de forma más eficiente.

Tabla 1: Gestión y Control de la Documentación del Cliente

DOCUMENTACIÓN DEL CLIENTE	NOMBRE DEL DOCUMENTO
<input type="checkbox"/> Fechas de plazos	
<input type="checkbox"/> Proyecto de ejecución	
<input type="checkbox"/> Documento de Mediciones	
<input type="checkbox"/> Potencia POI	
<input type="checkbox"/> LayOut General	
<input type="checkbox"/> Geotécnico	
<input type="checkbox"/> Topográfico	
<input type="checkbox"/> Hidrológico	
<input type="checkbox"/> Pull of Test (POT)	
<input type="checkbox"/> Spare Parts	
<input type="checkbox"/> Vendor List	
<input type="checkbox"/> Garantías	
<input type="checkbox"/> Mediciones Medioambientales (DIA)	

- El **estudio topográfico** es la primera fase de un estudio técnico de un terreno. Consiste en el análisis detallado de la superficie terrestre, teniendo en cuenta sus características físicas, geográficas y geomorfológicas, pero también la evolución y modelado antrópico. [9]

Para asegurar que el proyecto pueda ser adjudicado y llegar a la fase de construcción, el estudio topográfico debe confirmar que el diseño es compatible con las condiciones reales del terreno.

- El **estudio geotécnico** es una evaluación técnica que examina el suelo de un emplazamiento propuesto, considerando el tipo de edificación que se planea construir. Su objetivo principal es definir los requisitos de construcción en ese terreno y determinar cómo puede utilizarse de manera segura y eficiente.

Suele incluir datos geológicos e históricos sobre el área, información sobre el nivel freático, los resultados de pruebas de laboratorio, como sondeos y perforaciones, y planos de la zona a escala. Además, el informe proporcionará recomendaciones para la cimentación y construcción, así como cualquier obstáculo encontrado durante la investigación, junto con medidas para corregir o prevenir problemas.

- El **estudio hidrológico** es una previsión del comportamiento del agua en una superficie determinada. Estas estimaciones se realizan a través de cálculos que consideran factores como las precipitaciones previstas, la escorrentía y el perfil topográfico del terreno. Los resultados del estudio se presentan de manera resumida en planos que muestran las zonas susceptibles de inundación, para distintos periodos de retorno. [10]
- El **EIA** (Estudio de Impacto Ambiental) es un análisis técnico que evalúa los posibles efectos que un proyecto o actividad puede tener sobre el medio ambiente, tanto en sus fases de construcción como de operación. Su objetivo es identificar, predecir y proponer medidas para mitigar o eliminar los impactos negativos sobre los ecosistemas, los recursos naturales, la biodiversidad y las comunidades humanas cercanas. [11]
- La **DIA** (Declaración de Impacto Ambiental) es un documento que certifica si el proyecto cumple con la normativa ambiental, las condiciones bajo las cuales puede ejecutarse y las medidas de mitigación que deben implantarse. Es un documento vinculante, es decir, el proyecto no puede llevarse a cabo sin la aprobación de la DIA.

El Estudio de Impacto Ambiental (EIA) es el análisis técnico que identifica los impactos y propone medidas para su mitigación, mientras que la Declaración de Impacto Ambiental (DIA) es la resolución oficial emitida que determina si dicho proyecto es ambientalmente aceptable, basándose en la información y evaluaciones presentadas en el EIA. [12]

5.1 DATOS GENERALES

Al abordar un proyecto, es fundamental considerar cómo se definirán los datos de partida, ya que esto influye en el proceso de diseño.

Hay dos opciones en este sentido: en primer lugar, el cliente puede fijar los equipos principales. En este caso, se evaluará si estos son adecuados para el sitio específico donde se llevará a cabo el proyecto. Por otro lado, si no hay equipos principales establecidos, se tendrá libertad para seleccionar los equipos que mejor se ajusten a las necesidades del proyecto.

5.2 DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN

La planta debe ser diseñada para garantizar una producción segura y continua de la potencia nominal del proyecto (MWAC), así como de la potencia reactiva necesaria para cumplir con el Código de Red (MVA) durante toda su vida útil.

Siendo los Códigos de Red de Operación del Sistema un conjunto de normativas donde se establecen las reglas y procedimientos para la gestión de la red de transporte así como para la operación del sistema en situaciones de emergencia y reposición del servicio. [13]

5.2.1 Configuración de Módulos Fotovoltaicos

La selección de los módulos fotovoltaicos es una de las decisiones más importantes en una instalación solar. La tecnología elegida y los parámetros eléctricos determinarán el sistema de corriente continua (DC) y, por ende, la configuración general del sistema, que dependerá de la compatibilidad con el módulo seleccionado.

Entre las tecnologías actuales se incluyen Half-Cell, TOPCon, PERC, así como los bifaciales o monofaciales.

La **tecnología PERC** (Passivated Emitter Rear Cell) se caracteriza por una estructura en la que la parte trasera de la célula solar está recubierta por una capa pasivada. Esta capa pasiva reduce las recombinaciones electrónicas, lo que contribuye a un aumento en la eficiencia de la célula. Además, la capa pasivada mejora la captación de luz, ya que refleja la radiación que no es absorbida inicialmente, permitiendo que pase a través de la célula varias veces. Este fenómeno maximiza la producción de energía. La tecnología PERC es muy popular debido a su capacidad para aumentar la eficiencia de las células solares sin necesidad de cambiar significativamente el proceso de fabricación. También presenta un buen rendimiento en condiciones de baja irradiancia y alta temperatura.

Por otro lado, la **tecnología TOPCon** (Tunnel Oxide Passivated Contact) emplea una estructura en la que se encuentra una capa ultradelgada de óxido de túnel y una capa pasivada en la parte trasera de la célula. Esta configuración reduce las pérdidas de portadores de carga y mejora considerablemente la eficiencia. Los contactos pasivados minimizan las recombinaciones superficiales de los electrones, lo que permite un flujo más eficiente de estos, incrementando así la producción eléctrica. TOPCon ofrece una mayor eficiencia en comparación con PERC, ya que presenta menores pérdidas de energía por recombinación de electrones. Además, tiene una mejor estabilidad térmica y una mayor longevidad en el rendimiento de las células.

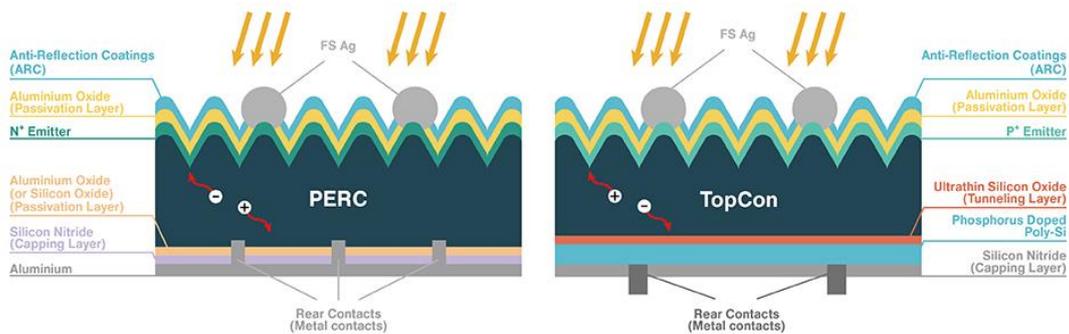


Ilustración 3: Tecnologías PERC y TOPCon [14]

Las diferencias clave entre ambas tecnologías incluyen la eficiencia, donde TOPCon suele ser más eficiente que PERC, ofreciendo mayores rendimientos energéticos. Sin embargo, PERC es más económica y está más establecida industrialmente. En cuanto a la temperatura, TOPCon tiene un mejor rendimiento en climas cálidos, siendo más estable que PERC. Además, los módulos TOPCon tienen una vida útil más larga y una mayor resistencia a la degradación.

Actualmente, la tendencia en la industria fotovoltaica es el uso creciente de módulos TOPCon debido a su mayor eficiencia, mejor estabilidad térmica y mayor durabilidad, lo que los hace una opción atractiva para proyectos de largo plazo y en climas cálidos.

Las placas fotovoltaicas bifaciales se distinguen por su capacidad de captar la luz solar por ambas caras, a diferencia de los paneles solares monofaciales, que tienen su parte posterior cubierta con materiales opacos y, por lo tanto, no pueden aprovechar la radiación solar que incide en esa superficie.

La diferencia técnica entre ambos es que en el caso de los paneles bifaciales, la parte trasera está fabricada con una lámina transparente o vidrio templado doble, lo que permite que ambos lados reciban irradiancia solar, dependiendo del albedo y de la radiación difusa, para la generación de energía.

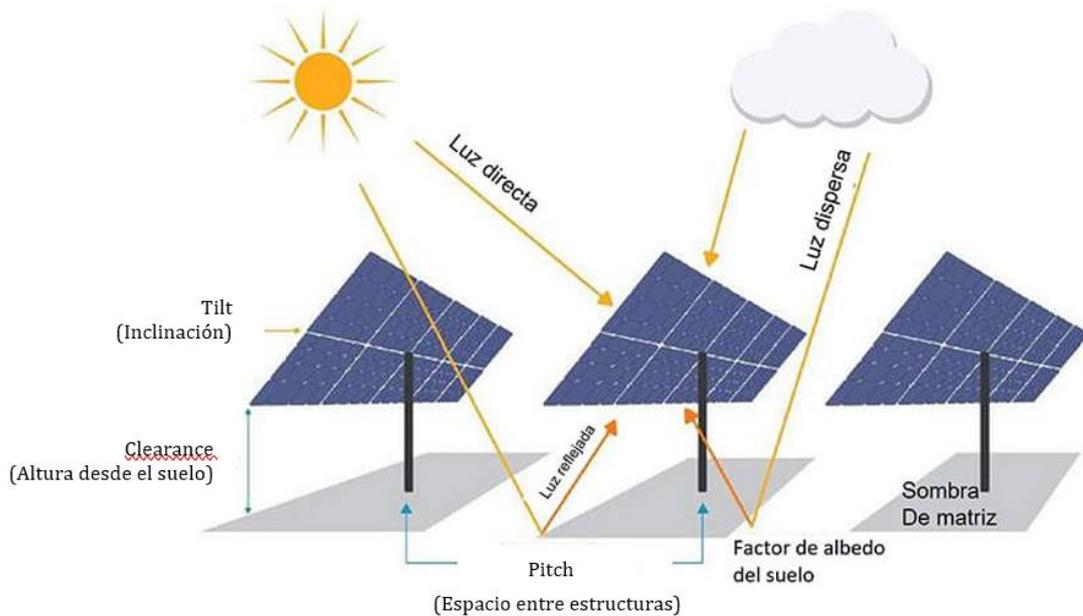


Ilustración 4: Módulos Bifaciales [15]

Una forma sencilla de estimar la irradiancia sin realizar una simulación es la siguiente:

$$I_{sc}(\text{bifacial}) = I_{sc}(\text{STC}) + I_{sc} * f_{\text{albedo}} * f_{\text{bifacialidad}}$$

De acuerdo con la RAE, el albedo se define como la proporción entre la energía luminosa que incide en una superficie y la cantidad que se refleja. Por lo general, el factor de albedo (f_{albedo}) se establece en un 20% y el factor de bifacialidad 80%.

La principal característica de un panel fotovoltaico es su potencia pico, que representa la máxima potencia que se puede obtener del panel bajo condiciones estándar de radiación y temperatura, aunque estas condiciones rara vez se alcanzan en la práctica.

Los parámetros clave a considerar son I_{sc} , I_{mpp} y V_{mpp} bajo condiciones de prueba estándar (STC). Estos últimos se consideran los valores nominales del dispositivo.

- La corriente de cortocircuito (I_{sc}) es la máxima intensidad que puede generar un panel cuando el dispositivo está sometido a una tensión nula.
- La corriente a máxima potencia (I_{mpp}) es la cantidad de corriente que el panel entrega cuando opera a su máxima potencia.
- La tensión a máxima potencia (V_{mpp}) es el valor de tensión que entrega el panel cuando alcanza su máxima potencia.

5.2.1.1 Cálculo Número de Módulos por String

El cálculo de la cantidad máxima y mínima de módulos fotovoltaicos que pueden conectarse a un inversor depende de las condiciones de temperatura y las características eléctricas tanto del inversor como de los paneles. Estos cálculos son esenciales para garantizar que el sistema funcione de manera segura y eficiente en diversas condiciones climáticas.

El **número máximo de módulos FV** en serie está limitado por la tensión máxima de entrada del inversor y debe tener en cuenta la tensión de circuito abierto (V_{oc}) de los módulos ajustada a la temperatura más baja esperada. En días fríos, la tensión de los

módulos aumenta, por lo que este cálculo asegura que la tensión total de los módulos conectados en serie no supere el límite del inversor.

La fórmula para estimar el número máximo de módulos por string es:

$$N_{\text{máx Módulos FV}} = \frac{\text{Tensión máxima de entrada del Inversor}}{\text{Tensión en vacío del módulo fotovoltaico}} = \frac{V_{\text{inversor máx}}}{V_{oc \text{ máx}}}$$

Donde la tensión máxima del módulo fotovoltaico depende de la temperatura:

$$V_{oc \text{ máx}} = V_{oc} * (1 + (T_{min} - T_{STC}) * f_T)$$

Este ajuste asegura que la tensión de los módulos a temperaturas bajas no exceda la capacidad del inversor.

El **número mínimo de módulos FV** en serie está determinado por la tensión mínima de entrada del inversor. En condiciones de alta temperatura, la tensión de los módulos disminuye, por lo que este cálculo garantiza que la tensión sea suficiente para que el inversor funcione correctamente, incluso en días cálidos.

$$N_{\text{mín Módulos FV}} = \frac{\text{Tensión mínima de entrada del Inversor}}{\text{Tensión mpp del módulo fotovoltaico}} = \frac{V_{\text{inversor mín}}}{V_{mpp \text{ mín}}}$$

Donde la tensión de máxima de potencia del módulo fotovoltaico depende también de la temperatura:

$$V_{mpp \text{ mín}} = V_{mpp} * (1 + (T_{min} - T_{STC}) * f_T)$$

Este cálculo asegura que incluso en días calurosos, la tensión de los módulos permita que el inversor entre en funcionamiento.

La tensión máxima y mínima de entrada del inversor establece los límites de operación del equipo, determinando el rango de tensiones que puede manejar de manera segura. Si la tensión supera el límite máximo, el inversor corre el riesgo de dañarse; mientras que si la tensión cae por debajo del mínimo, el inversor no podrá funcionar correctamente, lo que podría provocar apagones o fallos en el sistema. Por lo tanto, estas tensiones definen los márgenes dentro de los cuales el inversor puede operar sin comprometer su rendimiento.

5.2.1.2 Pitch, Clearance y Tilt

- **Pitch** es la distancia horizontal mínima entre las filas de paneles solares. Esta distancia debe ser suficiente para evitar sombras entre los paneles en momentos de baja elevación solar. El cálculo del pitch depende principalmente del ángulo de inclinación del panel y de la latitud del lugar. Cuanto mayor sea la inclinación de los paneles o cuanto más al norte o al sur se ubique el proyecto (mayor latitud), más larga será la distancia requerida entre las filas.
- **Clearance** es la altura entre el borde inferior del panel solar y el suelo. Mantener una clearance adecuada es importante para permitir la ventilación de los paneles, lo que ayuda a disipar el calor y mejorar la eficiencia. Además, previene posibles sombras causadas por irregularidades del terreno, vegetación o acumulación de nieve en algunos casos.
- **Tilt** es el ángulo de inclinación de los paneles solares es uno de los parámetros más importantes en el diseño de una planta fotovoltaica. El tilt se selecciona para

maximizar la captación solar, que depende de la latitud del sitio de instalación. La inclinación adecuada varía según el objetivo de maximizar la producción anual o estacional.

5.2.2 Configuración de Inversores Fotovoltaicos

Los **inversores solares String**, también conocidos como inversores de cadenas fotovoltaicas, son comúnmente utilizados en instalaciones solares de gran tamaño, pero también se están volviendo populares en proyectos residenciales. Estos inversores gestionan pequeños grupos o "strings" de paneles solares conectados en serie, permitiendo una mayor flexibilidad en proyectos con condiciones variables o terrenos irregulares. Cada inversor string suele contar con múltiples MPPT, lo que permite optimizar la producción de cada cadena de paneles de manera independiente, mejorando el rendimiento en áreas con sombreado parcial y mitigando las pérdidas asociadas. [17]

Una de las ventajas principales de los inversores string es su flexibilidad de diseño, ya que permiten adaptarse a diferentes configuraciones y terrenos, lo que los hace ideales para instalaciones más complejas. Además, su capacidad de monitoreo de precisión facilita la detección y diagnóstico de fallos a nivel de string, mejorando tanto el mantenimiento preventivo como correctivo. Esto se debe a que, al distribuir la conversión de energía entre varios inversores, es más fácil identificar y aislar problemas en áreas específicas del sistema.



Ilustración 5: Inversor String [19]

Por otro lado, **los inversores solares centralizados**, empleados en parques fotovoltaicos y grandes instalaciones, son más robustos y capaces de manejar potencias superiores a los 100 kW. Estos inversores centralizan la conversión de energía de todos los paneles conectados a través de ramales que se envían a un único inversor, que realiza la conversión a corriente alterna. Aunque tienen un excelente rendimiento y han sido perfeccionados a lo largo del tiempo, su uso es más adecuado para instalaciones de gran escala debido a la falta de flexibilidad en terrenos irregulares o condiciones cambiantes. [18]

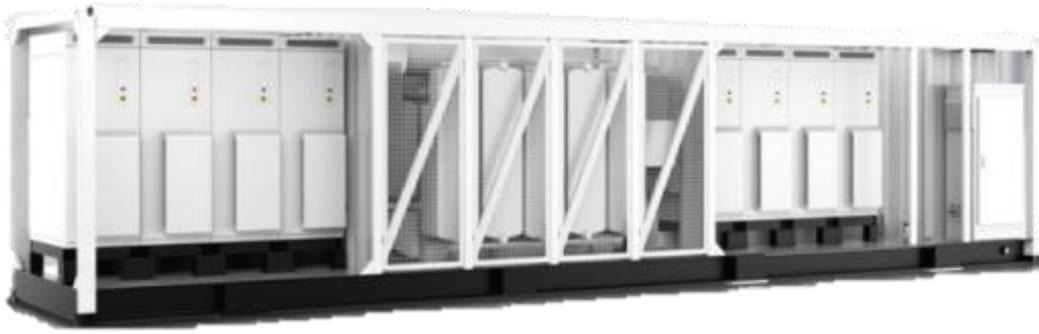


Ilustración 6: Inversor Central

En resumen, los inversores string brindan mayor flexibilidad, mejor rendimiento en zonas sombreadas, monitoreo preciso, escalabilidad y redundancia. Por otro lado, los inversores centralizados, aunque son adecuados para instalaciones grandes que requieren una alta capacidad de conversión, ya no son tan comunes debido a su falta de flexibilidad y adaptabilidad en comparación con los inversores string.

5.2.2.1 Cálculo Número de String por Inversor

El cálculo del número máximo de strings fotovoltaicos que se pueden conectar a un inversor por cada MPPT fundamental para dimensionar correctamente el sistema. Estos cálculos aseguran que el inversor pueda manejar adecuadamente las corrientes y tensiones de acuerdo con las características de los módulos fotovoltaicos, garantizando un funcionamiento eficiente y seguro del sistema.

El MPPT (Seguidor del Punto de Máxima Potencia) es una tecnología que optimiza la eficiencia de los sistemas solares. Ajusta constantemente la resistencia de los paneles solares para que siempre operen en su punto de máxima potencia, donde generan más energía, adaptándose a cambios en la luz y temperatura. Su función es monitorear la tensión y la corriente del sistema, ajustando el inversor o controlador para maximizar la potencia, asegurando que el sistema solar sea más eficiente y rentable.

El **número máximo de strings** en paralelo que se pueden conectar a un inversor está limitado por la corriente máxima que puede manejar el MPPT. La corriente total de todos los strings conectados en paralelo no debe exceder la capacidad del inversor.

$$N_{String\ máx} = \frac{\text{Corriente MPPT máxima de cortocircuito}}{\text{Corriente de cortocircuito del módulo fotovoltaico}} = \frac{I_{MPPT} I_{sc}^{máx}}{I_{sc} \text{ módulos } FV}$$

Para verificar si el módulo seleccionado es compatible con el inversor, se sigue el siguiente procedimiento práctico. En el catálogo del inversor se indica el número de MPPT disponibles. A partir de esta información, se determinan las configuraciones posibles, es decir, cuántas entradas se pueden conectar. En base a esto se deben cumplir los siguientes criterios:

$$I_{MPPT\ Inversor} > I_{mp\ Módulo}$$

$$I_{SCMPPT\ Inversor} > I_{SCMódulo}$$

5.2.3 Configuración de Centros de Transformación

Según el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación (RCE), un Centro de Transformación se define como: «Una instalación equipada con uno o más transformadores reductores de Media a Baja Tensión, junto con los equipos y obras complementarias necesarias».[21]

Los Centros de Transformación son instalaciones fundamentales para el transporte y distribución de la energía eléctrica en alta y media tensión.

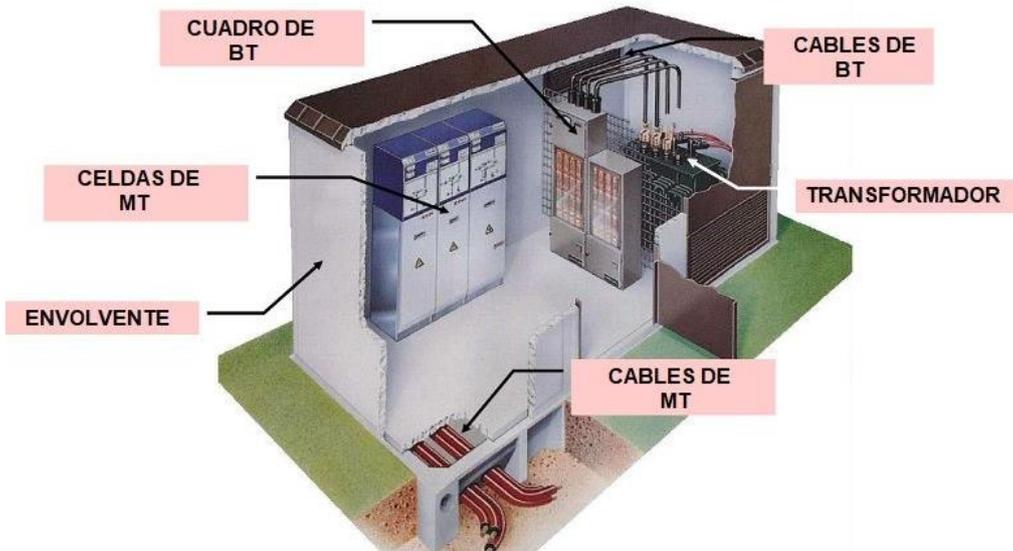


Ilustración 7: Partes de un Centro de Transformación [22]

Para determinar la **configuración de un centro de transformación**, es esencial calcular cuántos inversores estarán conectados al transformador. Este cálculo se basa en la capacidad de generación de energía del sistema, es decir, cuántos strings (cadenas de módulos solares) se conectarán a cada inversor y cuántos inversores alimentarán al transformador. Por seguridad y fiabilidad, siempre se debe diseñar el sistema considerando la máxima potencia que podría generar la instalación.[23]

La potencia del centro de transformación (CT) se obtiene sumando la potencia de los inversores conectados. La potencia de cada inversor depende del número de strings asignados, el número de módulos en cada string, y la potencia pico de cada módulo.

$$P_{CT} = \sum P_{inversores}$$

Donde la Potencia de los Inversores viene determinado por:

$$P_{inversor} = N^{\circ}_{Strings \times Inversor} * N^{\circ}_{Módulos \times String} * P_{Wp \text{ del Módulo } FV}$$

En el dimensionamiento de una planta fotovoltaica, es recomendable distribuir los inversores de manera equilibrada entre los centros de transformación. Esto se debe hacer de acuerdo con el **ratio DC/AC** de la planta, que es el cociente entre la potencia pico total (DC) de los módulos solares y la potencia nominal (AC) de los inversores.

$$Ratio \text{ DC / AC} = \frac{Potencia \text{ pico total de los módulos (DC)}}{Potencia \text{ nominal del inversor (AC)}}$$

Este ratio es fundamental para asegurar que el sistema esté equilibrado, maximizando la eficiencia sin sobrecargar los inversores ni los transformadores. Un ratio entre 1.1 y 1.3 suele ser adecuado, lo que significa que la potencia pico (DC) de los módulos es mayor que la potencia nominal del inversor, permitiendo aprovechar la generación máxima de energía sin que los inversores trabajen por debajo de su capacidad óptima.

Al diseñar la configuración del CT, también se deben considerar las pérdidas en cables, inversores y transformadores, que pueden reducir la eficiencia del sistema. Un diseño correcto debe minimizar estas pérdidas sin comprometer la seguridad. La ubicación del centro de transformación debe considerarse cuidadosamente, dado que la temperatura y la ventilación afectan el rendimiento del transformador y los inversores. Generalmente, se recomienda instalarlos en lugares frescos, protegidos del sol y con buena ventilación.

5.2.4 Configuración de Estructuras Soporte

Una estructura fotovoltaica es un sistema diseñado para sostener y fijar los paneles solares en su lugar de instalación. Dado que es una parte fundamental de la instalación, debe contar con una base sólida y resistente para asegurar que los módulos se fijen de manera segura, soporten su peso y se mantengan estables. Estas estructuras suelen estar fabricadas con materiales de alta calidad, como acero galvanizado, para garantizar durabilidad y resistencia frente a las condiciones ambientales.[25]

Las **estructuras fotovoltaicas fijas** son las más utilizadas en la actualidad debido a su fiabilidad, accesibilidad y, sobre todo, a su menor coste. Estas estructura proporcionan a los paneles solares una orientación y un ángulo de inclinación fijo. La orientación óptima generalmente es hacia el sur en el hemisferio norte y hacia el norte en el hemisferio sur para maximizar la captación solar. El ángulo de inclinación, por su parte, se determina en función de la latitud de la ubicación de la instalación, o bien, queda definido por la inclinación de la propia cubierta cuando la instalación es coplanar.

Por otro lado, los **seguidores solares**, son aquellos que permiten que los paneles sigan la trayectoria del sol, maximizando la captación de radiación solar a lo largo del día. Estas estructuras pueden tener uno o dos ejes móviles, permitiendo que los paneles roten en diferentes direcciones, lo que las convierte en las opciones más eficientes en términos de producción de energía. La orientación de estas estructuras varía a lo largo del día, siguiendo el movimiento del sol de este a oeste. Aunque estas estructuras son ideales desde el punto de vista de la eficiencia, presentan algunas desventajas. En primer lugar, requieren un consumo eléctrico para mover los paneles, lo que incrementa el coste. Además, su mayor complejidad mecánica las hace más propensas a fallos, y requieren un mantenimiento más frecuente. [26]

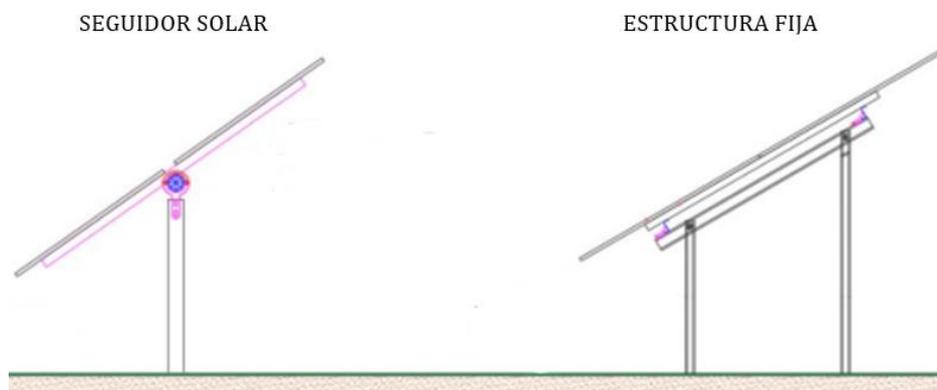


Ilustración 8: Diferencia entre Seguidor Solar y Estructura Fija

La elección de la estructura fotovoltaica adecuada depende en gran medida de las características del terreno y las condiciones del lugar donde se va a realizar la instalación. Estas características influyen directamente en la orientación, inclinación y tipo de estructura que maximizará el rendimiento de los paneles solares. En una instalación fotovoltaica a gran escala, como un parque solar, es esencial evaluar la topografía, el espacio disponible y los patrones de sombra para determinar si una estructura fija o móvil es la más adecuada.

Las **estructuras fijas** suelen ser la opción más común en terrenos planos o ligeramente inclinados. Al ser más económicas y fáciles de instalar, se adaptan bien a terrenos que no presentan grandes desafíos topográficos. Además, en estos casos, se puede optimizar la inclinación de los paneles de acuerdo con la latitud del lugar y la orientación ideal (generalmente hacia el sur en el hemisferio norte o hacia el norte en el hemisferio sur), lo que permite aprovechar al máximo la radiación solar sin necesidad de ajustes adicionales. En terrenos irregulares, las estructuras fijas también pueden adaptarse, pero puede ser necesario ajustar su disposición para evitar sombras y garantizar que los paneles reciban suficiente radiación solar.

Por otro lado, las **estructuras móviles** o con seguimiento solar son más adecuadas en terrenos donde se quiere maximizar la producción energética y se cuenta con amplios espacios despejados. Estas estructuras pueden seguir el movimiento del sol a lo largo del día, lo que permite una captación de energía más uniforme, especialmente en terrenos con poca inclinación o que permiten un amplio movimiento sin obstrucciones. No obstante, su implementación en terrenos complejos puede ser más complicada y costosa debido a la necesidad de asegurar una base estable para los sistemas móviles. Además, el mantenimiento y la operación de estas estructuras requieren un acceso más fácil, lo que no siempre es viable en terrenos difíciles.

5.3 CABLEADO ELÉCTRICO

5.3.1 Baja Tensión

La instalación de Baja Tensión se dividirá en dos secciones: una que operará en corriente continua (CC) y otra en corriente alterna (CA). La parte de corriente continua abarcará desde los string hasta las entradas CC del inversor, mientras que la instalación de corriente alterna irá desde la salida de los inversores hasta las entradas CA del centro de transformación. Esta separación asegura que se utilicen los tipos de corriente adecuados en cada tramo del sistema, optimizando su rendimiento y cumplimiento normativo.

Para llevar a cabo los cálculos y la instalación de la red de baja tensión, se deberán seguir las normativas aplicables. Entre ellas se encuentran el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (REBT), junto con las Instrucciones Técnicas Complementarias (ITC), específicamente de la ITC BT 01 a BT 51. También se debe cumplir con la UNE-HD 60364-5-52, que establece las directrices para la selección e instalación de equipos eléctricos y canalizaciones en instalaciones de baja tensión.

5.3.1.1 Criterios de Diseño

El diseño de la instalación deberá basarse en dos criterios principales: la intensidad admisible y la máxima caída de tensión. Estos criterios asegurarán que los conductores seleccionados sean adecuados para el uso previsto y que el sistema funcione de manera eficiente.

Para comprobar que ambos criterios se cumplen, será necesario calcular previamente diversos parámetros en cada línea. Primero, se debe determinar la intensidad nominal para la que cada línea debe estar diseñada. Luego, se calculará la longitud de la línea y se establecerá la caída de tensión máxima admisible. Además, se debe determinar la intensidad máxima admisible para cada conductor y especificar el nivel de aislamiento necesario para garantizar la seguridad y fiabilidad de la instalación.

- **Criterio de Intensidad Máxima Admisible**

La intensidad para la que se diseñará cada uno de los circuitos se establecerá a partir de la potencia que deba transportar cada una de ellas, la tensión nominal y el factor de potencia.

$$\text{Monofásico} \rightarrow S = U * I ; P = S * \cos(\rho) ; Q = S * \text{sen}(\rho)$$

$$\text{Trifásico} \rightarrow S = \sqrt{3} * U * I ; P = S * \cos(\rho) ; Q = S * \text{sen}(\rho)$$

Donde:

- S: Potencia Aparente [VA]
- U: Tensión de Fase [V]
- I: Intensidad de Línea [A]
- P: Potencia Activa [W]
- Q: Potencia Reactiva [VAR]

La capacidad máxima de corriente del conductor es suministrada por el fabricante para unas condiciones de instalación estándares, la cual será corregida en base a las características de instalación en el parque fotovoltaico mediante unos factores de corrección, según la norma UNE 60364-5-52 para obtener la intensidad máxima admisible en la instalación.

$$I_{\text{max adm}} = I_n * f_{\text{corrección}}$$

Las instalaciones de generación de energía en Baja Tensión en corriente continua se diseñarán en cada caso para corrientes de circuitos maximizadas un 25%.

$$I_z = I_b * 1,25$$

- **Criterio de Caída de Tensión**

$$\text{Monofásico (CC)} \rightarrow \Delta U = \frac{2 * I * L}{\mu * S}$$

$$\text{Trifásico (CA)} \rightarrow \Delta U = \sqrt{3} * L * I * (r * \cos(\rho) + x * \text{sen}(\rho))$$

Donde:

- ΔU : Caída de Tensión [V]
- L: Longitud del tramo [m]
- I: Intensidad del tramo [A]
- μ : Resistividad del cobre
- S: Sección de una fase del conductor
- r: Resistencia por metro del conductor [Ω /m]
- x: Reactancia por metro del conductor [Ω /m]

Todos los cables que se utilizarán en la instalación de baja tensión tendrán un nivel de aislamiento de 0,6/1kV CA – 1,8 kV CC.

5.2.1 Media Tensión

La instalación de media tensión es responsable de la interconexión de los diferentes centros de transformación hasta su conexión final en las celdas de media tensión en la barra de 20 o 30 kV de la subestación elevadora o centro de seccionamiento. Esta infraestructura es clave para la transmisión de energía eléctrica desde los generadores hasta los puntos de distribución, asegurando que la energía se transporte a través de la red de manera eficiente y segura.

Los cables utilizados en la instalación de media tensión se dimensionarán y seleccionarán para cumplir con las normativas vigentes aplicables. En primer lugar, se deben seguir las indicaciones del RAT (Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión) y sus Instrucciones Técnicas Complementarias (ITC-RAT 01 a 23), que aseguran que la instalación cumpla con los requisitos de seguridad y eficiencia. Además, se debe cumplir con la UNE 211435, que es una guía para la elección de cables eléctricos de tensión asignada superior a 0,6/1 kV, destinada específicamente a los circuitos de distribución de energía eléctrica.

5.2.1.1 Criterios de Diseño

El diseño de la instalación de media tensión deberá basarse en la aplicación de varios criterios fundamentales para garantizar su correcto funcionamiento. Los dos principales criterios a seguir son la intensidad admisible y la máxima caída de tensión. Estos factores aseguran que los cables sean capaces de manejar la cantidad de energía que se requiere, sin comprometer su rendimiento ni su seguridad.

Para comprobar el cumplimiento de estos criterios, se deberán realizar cálculos previos en cada línea. Se debe determinar la intensidad nominal para la cual la línea será diseñada, así como la longitud de la línea. Además, es necesario calcular la intensidad de cortocircuito que podría producirse en la línea y la duración del mismo, con el fin de garantizar que los conductores sean capaces de soportar estos eventos sin sufrir daños. También se debe establecer la caída de tensión máxima admisible y la intensidad máxima admisible para cada conductor.

5.2.2 Diagrama Unifilar

Un diagrama unifilar es una representación gráfica simplificada de un sistema eléctrico que utiliza símbolos estándar para mostrar cómo están conectados los componentes principales del sistema, como generadores, transformadores, interruptores, celdas de protección y líneas de transmisión. [27]

A diferencia de un diagrama multifilar, que muestra cada conductor individualmente, un diagrama unifilar solo utiliza una línea para representar el conjunto de conductores que forman un circuito, lo que facilita su interpretación y diseño.

Las celdas modulares que se muestran en Ilustración 9 se diseñan de forma que pueden ser incluidas o quitadas del sistema sin necesidad de reconfigurar toda la instalación. Esto es útil, por ejemplo, en subestaciones eléctricas o plantas fotovoltaicas. Por ello se muestran en la Ilustración 9 las celdas modulares tipo con la simbología de la compañía Ormazabal [28], líder en el sector.

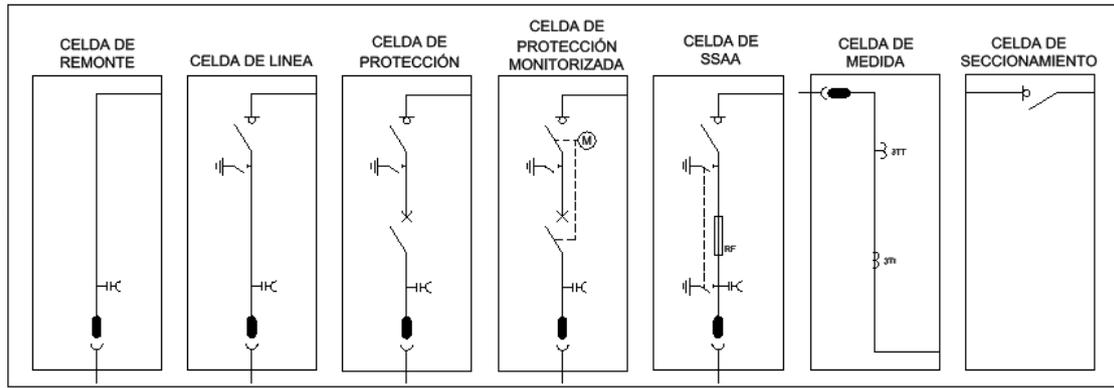


Ilustración 9: Celdas Modulares Tipo

- Celda de Remonte: Utilizada principalmente para realizar conexiones entre barras colectoras dentro de la subestación. No cuenta con dispositivos de protección avanzados y solo incluye un seccionador, que permite aislar una parte del circuito sin carga, facilitando tareas de mantenimiento.
- Celda de Línea: Esta celda incorpora un interruptor seccionador junto con un seccionador de puesta a tierra (PAT). El seccionador permite aislar la línea para tareas de mantenimiento, mientras que el seccionador PAT asegura que la línea esté conectada a tierra, garantizando que no haya tensión remanente durante los trabajos. Esta celda es esencial para desconectar líneas de transmisión de manera segura, aunque no tiene protección automática frente a fallos.
- Celda de Protección: Incluye un interruptor seccionador y un interruptor automático. El seccionador permite abrir o cerrar el circuito sin carga, mientras que el interruptor automático desconecta el sistema automáticamente en caso de cortocircuito o sobrecarga, protegiendo el equipo.
- Celda de Protección Monitorizada: Similar a la celda de protección, pero equipada con sistemas de monitoreo adicionales, como un transformador de intensidad (TI) para medir la corriente. Esta celda permite una protección avanzada con supervisión en tiempo real, lo que es crucial para una gestión proactiva de la instalación eléctrica.
- Celda de SSAA (Sistema de Servicios Auxiliares): Su función principal es suministrar energía a los equipos auxiliares dentro de la subestación, como sistemas de control, iluminación o dispositivos de comunicación. Incluye un seccionador para desconectar los servicios auxiliares y puede tener protección adicional para evitar sobrecargas.
- Celda de Medida: Esta celda contiene transformadores de tensión (TT) y transformadores de intensidad (TI) para medir parámetros eléctricos. Estas mediciones son necesarias para el monitoreo del sistema, así como para la facturación y el control del consumo de energía.
- Celda de Seccionamiento: Equipado con seccionadores, permite aislar partes del sistema sin carga. Se utiliza para desconectar áreas específicas del circuito cuando es necesario realizar mantenimiento o reparaciones.

Los equipos que conforman las celdas anteriores se reúnen en la Ilustración 10, su función han sido descritas en los párrafos anteriores.

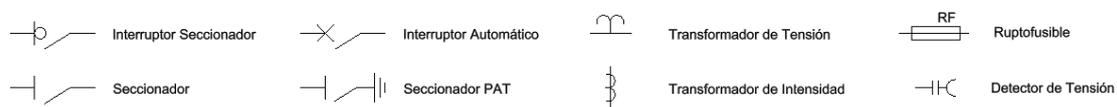


Ilustración 10: Leyenda de las celdas modulares tipo

El diagrama unifilar de baja tensión se utiliza para mostrar de forma resumida cómo se realiza la conexión entre los paneles fotovoltaicos y el inversor, destacando el cableado y la cantidad de strings conectados a cada MPPT. Este diagrama también especifica la configuración de cada MPPT y cómo se conectan estos al inversor, que finalmente se conecta al sistema de distribución hacia el centro de transformación.

En la Ilustración 11 se muestra un plano tipo de cómo sería el unifilar de un centro de transformación cuyo transformador tiene 3 devanados y tienen configurados 21 inversores con 6 MMPT cada uno.

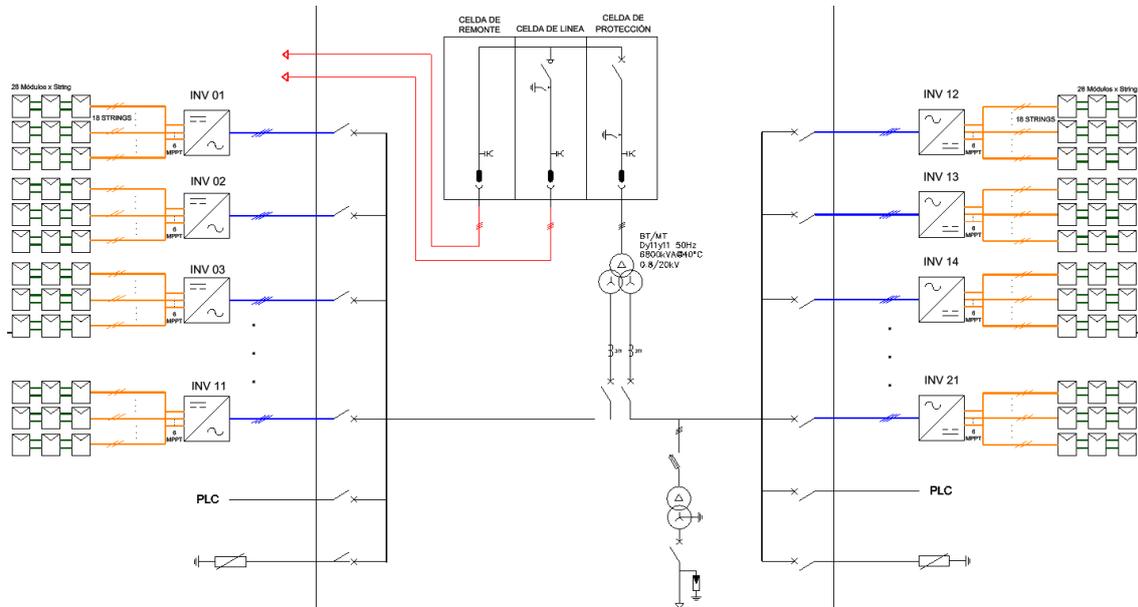


Ilustración 11: Diagrama Unifilar BT tipo

- Cable Latiguillos Conexión de Módulos
- Cable CA [Al XLPE 3x240mm²]
- Cable CC [Cu XLPE 2x6mm²]
- Cable MT

El cableado puede variar en función de la configuración, no obstante cabe recalcar el tanto la conexión entre los paneles, y la conexión con el inversor es monofásica con 2 conductores (positivo y negativo), cables verdes y amarillos de la Ilustración 11. Mientras que a salida del inversor, corriente alterna es trifásica, cable rojo.

En cuanto al diagrama unifilar de media tensión, el enfoque cambia al representar la infraestructura eléctrica de la subestación o centro de transformación y la conexión entre ellos.

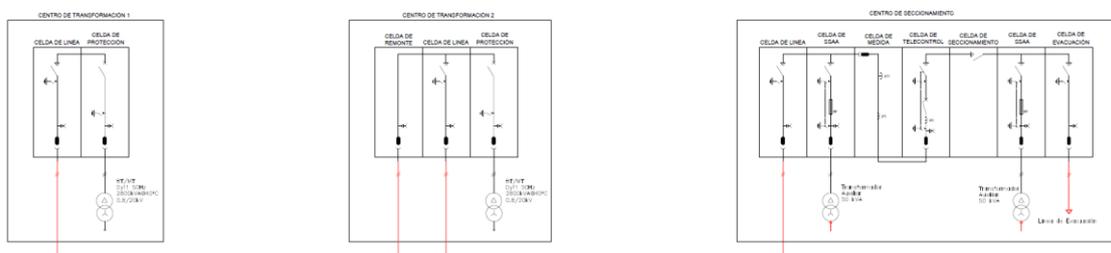


Ilustración 12. Diagrama Unifilar MT Tipo

5.2 OBRA CIVIL

En este capítulo se describirán brevemente los trabajos mínimos a un nivel básico, ya que el cálculo civil detallado queda fuera del alcance. Sin embargo, se mencionarán las partidas correspondientes, con un desglose general de cada trabajo.

La obra civil deberá ser diseñada considerando las condiciones específicas del emplazamiento, los Parámetros de Diseño y los informes civiles disponibles (como el informe geotécnico final, los ensayos de carga, el estudio hidráulico, entre otros). Asimismo, el diseño deberá cumplir con la normativa vigente, incluyendo el Código Técnico de Edificación, el pliego de prescripciones técnicas generales para Obras de carreteras y puentes, los Eurocódigos y cualquier otra norma complementaria aplicable.

5.2.1 Acondicionamiento del Terreno

El acondicionamiento del terreno para una instalación fotovoltaica implica una serie de trabajos previos necesarios para preparar el terreno de manera que se pueda instalar y operar de forma eficiente el sistema solar. Este proceso incluye varias etapas clave:

- **Limpieza y desbroce del terreno:** Se eliminan la vegetación superficial, arbustos, matorrales y cualquier otro tipo de cobertura vegetal que pudiera interferir con la instalación de los paneles fotovoltaicos y las estructuras de soporte.
- **Retirada de la capa vegetal:** En las áreas donde se instalarán los paneles, caminos o infraestructuras complementarias, se retira la capa superior de tierra vegetal (humus) si es necesario. Esta capa suele almacenarse en el mismo sitio para su posterior reutilización en tareas de revegetación o restauración ambiental.
- **Nivelación del terreno:** En función del levantamiento topográfico, se ajusta la topografía de la parcela, nivelando el terreno solo donde sea estrictamente necesario. Esto permite optimizar la instalación de los módulos fotovoltaicos y facilita la construcción de caminos de acceso. El objetivo es garantizar la estabilidad de las estructuras y la correcta inclinación de los paneles para maximizar la captación de radiación solar.
- **Desmante y terraplén:** Se llevan a cabo movimientos de tierra para adecuar el terreno a las cotas necesarias. El **desmante** implica la excavación de material en las zonas donde hay exceso de terreno, mientras que el **terraplén** consiste en rellenar y compactar las áreas más bajas con el material excavado o traído de fuera, asegurando una superficie nivelada y estable para la instalación.
- **Mejoras del drenaje:** Es esencial que el terreno cuente con un adecuado sistema de drenaje para evitar la acumulación de agua que pueda afectar la estabilidad del terreno o las estructuras. Se habilitan sistemas de drenaje natural o artificial, garantizando que el agua de lluvia fluya correctamente y no se estanque en las zonas de instalación.

5.2.2 Viales

Los viales son esenciales para asegurar un acceso eficiente y seguro a todas las áreas de la instalación, tanto durante la construcción como en las fases de operación y mantenimiento. Estos caminos internos deben ser diseñados y construidos de manera adecuada para soportar el tránsito de vehículos pesados, maquinaria y personal técnico. Su función

principal es facilitar el transporte de equipos y materiales, así como permitir el acceso regular para inspecciones y reparaciones.

Los viales deben tener una anchura suficiente, generalmente entre 4 y 6 metros, para permitir el paso de camiones y grúas durante la construcción. También es fundamental que la capacidad de carga sea adecuada para soportar el peso de estos vehículos, lo que implica un trabajo de compactación y estabilización del terreno.

En cuanto a los materiales de construcción, es común utilizar grava compactada o materiales estabilizados para crear una superficie firme y duradera, que permita un buen tránsito vehicular sin problemas. Esto garantiza que los caminos permanezcan en buen estado incluso bajo condiciones climáticas adversas y facilita el acceso continuo durante la vida útil de la planta.

5.2.3 Cimentaciones

Una cimentación es el conjunto de elementos estructurales encargados de transmitir y distribuir las cargas de una edificación o estructura hacia el terreno de manera segura y estable. Su principal función es garantizar que el peso de la construcción, así como las fuerzas externas (como el viento, las vibraciones o los movimientos sísmicos), se distribuyan de manera adecuada sobre el suelo, evitando hundimientos, desplazamientos o fallas que comprometan la estabilidad de la estructura.[29]

En una planta fotovoltaica, la cimentación es esencial para garantizar la estabilidad de los paneles solares y sus estructuras de soporte, así como de otros equipos como inversores y transformadores. Estos equipos, que son fundamentales para la operación de la planta, requieren cimentaciones robustas que soporten el peso y las cargas externas, como el viento o posibles movimientos del suelo.

Además, todas las cimentaciones deben ajustarse a la normativa local aplicable, asegurando que el diseño y la construcción cumplan con los estándares de seguridad y durabilidad, según las condiciones específicas del sitio.[30]

5.2.4 Zanjas

Una zanja es una excavación alargada y estrecha en el terreno, generalmente destinada a la instalación de infraestructuras subterráneas como tuberías, cables eléctricos y sistemas de drenaje. Durante su excavación, se garantizará que las zanjas permanezcan adecuadamente protegidas mientras estén abiertas para evitar riesgos. Una vez finalizada la instalación, se procederá al llenado y compactación del terreno para prevenir asentamientos posteriores que puedan afectar la integridad de los cables.

Los cables del sistema de baja y media tensión se instalarán directamente enterrados, salvo en los cruces con viales, donde se utilizarán tubos embebidos en hormigón para ofrecer mayor protección. Además, todos los cables enterrados deberán contar con señalización adecuada mediante cinta de advertencia y una cubierta protectora mecánica que los resguarde frente a posibles daños.

En la medida de lo posible, se evitará la realización de zanjas mixtas que contengan cables de baja y media tensión en el mismo canal. Solo se permitirán en situaciones estrictamente necesarias. Además, los cables de alimentación deben estar adecuadamente separados de los cables de comunicación para evitar interferencias con los sistemas de control y comunicación, tal como se estipula en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión y en el Reglamento de Líneas Eléctricas de Alta Tensión.

5.2.5 Vallado

Toda la zona de implantación de la Planta Fotovoltaica deberá estar delimitada perimetralmente por un vallado, que garantizará la seguridad del proyecto y el acceso controlado al área. Se considerará como área útil de implantación un retranqueo hacia el interior del vallado, en el que no se instalarán paneles fotovoltaicos, asegurando así un acceso fácil y sin obstáculos a cualquier punto del vallado para tareas de mantenimiento y vigilancia.

El vallado debe cumplir con todos los requisitos establecidos en las autorizaciones administrativas, especialmente aquellos vinculados a la Declaración de Impacto Ambiental (DIA). Según la orografía de la planta, se podrán realizar varios cerramientos perimetrales para adaptarse a las características del terreno. En los accesos principales, se instalarán puertas para vehículos y puertas peatonales.

El vallado habitual en las instalaciones fotovoltaicas suele ser un mallado de simple torsión [31], acompañado de cintas de señalización visibles para advertir de la presencia de la barrera, así como gateras para avifauna aproximadamente cada 100 metros, permitiendo el paso de aves y garantizando el respeto al medio ambiente.

6 ANÁLISIS DE SOLUCIONES

En este capítulo se presenta un caso práctico que resume la aplicación de los conceptos descritos a lo largo de la memoria técnica. El caso práctico consiste en el desarrollo de una configuración realista. Dado que el objetivo de este trabajo no es el análisis exhaustivo de la documentación técnica de un proyecto específico, la configuración será diseñada asumiendo que se cuenta con la información topográfica y otros estudios pertinentes. Estos estudios, aunque relevantes, no influirán directamente en el diseño de la planta en cuestión, la cual será denominada "Planta Solar" a lo largo de este capítulo.

Se establecerán los parámetros técnicos fundamentales para garantizar la viabilidad y el rendimiento óptimo de la planta, considerando tanto los recursos disponibles como los requisitos normativos y de sostenibilidad.

El primer paso tras analizar los requisitos del proyecto es determinar qué equipos principales se van a emplear en la configuración de la planta solar. En el mercado actual, la elección de los módulos fotovoltaicos es crucial, y uno de los fabricantes más destacados es Canadian Solar, reconocido por su constante evolución tecnológica. Los módulos de Canadian Solar, en particular, se han consolidado por su alta eficiencia, con potencias que actualmente oscilan en torno a los 700 Wp por módulo, lo que los convierte en una opción ideal para maximizar la capacidad de generación en la planta.

MÓDULO FOTOVOLTAICO		CANADIAN
Modelo	CS7N-700TB-AG	
Potencia nominal	P _{nom}	700 Wp
Tensión de Operación	V _{mp}	40,00 V
Corriente de Operación	I _{mp}	17,51 A
Tensión a Circuito Abierto	V _{oc}	47,90 V
Corriente de Cortocircuito	I _{sc}	18,49 A
Coeficiente Tempreatura	μ _{Pmax}	-0,29 %/ °C
Coeficiente Tempreatura	μ _{Voc}	-0,25%
Coeficiente Tempreatura	μ _{Isc}	0,050 %/ °C
Dimensiones	2384 x 1303 x 33 mm	
Peso	37,80 kg	
Eficiencia	23,20%	

Ilustración 13. Características Módulo CS7N-700TB-AG CANADIAN

En cuanto a los inversores, un componente esencial para la conversión de corriente continua a corriente alterna, nos enfocaremos en los inversores de string, ya que ofrecen una mayor flexibilidad en el diseño y permiten una mejor gestión de los paneles a nivel modular. En este sentido, los principales competidores en el mercado son Huawei y Sungrow, ambos con una sólida presencia y reputación en el sector. Para este proyecto, optaremos por los inversores de Huawei, específicamente modelos con una potencia nominal de 300 kW, que son adecuados para instalaciones a gran escala.

INVERSOR FOTOVOLTAICO		HUAWEI
Modelo	SUN2000-330KTL-H1	
Tensión máxima (Entrada)	1500 V	
Tensión mínima (Entrada)	500 V	
Número de MPPT	6 MPPT	
Corriente Máxima por MPPT	65 A	
Corriente Cortocircuito por MPPT	115 A	
Potencia nominal	300 kVA	
Tensión nominal (Salida)	800 V	
Configuración	4/5/5/4/5/5	
Dimensiones	1,048 x 732 x 395 mm	
Peso	112 kg	
Eficiencia	99,03%	

Ilustración 14. Características Inversores SUN2000-330KTL-H1 HUAWEI

Adicionalmente, se integrarán los centros de transformación necesarios para adaptar la tensión generada a los niveles requeridos para su conexión a la red de distribución o transporte. Estos centros de transformación desempeñarán un papel clave en garantizar que la energía generada se entregue de manera eficiente y cumpliendo con los estándares de la red. La elección de los transformadores también dependerá de la capacidad de la planta y de las características específicas de la red a la que se conectará.

Una vez seleccionados los equipos principales, el siguiente paso es realizar los cálculos preliminares que confirmen su adecuación para la configuración de la planta solar. El primer cálculo que se llevará a cabo es el de la cantidad de módulos por string. Siguiendo el procedimiento descrito en el capítulo anterior, se ha determinado que el número máximo de módulos por string es de 29, mientras que el mínimo es de 13. Aunque este último valor es menos relevante para el diseño, asegura una amplia flexibilidad en la configuración, dependiendo de las condiciones operativas y de irradiación.

Número Máximo de Módulos en Serie	29
-----------------------------------	-----------

Número Mínimo de Módulos en Serie	13
-----------------------------------	-----------

Voc máxima del Módulo FV	51,49 V
Vmpp mínima del Módulo FV	38,00 V

Temperatura Mínima	-5 °C
Temperatura Máxima	45 °C
Temperatura STC	25 °C

$$N_{\text{máx Módulos FV}} = \frac{\text{Tensión máxima de entrada del Inversor}}{\text{Tensión en vacío del módulo fotovoltaico}}$$

$$N_{\text{mín Módulos FV}} = \frac{\text{Tensión mínima de entrada del Inversor}}{\text{Tensión mpp del módulo fotovoltaico}}$$

$$V_{oc \text{ máx}} = V_{oc} * (1 + (T_{\text{min}} - T_{STC}) * f_T)$$

$$V_{mpp \text{ mín}} = V_{mpp} * (1 + (T_{\text{min}} - T_{STC}) * f_T)$$

Ilustración 15. Cálculo Módulos Serie

A continuación, se calcula el *pitch*, es decir, la distancia entre las filas de estructuras fotovoltaicas, con el fin de evitar la proyección de sombras entre ellas. Para un *clearance* (altura mínima al borde inferior del módulo) de 0,5 metros, se ha obtenido que la distancia mínima entre las estructuras debe ser de 6,7 metros. Este valor asegura que las estructuras no proyecten sombras sobre las filas adyacentes, garantizando un aprovechamiento óptimo de la radiación solar a lo largo del día.

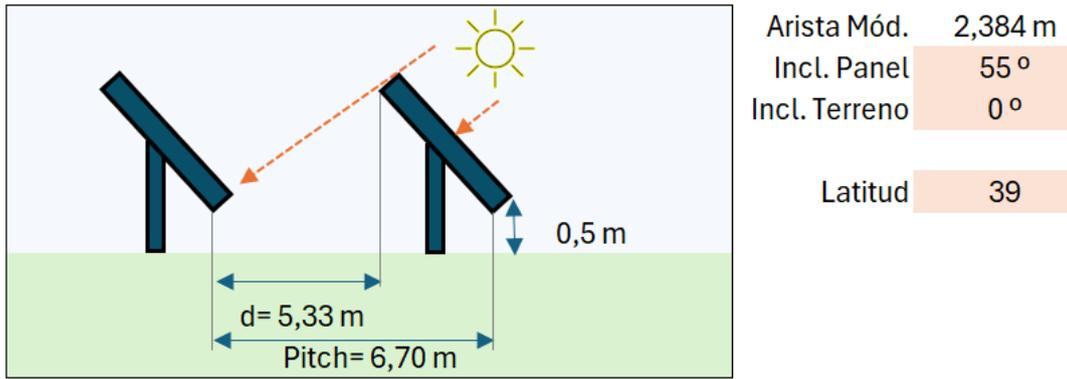


Ilustración 16. Cálculo Pitch

Finalmente, se procede a calcular cuántas *strings* pueden conectarse por cada inversor. Consultando los datos técnicos del inversor Huawei seleccionado, se observa que dispone de 6 MPPT, con un máximo de 30 entradas en total. Tras los cálculos correspondientes, se determina que el número máximo de entradas que pueden conectarse, cumpliendo con los criterios de conexión tanto en términos de corriente de entrada por MPPT (I_{mppt}) como de corriente de cortocircuito (I_{sc}), es de 18 entradas, lo que corresponde a 18 *strings*. Este valor asegura que el inversor opere dentro de sus límites técnicos, maximizando la eficiencia y garantizando la fiabilidad del sistema.

Número de MPPT 6 Configuración 333333

Entrad/String	String x MPPT	Entrada Tipo	I_{mp} x MPPT	I_{sc} x MPPT	CRITERIO
18	3	333333	21,67	38,33	SI
24	4	444444	16,25	28,75	NO
30	5	455455	13,00	23,00	NO

Ilustración 17. Cálculo Entradas/String Inversor

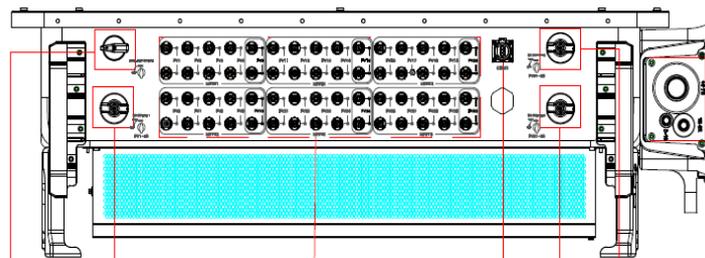


Ilustración 18. MPPTs inversor

Estos cálculos permiten realizar una implantación preliminar de la planta, la cual habitualmente se lleva a cabo utilizando software especializado como PVCase, que facilita el diseño y optimización del emplazamiento. Sin embargo, dado que este es un trabajo académico, toda la implantación se ha realizado de manera manual, siguiendo un enfoque detallado y ajustando las estructuras al terreno disponible.

Durante el proceso de implantación, se ha procedido a colocar tantas estructuras fotovoltaicas como el espacio disponible permitía, asegurando siempre que la disposición optimice la captación solar y minimice las sombras entre las filas de paneles. Tras esto, se realizaron las agrupaciones de 18 *strings* por inversor, según los cálculos previamente detallados. Este proceso permitió distribuir y adecuar los equipos a las condiciones del terreno y de la instalación.

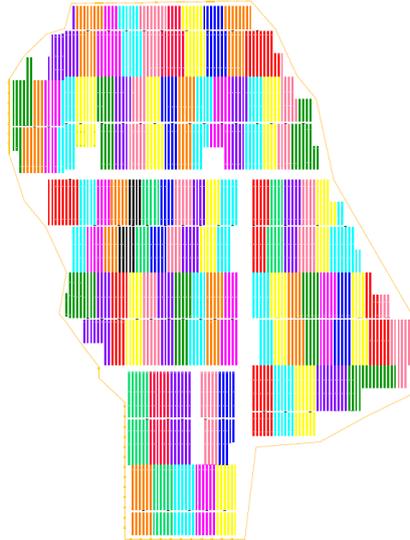


Ilustración 19. Agrupación por strings

Posteriormente, los 79 inversores de la planta han sido agrupados en 5 centros de transformación, cada uno de ellos diseñado para gestionar eficientemente la energía generada. La configuración de los Centros de Transformación se distribuye de manera que cada uno maneje una cantidad proporcional de inversores y sus respectivos *strings*, optimizando así la red de conexiones internas y minimizando las pérdidas de energía.

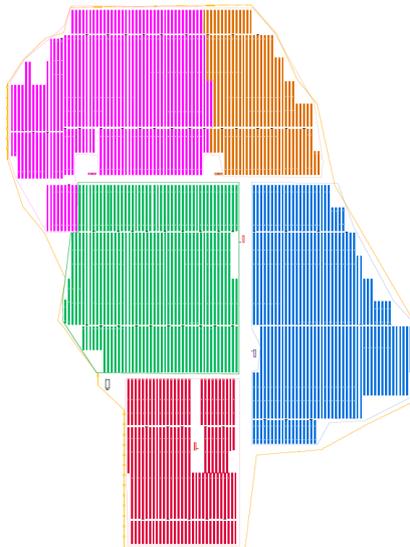


Ilustración 20. Agrupación Inversores en Centros de Transformación

De acuerdo con los inversores y módulos seleccionados, así como considerando el área disponible para la instalación, la potencia total instalada del sistema fotovoltaico es de 29,862 MWp, con una potencia nominal de 23,7 MW. Este sistema se organiza en 1.422 strings, cada uno compuesto por 30 módulos, lo que da un total de 42.660 módulos instalados.

Dado que el terreno es relativamente plano y no presenta mayores dificultades para la instalación, se han seleccionado dos tipos de estructuras de soporte para los módulos: seguidor solar tipo 1V30, que alberga un string por estructura, y la seguidor tipo 1V60, que soporta dos strings por estructura.

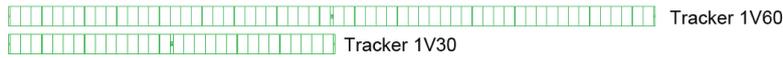


Ilustración 21. Seguidores solares 1V30 y 1V60

La configuración final de los centros de transformación queda reflejada en la tabla adjunta, donde se establece un ratio DC/AC de 1,26. En la tabla de la Ilustración 22 también se presenta el número de estructuras correspondientes a cada tipo por centro de transformación. Generalmente, se recomienda emplear PCS del mismo fabricante que los inversores. En este caso, las estaciones de transformación estandarizadas de Huawei ofrecen capacidades de 3400 kVA, 6800 kVA y 9000 kVA. La estrategia óptima sería maximizar el número de inversores por centro de transformación hasta alcanzar esas potencias.

Potencia Nominal	23700 kVA	Ratio DC/AC	1,26		
	CT 1	CT 2	CT 3	CT 4	CT 5
	20 Inv	9 Inv	20 Inv	20 Inv	10 Inv
	300 kVA				
	6000 kVA	2700 kVA	6000 kVA	6000 kVA	3000 kVA
1V30	50	28	8	42	34
1V60	155	67	176	159	73

Ilustración 22. Configuración centros de transformación

Sin embargo, como se observa en la tabla, los centros de transformación no están operando al límite de su capacidad. La configuración seleccionada incluye tres centros de 6800 kVA y dos de 3400 kVA, en lugar de optar por centros personalizados, que implicarían costes más elevados. Aunque no se alcance el máximo de potencia en cada centro, es necesario simular y configurar los centros de transformación para operar en esos niveles por motivos de seguridad y estabilidad del sistema. Finalmente la implantación resulta:



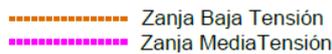
Ilustración 23. Implantación final

El siguiente paso en el diseño es el dimensionamiento de cables, tanto en el lado de corriente continua desde los strings hasta los inversores, como en el lado de corriente alterna desde los inversores hasta los centros de transformación. Además, se contempla el cableado de media tensión que transporta la energía entre los centros de transformación hasta el centro de seccionamiento y, desde ahí, la evacuación a la red.

Como parte del diseño de la obra civil, se han planificado las zanjas necesarias para alojar el cableado de la instalación fotovoltaica a gran escala. Estas zanjas están diseñadas para garantizar la adecuada protección de los cables, facilitar el mantenimiento y cumplir con las normativas de seguridad.



Ilustración 24. Trazado de zanjas baja y media tensión



El ancho y la profundidad de las zanjas varían dependiendo del número de cables y su tipo (CC, CA o MT) así como las condiciones del terreno y las necesidades de disipación térmica, como se muestra en los planos.

Para realizar el diseño de cálculo se ha desarrollado una hoja de cálculo en Excel que incorpora las normativas correspondientes, en particular:

- La *Instrucción Técnica Complementaria ITC-BT-07 del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (REBT)*, que establece los criterios para el dimensionamiento de las instalaciones en baja tensión.
- La normativa correspondiente para alta tensión, que puede ser la *Instrucción Técnica Complementaria ITC-RAT 19 del Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Instalaciones Eléctricas de Alta Tensión (RAT)*, que regula las instalaciones en el ámbito de la media y alta tensión.

Estas normativas sirven como base para garantizar que el diseño del cableado cumple con los requisitos de seguridad, capacidad de conducción de corriente, caídas de tensión permisibles y otras consideraciones técnicas importantes para una correcta operación de la instalación fotovoltaica.

El Excel se ha diseñado para realizar los cálculos necesarios con base en la normativa vigente, permitiendo dimensionar de manera adecuada cada uno de los tramos del sistema eléctrico, tanto en corriente continua como en alterna y media tensión.

En lo que respecta al cableado de corriente continua, se detalla que se emplea un cable de tipo tripolar, lo que significa que cuenta con tres conductores agrupados en un solo cable, un diseño comúnmente utilizado en instalaciones de transmisión de energía en sistemas fotovoltaicos. Los conductores del cable están hechos de cobre (Cu), un material altamente conductor que permite la transmisión eficiente de energía eléctrica con bajas pérdidas. El aislamiento es de XLPE (polietileno reticulado), un material ampliamente utilizado por su excelente resistencia térmica y mecánica, así como su capacidad para soportar condiciones

exigentes como la exposición a altas temperaturas y la humedad, lo que es crucial en instalaciones de media tensión.

CABLEADO CORRIENTE CONTINUA					
Características del CABLE		ENTERRADO/BAJO TUBO		AIRE/BANDEJAS	
Tipo	Tripolar	Instalación	Directamente Enterrada	Instalación	No Aplica
Condu x fase	1	T_terreno (°C)	40	T_ambiente (°C)	25
Conduc (+/-)	2	Resistividad (Km/W)	1,2	Tipo de Bandeja	
Material	Cu	Nº Circuitos Agrupados	8	Nº de Bandejas	
Aislamiento	XLPE	Distancia Entre Cables	0,1	Nº de Circuitos agrupados	
H1Z2Z2-K (Prysmian)		Profund. (Parte sup tubo)	1,2		

Ilustración 25. Especificaciones Cable Corriente Continua

Para la instalación enterrada o bajo tubo, se especifica que el cable estará directamente enterrado, lo que implica que estará en contacto directo con el suelo. Esto afecta directamente la disipación de calor del cable, por lo que se detalla que la temperatura del terreno será de 40°C y la resistividad térmica del terreno se estima en 1,2 Km/W. Estos valores permiten calcular la capacidad de conducción de corriente del cable, ya que el terreno influye en la capacidad del cable para disipar el calor generado por la corriente eléctrica. Además, se especifica que habrá 8 circuitos agrupados y que la distancia entre cables será de 0,1 metros, lo que indica que varios cables estarán colocados cerca unos de otros, lo que puede afectar la disipación de calor y debe ser considerado en los cálculos. La profundidad de instalación es de 1,2 metros desde la parte superior del tubo, lo que asegura una protección adecuada contra daños mecánicos y permite una disipación térmica más controlada.

Por otro lado, en la instalación en aire o bandejas, no aplica para este tipo de cable de corriente continua. Sin embargo, se indica una temperatura ambiente de 25°C, un dato que también es relevante para el cálculo de la capacidad de corriente del cable, en caso de que se considere esta opción de instalación en otras secciones del proyecto.

En el caso del cableado de corriente alterna, también se utiliza un cable tripolar, pero con conductores de aluminio (Al), en lugar de cobre. El aluminio es una opción común en sistemas de alta potencia debido a su menor peso y coste en comparación con el cobre, aunque tiene una conductividad ligeramente inferior, lo que requiere que los cables de aluminio tengan un mayor diámetro para transmitir la misma cantidad de energía. Al igual que el cable de corriente continua, el aislamiento es de XLPE, garantizando una resistencia térmica y mecánica adecuada.

CABLEADO CORRIENTE ALTERNA					
Características del CABLE		ENTERRADO/BAJO TUBO		AIRE/BANDEJAS	
Tipo	Tripolar	Instalación	Enterrada Bajo Tubo	Instalación	No Aplica
Condu x fase	1	T_terreno (°C)	40	T_ambiente (°C)	25
Conduc (+/-)	3	Resistividad (Km/W)	1,2	Tipo de Bandeja	
Material	Al	Nº Circuitos Agrupados	8	Nº de Bandejas	
Aislamiento	XLPE	Distancia Entre Cables	0,1	Nº de Circuitos agrupados	
ALXZ1(S)		Profund. (Parte sup tubo)	1,2		

Ilustración 26. Especificaciones Cableado Corriente Alterna

Las secciones de cable fueron calculadas considerando las intensidades por cada tramo, la longitud del recorrido, obteniendo la conclusión de que la sección óptima de los tramos sería 6 mm², de cable solar y 400 mm² para el cable de baja tensión de alterna. Se detalla en el anexo de cálculos tofos los factores de corrección y otros aspectos del cálculo.

La instalación de media tensión en una planta solar fotovoltaica cuenta con diversos parámetros que han sido definidos para garantizar un correcto funcionamiento y seguridad

de la infraestructura, como se muestra en la Ilustración 27. En primer lugar, la tensión nominal se establece en 30 kV, con un factor de potencia de 0,95, lo que es adecuado para minimizar pérdidas de potencia reactiva en la red y maximizar la eficiencia operativa. La temperatura del terreno y la temperatura ambiente también son factores clave; el terreno tiene una temperatura de 24,42 °C, mientras que la temperatura ambiente alcanza los 40 °C, lo cual es importante para el cálculo de la capacidad de los cables y la disipación de calor.

El tipo de cable utilizado es XLPE con conductores de aluminio, que son adecuados tanto por su buena conductividad como por su resistencia a la corrosión. Adicionalmente, se ha definido un límite de capacidad del 95% y un tiempo de cortocircuito de 1 segundo, lo que permite que el sistema soporte condiciones de sobrecorriente por un breve período sin comprometer la integridad de la instalación.

En términos de pérdidas, tanto la tensión como la potencia tienen un valor límite del 1,5%, lo cual es aceptable dentro de los márgenes permitidos para instalaciones de media tensión y refleja la eficiencia del sistema en su conjunto.

DATOS			FV PLANTA SOLAR	
Tensión nominal	30,00 kV	25,50 kV		
Factor de potencia	0,95			
Temperatura del terreno	24,420 °C	25 °C		
Temperatura ambiente	40,0 °C			
Tipo de cable	XLPE	Al		
Límite de capacidad	95%			
Tiempo cortocircuito	1,00 s			
Pérdidas				
Por la línea	Tensión	1,50%		
	Potencia	1,50%		
DIRECTAMENTE ENTERRADO				
Resistividad del terreno	1,50 Km/W			
Profundidad	1,00 m			
Separación de circuitos	0,20 m			
ENTUBADO				
Resistividad del terreno	1,50 Km/W			
Profundidad	1,50 m			
Separación de circuitos	0,40 m			
AL AIRE				
Tipo bandeja				
Nº bandejas	No Aplica			

Ilustración 27. Parámetros de diseño del sistema colector de media tensión

En cuanto al tipo de instalación, se consideran tres modalidades distintas. Para la opción de enterramiento directo, la resistividad del terreno es de 1,5 Km/W, con una profundidad de 1 m y una separación entre circuitos de 0,2 m. Si los cables van entubados, las condiciones son similares en cuanto a resistividad, pero la profundidad aumenta a 1,5 m y la separación entre circuitos se incrementa a 0,4 m, lo que sugiere una mayor protección térmica y física. Finalmente, para la opción al aire, no aplica el uso de bandejas, lo cual indica que los cables estarán expuestos directamente al ambiente sin la necesidad de sistemas adicionales de soporte o conducción.

Este conjunto de especificaciones asegura que la instalación esté preparada para operar de manera eficiente, segura y dentro de los límites técnicos y normativos. Las condiciones de instalación han sido cuidadosamente diseñadas para gestionar la disipación térmica y las pérdidas eléctricas, así como para proteger el sistema ante posibles eventos de cortocircuito.

El cable seleccionado es del tipo **RZ1-K(AS)**, que es adecuado para instalaciones de este tipo debido a su resistencia a condiciones térmicas elevadas, a la humedad, y por cumplir con los requisitos de seguridad frente a incendios.

Las secciones de cable fueron calculadas considerando las intensidades por cada tramo, la longitud del recorrido, obteniendo la conclusión de que la sección óptima de los 5 tramos sería 240 mm². Se detalla en el anexo de cálculos tofos los factores de corrección y otros aspectos del cálculo.

Finalmente, se adjunta la Ilustración 28 que resume el diseño completo de la instalación fotovoltaica. En cuanto a otros aspectos relacionados con la planta, especialmente a nivel económico, estos se describen con mayor detalle en el pliego de condiciones.

CONFIGURACIÓN DEL PROYECTO FOTOVOLTAICO	PLANTA SOLAR
Número de Módulos Fovovoltaicos	42660
Número de Módulos por String	30
Número de Inversores	79
Número de Centros de Transformación	5
Configuración Centros de Transformación	3x20 1x9 1x10
Número de Estructuras Solares	792
Configuración de las Estructuras	630 x 1V60 162 x 1V30

Ilustración 28. Configuración del proyecto fotovoltaico

PLIEGO DE CONDICIONES

DISEÑO DE UNA PLANTA SOLAR DE 29,86 MWP Y PROCESO DE LICITACIÓN PRIVADA

CONTENIDO

1	Aspectos Generales de una Oferta	49
1.1	Solicitud de Cotización	51
2	Desglose de una Oferta Fotovoltaica.....	55
3	Comparativa Proveedores.....	64
3.1	Equipos Principales	64
4	Conclusiones.....	70
4.1	Hoja de Cierre.....	70

1 ASPECTOS GENERALES DE UNA OFERTA

El presente pliego de condiciones tiene como objetivo centralizar el proyecto en el ámbito económico y definir el proceso para la realización de una oferta de esta naturaleza. Este proceso abarca desde el análisis y la gestión de la documentación hasta la solicitud de cotizaciones a fabricantes, distribuidores y subcontratistas, basada en el diseño reflejado en la memoria del proyecto. Para obtener un buen resultado, es fundamental llevar a cabo una gestión ordenada y una adecuada clasificación de las ofertas, lo que permitirá optimizar el ratio final.

En relación con dicho ratio, el primer paso es analizar y decidir qué tipo de proyecto se va a ofertar. En el caso de clientes privados, es común optar por un contrato tipo **BOS** (Balance of System), en el que la contratación incluye la ejecución completa del proyecto, excluyendo la adquisición de equipos principales como módulos, inversores y estructuras. Este tipo de contrato puede tener variantes, como el BOS Extendido, donde el contratista no suministra todos los equipos principales, sino solo algunos de ellos. En este escenario, el diseño debe ajustarse al tipo y cantidad de módulos o inversores seleccionados por el cliente.

Por otro lado, si el proyecto abarca tanto la ejecución total como la selección y configuración de los equipos a emplear, estaríamos hablando de un contrato **EPC** (Engineering, Procurement, and Construction). En este caso, el contratista asume la responsabilidad completa del diseño, la adquisición de equipos y la construcción del proyecto.

El uso de herramientas externas resulta clave para organizar grandes volúmenes de información, especialmente cuando se gestionan varios proyectos simultáneamente. En este caso, se utiliza la herramienta **OneNote**, que actúa como una especie de pizarra digital permitiendo la creación de múltiples secciones, tal como se observa en la imagen. El proyecto ha sido dividido en tres secciones principales: la información del cliente, el resumen del proyecto a diseñar, y la información relevante de los estudios.

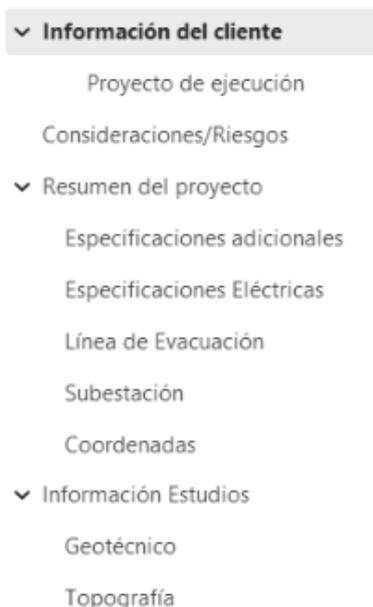


Ilustración 29: Índice OneNote (Organización del proyecto)

En la primera sección, como se muestra en la Ilustración 30, se documenta, tal como indica la Tabla 1, toda la documentación proporcionada por el cliente junto con el nombre de cada documento. Además, se registran fechas clave como los plazos para preguntas, entregas,

visitas, etc. También se incluye un resumen de los documentos que deben entregarse al cliente y una lista de control de tareas para hacer seguimiento del progreso. En una subpágina, resulta útil resumir el proyecto de ejecución entregado por el cliente, el cual suele contener especificaciones importantes que conviene tener siempre a mano. Adicionalmente, cualquier aspecto que quede fuera del alcance debido a la falta de información, como ocurre cuando el cliente no cuenta con ciertos estudios (por ejemplo, un informe geotécnico), se va anotando como exclusión en esta hoja. Estas anotaciones ayudan a generar un documento final con las consideraciones y exclusiones de la oferta.

Información del cliente

viernes, 26 de julio de 2024 13:15

DOCUMENTACIÓN DEL CLIENTE	NOMBRE DEL DOCUMENTO
<input type="checkbox"/> Fechas de plazos	
<input type="checkbox"/> Proyecto de ejecución	
<input type="checkbox"/> Documento de Mediciones	
<input type="checkbox"/> Potencia POI	
<input type="checkbox"/> LayOut General	
<input type="checkbox"/> Geotécnico	
<input type="checkbox"/> Topográfico	
<input type="checkbox"/> Hidrológico	
<input type="checkbox"/> Pull of Test (POT)	
<input type="checkbox"/> Spare Parts	
<input type="checkbox"/> Vendor List	
<input type="checkbox"/> Garantías	
<input type="checkbox"/> Mediciones Medioambientales (DIA)	

Fecha de Entrega	
Delivery	

ENTREGADOS [rev 00]	(fecha)
---------------------	---------

CENTRO DE SECCIONAMIENTO	
LÍNEA DE EVACUACIÓN	
SUBESTACIÓN	
EDIFICIO	

TAREAS LISTAS:
⇒

FECHAS RELEVANTES:
⇒

Ilustración 30: Sección Información del Cliente OneNote

La segunda sección, mostrada en la Ilustración 31, ofrece un resumen del proyecto en su conjunto. Aquí se recogen las especificaciones técnicas requeridas, las resoluciones obtenidas, imágenes y cualquier otra información adicional relevante. Esta sección sirve como una especie de "fotografía" del proyecto, proporcionando una visión clara y concisa del estado del mismo. De manera más detallada, se disponen páginas adicionales para incluir información complementaria, como especificaciones eléctricas, detalles de la línea de evacuación y subestaciones (si las hubiera), y un resumen de las coordenadas del proyecto para facilitar su localización rápida.

Resumen del proyecto

Jueves, 17 de octubre de 2024 12:59

ESPECIFICACIONES GENERALES

NOMBRE		Módulos Fotovoltaicos		Vallado	
CLIENTE					
LOCALIZACIÓN		Inversores Fotovoltaicos		CCTV	
KMZ					
TIPO DE PROYECTO		Estructuras Solares		SCADA	
PLANTA FOTOVOLTAICA					
POTENCIA PICO		Cableado		Centro de Seccionamiento	
POTENCIA NOMINAL		- SOLAR			
LINEA DE EVACUACIÓN		- BT		Edificio	
Tensión		- MT			
Tipo		- FIBRA			
SUBESTACIÓN					
Tensión					

INFORMACIÓN ADICIONAL

Ilustración 31: Sección Resumen del Proyecto OneNote

Por último, dado que los estudios suelen ser documentaciones extensas, se extraen y almacenan los fragmentos más relevantes para tenerlos a mano en esta tercera sección.

1.1 SOLICITUD DE COTIZACIÓN

En este capítulo, ya se dispone de toda la información necesaria para comenzar a solicitar precios de los diferentes aspectos que se detallan a continuación. Cada oferta incluirá no solo los precios base, sino también los costes de transporte y las garantías correspondientes. Es habitual solicitar que los precios se coticen bajo la modalidad DDP (Delivered Duty Paid), ya que, de no ser así, se deberá considerar un suplemento adicional para asegurar la entrega en el sitio de la obra.

Los Incoterms (abreviatura de International Commercial Terms) son términos utilizados en los contratos que detallan las obligaciones de cada una de las partes (exportador-vendedor e importador-comprador) a la hora de entregar las mercancías. [32]

INCOTERMS

	Embalaje y tramitación	Carga	Transporte	Trámites de exportación	Carga a bordo	Coste y flete	Descarga de buque	Trámites de importación	Transporte a destino	Descarga en destino
EXW	EXWORKS	LUGAR CONVENIDO								
FCA	FREE CARRIER	LUGAR CONVENIDO								
FAS	FREE ALONGSIDE SHIP		PUERTO DE ENVÍO							
FOB	FREE ON BOARD		PUERTO DE ENVÍO							
CFR	COST AND FREIGHT		PUERTO DE DESTINO							
CIF	COST, INSURANCE AND FREIGHT		PUERTO DE DESTINO							
CPT	COST PAID TO...		PUERTO DE DESTINO							
CIP	CARRIER AND INSURANCE PAID TO...		PUERTO DE DESTINO							
DAP	DELIVERY AT PLACE									
DPU	DELIVERY AT PLACE UNLOADED									
DDP	DELIVERY DUTY PAID									

Ilustración 32: Términos Modos de Transporte [33]

A continuación, se presentan tablas que resumen la documentación necesaria para que los fabricantes y subcontratistas puedan realizar sus ofertas. En cuanto a los datos de la planta, estos son adaptables en función del tipo de elemento a ofertar, incluyendo siempre la potencia pico y nominal, pero variando las especificaciones de los equipos principales. Para facilitar a los proveedores una comprensión clara de lo que están ofertando, se proporciona el archivo KMZ y el LayOut de la planta.

Tabla 2: Aspectos Generales para solicitar cotización de Módulos

MÓDULO FOTOVOLTAICO	
ADJUNTAR:	SOLICITAR:
Datos de la Planta	Incoterms [DDP]
Potencia Pico	Tipo de Latiguillo
Potencia Nominal	Archivo .PAN
Número de Módulos	Documentación del Equipo
Localización de la Planta (.KMZ)	

El archivo **.pan** es un formato específico que contiene la información técnica y de rendimiento de los paneles solares utilizados en el proyecto. Este archivo es fundamental para simular y analizar el comportamiento de los módulos fotovoltaicos en diferentes condiciones.

Tabla 3: Aspectos Generales para solicitar cotización de Inversores

INVERSOR FOTOVOLTAICO	
ADJUNTAR:	SOLICITAR:
Datos de la Planta	Incoterms [DDP]
Potencia Pico	Logger
Potencia Nominal	CTs
Número de Inversores	Spare Parts recomendados
Número de CTs	Archivo .ON
	Documentación del Equipo
Localización de la Planta	
Ficha Técnica del Módulo FV	
Diagrama Unifilar MT	

Por otro lado, el archivo **.ond** incluye los datos de los inversores utilizados en la planta. Al igual que el **.pan**, este formato es necesario para realizar simulaciones y estudios de rendimiento energético, proporcionando detalles técnicos sobre la capacidad, eficiencia y otros parámetros clave del inversor.

Tabla 4: Aspectos Generales para solicitar cotización de Estructura Solar

ESTRUCTURA SOLAR	
ADJUNTAR:	SOLICITAR:
Datos de la Planta	Incoterms [DDP]
Potencia Pico	Opcionales
Potencia Nominal	Documentación del Equipo
Número de Inversores	
Número de CTs	
Número y Especificaciones de las Estructuras	
Localización de la Planta (.KMZ)	
LayOut General de la planta (.CAD)	
Estudio Geotécnico	

Tabla 5: Aspectos Generales para solicitar cotización de Cableado

CABLEADO Y PEQUEÑOS MATERIALES	
ADJUNTAR:	SOLICITAR:
Datos de la Planta	Incoterms [DDP]
Potencia Pico	Catálogo de Cables
Potencia Nominal	Catálogo de otros materiales
RFQ Mediciones Cableado	
Localización de la Planta (.KMZ)	

El montaje mecánico de una instalación fotovoltaica se refiere a la instalación física de los componentes del sistema, principalmente los paneles solares y las estructuras de soporte. Este proceso incluye varias etapas importantes. La primera es la colocación de los módulos solares, que implica ensamblar y fijar los paneles sobre las estructuras, ya sea en cubiertas o directamente sobre el suelo. A esto se suma el montaje de las estructuras de soporte, donde se instalan los sistemas que sostendrán los paneles, ya sean estructuras fijas o sistemas de seguimiento solar que permiten que los módulos sigan el movimiento del sol. Además, se realiza el montaje de los equipos auxiliares, como los inversores, transformadores y otros equipos esenciales para el funcionamiento del sistema. Si la instalación es sobre suelo, también pueden incluirse tareas de cimentación, que consisten en preparar el terreno para asegurar que las estructuras estén bien ancladas y sean estables.

El montaje eléctrico abarca la interconexión de todos los componentes eléctricos del sistema fotovoltaico. En primer lugar, se realiza la conexión de los paneles solares, en la que los módulos se conectan en serie o paralelo para formar cadenas o strings que luego se conectan a los inversores. Después se lleva a cabo el cableado eléctrico, que incluye el tendido de cables de corriente continua (DC) desde los paneles hasta los inversores, y el cableado de corriente alterna (AC) desde los inversores hasta los puntos de interconexión o la red eléctrica. También forma parte del montaje la instalación de inversores y transformadores, que son fundamentales para convertir la energía de corriente continua en corriente alterna y elevar la tensión, respectivamente, para su transmisión a la red. Asimismo, se instalan los sistemas de protección, que incluyen fusibles, disyuntores, protecciones contra sobretensiones y sistemas de puesta a tierra, los cuales son esenciales para la seguridad y el correcto funcionamiento del sistema. Finalmente, en instalaciones a gran escala, el montaje eléctrico puede implicar la conexión a la red a través de subestaciones y líneas de alta tensión, lo que permite que la energía generada sea distribuida a través de la red eléctrica.

Tabla 6: Aspectos Generales para solicitar cotización de Montaje Mecánico y Eléctrico

MONTAJE MECÁNICO Y ELÉCTRICO	
ADJUNTAR:	SOLICITAR:
Datos de la Planta	Incoterms [DDP]
Potencia Pico y Nominal	
Especificaciones Equipos Ppales	
RFQ Montaje Mecánico y Eléctrico	
RFQ Zanjas	
Localización de la Planta (.KMZ)	
LayOut General de la planta (.CAD)	
Estudio Geotécnico y POT	

CCTV, siglas de "Circuito Cerrado de Televisión", es un sistema de videovigilancia que utiliza cámaras para capturar imágenes y videos en tiempo real. A diferencia de la televisión convencional, cuyas transmisiones están dirigidas al público general, el CCTV funciona en un "circuito cerrado", lo que significa que las imágenes se transmiten a un número limitado de monitores. Estas cámaras están conectadas a un sistema central que permite tanto el

monitoreo en directo como la grabación de las imágenes, ofreciendo un control más preciso y exclusivo de lo que sucede en áreas específicas. [48]

En el caso de las instalaciones fotovoltaicas, es habitual rodear todo el vallado con báculos que permitan vigilar todos los ángulos del perímetro de la instalación. Estos báculos suelen estar equipados con cámaras CCTV estratégicamente colocadas para cubrir todas las zonas críticas, lo que garantiza una vigilancia completa y constante. Además, las cámaras pueden incluir tecnología avanzada, como visión nocturna o detección de movimiento, lo que aumenta la seguridad durante las 24 horas del día.

En instalaciones fotovoltaicas, los sistemas SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) son esenciales para supervisar, controlar y adquirir datos en tiempo real. Estos sistemas combinan hardware, como controladores lógicos programables (PLC) y unidades terminales remotas (RTU), con software que permite la monitorización y control de equipos clave, como sensores y maquinaria. A través de interfaces humano-máquina (HMI), los operarios pueden supervisar y gestionar las operaciones tanto local como remotamente. Además, SCADA permite la automatización de ciertos procesos y el registro de datos para análisis posteriores, optimizando así la eficiencia y seguridad de la planta. [49]

Tabla 7: Aspectos Generales para solicitar cotización de CCTV y SCADA

CCTV Y SCADA	
ADJUNTAR:	SOLICITAR:
Datos de la Planta Potencia Pico y Nominal Especificaciones Equipos	Solución Optima Spare Parts recomendados
Especificaciones del Cliente Localización de la Planta (.KMZ) LayOut General de la planta (.CAD)	

2 DESGLOSE DE UNA OFERTA FOTOVOLTAICA

El siguiente paso tras solicitar precios es comenzar a elaborar la hoja de costes. En este capítulo, se desarrollarán las subpartidas que componen dicha hoja y se explicará el procedimiento para rellenar tanto las cantidades como los precios, basándose en las ofertas recibidas de los proveedores.

Las siguientes tablas se agrupan de manera conjunta en los anexos. No obstante, se mostrarán en diferentes apartados para especificar como es el desglose de cada una de las partidas.

Este primer apartado agrupa los elementos clave que componen la instalación fotovoltaica. Cada uno de los subapartados detalla los componentes y servicios necesarios para el montaje y funcionamiento de los sistemas fotovoltaicos, incluyendo tanto equipos como el transporte y repuestos. Es una visión general de los principales gastos de material y servicios para llevar a cabo la instalación.

Tabla 8. Hoja de Costes - 1. Suministros principales

CÓDIGO	PARTIDAS	UD	CANTIDAD	P.U (€)	COSTE TOTAL
1.	Suministros Principales				
1.1	Módulos Fovovoltaicos				
1.1.1	Suministro Módulo Fovovoltaico				
1.1.2	Transporte				
1.1.3	Ensayo de Calidad				
1.1.4	Spare Parts				
1.2	Inversores Fovovoltaicos				
1.2.1	Suministro Inversores				
1.2.2	Logger				
1.2.3	Transporte				
1.2.4	Puesta en Marcha				
1.2.5	Spare Parts				
1.3	Centro de Transformación				
1.3.1	Suministro Centro de Transformación				
1.3.2	Transporte				
1.3.3	Puesta en Marcha				
1.3.4	Spare Parts				
1.4	Estructura Soporte de Módulos				
1.4.1	Suministro Estructura Soporte				
1.4.2	Transporte				
1.4.3	Puesta en Marcha				
1.4.4	Spare Parts				

La partida de Módulos Fovovoltaicos engloba todos los costes relacionados con los paneles solares, que son el componente clave de la instalación. Se incluyen los gastos de adquisición de los módulos, el transporte de los mismos desde el proveedor hasta el lugar de instalación, los ensayos de calidad para verificar su correcto funcionamiento antes de su uso, y la compra de piezas de repuesto para cubrir posibles fallos o mantenimientos futuros. Estos elementos aseguran tanto la correcta instalación como el mantenimiento a largo plazo de los módulos solares.

El coste de adquisición de los inversores necesarios para la planta es un gasto clave en esta etapa. Además, se requiere un dispositivo logger que registra y monitorea el rendimiento de la instalación, lo cual es fundamental para realizar un mantenimiento adecuado y optimizar la operación de la planta. También hay que considerar los gastos asociados al transporte de los inversores hasta el sitio de instalación

Al igual que con los inversores, el coste del suministro del centro de transformación es un gasto importante en la planta. También deben considerarse los gastos de transporte, que cubren el traslado del centro hasta el sitio de instalación, y los costos de puesta en marcha, que incluyen la instalación y activación del equipo, asegurando que funcione correctamente. Además, el mantenimiento y la operación continua del centro requieren contar con repuestos específicos para su adecuado funcionamiento a largo plazo.

Las estructuras de soporte de los paneles solares son metálicas y necesarias para su instalación. Los costos abarcan la adquisición de las estructuras, el transporte al sitio, su montaje y la disponibilidad de repuestos para futuros mantenimientos o reparaciones.

Tabla 9. Hoja de Costes - 2. Suministros secundarios

2. Suministros Secundarios	
2.1	Suministros de Cable
2.1.1	Cable Solar
2.1.2	Cable Baja Tensión
2.1.3	Cable Media Tensión
2.1.4	Cable Puesta a Tierra
2.1.5	Cable Comunicaciones
2.2	Suministro de Conectores
2.2.1	Conectores Solares
2.2.2	Conectores Baja Tensión
2.2.3	Conectores Media Tensión
2.2.4	Conectores Puesta a Tierra
2.3	Centro de Seccionamiento

La partida de suministros de cables detalla los distintos tipos de cables necesarios para la instalación fotovoltaica y su correcta conexión. Estos cables son fundamentales para transportar la energía generada por los paneles solares y garantizar una conexión segura y eficiente en toda la instalación. Entre los cables más importantes se encuentran los cables solares, que son específicos para conectar los paneles y transmitir la energía generada; los cables de baja tensión, utilizados para transmitir corriente entre los inversores y otros equipos; y los cables de media tensión, que transportan la energía desde el sistema hacia el centro de transformación o seccionamiento. También se incluyen los cables de puesta a tierra, que aseguran que todo el sistema esté correctamente conectado a tierra, proporcionando protección contra descargas eléctricas o fallos, y los cables de comunicaciones, que son esenciales para la transmisión de datos y el control remoto de la instalación.



Ilustración 33. Cable solar y de media tensión

En cuanto al suministro de conectores, estos son fundamentales para las interconexiones entre los cables y los equipos. Los conectores garantizan que la transmisión de energía sea continua y segura. Existen conectores solares, que son específicos para conectar los paneles fotovoltaicos a otros componentes del sistema; conectores de baja tensión, que se utilizan para unir cables y equipos que operan a baja tensión; conectores de media tensión, necesarios para conexiones seguras en sistemas que manejan esta categoría de tensión; y conectores de puesta a tierra, que aseguran una conexión adecuada, garantizando la seguridad y estabilidad del sistema.



Ilustración 34. Conectores y terminales [42]

El centro de seccionamiento es un equipo opcional que permite desconectar o aislar partes de la instalación fotovoltaica cuando es necesario realizar tareas de mantenimiento o por motivos de seguridad. Este equipo es esencial si la subestación está muy lejos de la planta, para garantizar que se puedan realizar trabajos en el sistema sin el riesgo de sufrir descargas eléctricas, lo que proporciona un entorno de trabajo seguro para los técnicos.



Ilustración 35. Centro de seccionamiento tipo [41]

Tabla 10. Hoja de Costes - 3. Otros Suministros

3. Otros suministros	
3.1	Bridas
	Bridas UV 750 mm x 7,6 mm
3.2	Tubos Corrugados y Elementos de Protección
3.2.1	Tubo Corrugado UV Ø 40 mm
3.2.2	Tubo Corrugado UV Ø 63 mm
3.2.3	Tubo Corrugado UV Ø 110 mm
3.2.4	Tubo Corrugado UV Ø 200 mm
3.2.5	Manguitos para tubo Ø 40 mm
3.2.6	Manguitos para tubo Ø 63 mm
3.2.7	Manguitos para tubo Ø 110 mm
3.2.8	Manguitos para tubo Ø 200 mm
3.3	Pararrayos
	Pararrayos con punta Franklin
3.4	Hitos de Señalización
3.4.1	3M Balizas de Señalización
3.4.2	Sistema de etiquetado de Balizas

Las bridas UV son elementos de sujeción diseñados para organizar y unir cables y otros componentes de la instalación. En particular, las bridas con protección UV, de 750 mm x 7,6

mm, están preparadas para resistir la exposición solar, lo que las hace ideales para su uso en exteriores sin riesgo de deterioro.



Ilustración 36. Bridas [40]

En cuanto a los tubos corrugados y elementos de protección, estos materiales se encargan de proteger los cables y otros componentes de la instalación, asegurando su durabilidad y seguridad. Los tubos corrugados con protección UV ofrecen protección contra daños mecánicos y ambientales, como la exposición al sol y la humedad. Los manguitos correspondientes, diseñados para los mismos diámetros, permiten unir y sellar los tramos de tubos corrugados, manteniendo la continuidad en la protección de los cables.



Ilustración 37. Tubos corrugados y manguitos de empalme [38]

Los pararrayos con punta Franklin son dispositivos esenciales para proteger la instalación frente a impactos de rayos. Este sistema capta el rayo y dirige la descarga hacia el suelo, evitando daños a los equipos o personas cercanas.



Ilustración 38. Pararrayos [37]

Los hitos de señalización incluyen baliza, que se colocan alrededor de la instalación para marcar los límites y zonas de seguridad. La calidad y durabilidad de estas balizas aseguran una señalización clara y resistente. Junto a ellas, el sistema de etiquetado de balizas facilita la identificación de áreas específicas de la instalación, lo que ayuda en la gestión y el mantenimiento eficiente.



Ilustración 39. Baliza de señalización

Tabla 11. Hoja de Costes - 4. Obra Civil

4. Obra Civil	
4.1	Demoliciones
4.1.1	Demolición de edificios u otros objetos en el terreno
4.1.2	Eliminación de árboles
4.2	Movimiento de Tierras
4.2.1	Desbroce y Limpieza del Terreno
4.2.2	Desmonte
4.2.3	Terraplén
4.2.4	Transporte de tierra sobrante a zona residual
4.3	Viales
4.3.1	Excavación en cajeo 40 cm
4.3.2	Suministro, extendido y compactación de Suelo Seleccionado
4.3.3	Suministro, extendido y compactación de Zahorra Artificial
4.4	Entronques
4.4.1	Señalización
4.4.2	
4.4.3	
4.5	Cimentaciones
4.5.1	Cimentación de Centro de Transformación
4.5.2	Cimentación de Postes de CCTV
4.5.3	Cimentación de Torres Meteorológicas
4.5.4	Cimentación de Centro de Seccionamiento
4.6	Canalizaciones
4.6.1	Canalización BT Solar - hasta 20 circuitos
4.6.2	Canalización BT AC - X circuito
4.6.3	Canalización MT - X circuito
4.6.4	Canalización Hormigonada BT AC - X circuito
4.6.5	Canalización Hormigonada MT - X circuito
4.6.6	Canalización PAT
4.6.7	Canalización Auxiliar para CCTV
4.7	Arquetas
4.7.1	Arqueta 35 x 35 x 40
4.7.2	Arqueta 58 x 58 x 80
4.7.3	Arqueta 100 x 100 x 80
4.8	Vallado
4.8.1	Vallado Cinergético
4.8.2	Puerta
4.9	Drenajes
4.9.1	Cuneta
4.9.2	Cunera
4.9.3	

Las demoliciones incluyen la eliminación de edificaciones y otros objetos presentes en el terreno, así como la tala y retiro de árboles. Estas actividades permiten despejar el área para dar inicio a las siguientes fases del proyecto de construcción, asegurando un terreno limpio y sin obstrucciones.

Los movimientos de tierras abarcan una serie de operaciones destinadas a preparar y acondicionar el terreno. Primero, se realiza el desbroce y limpieza, que implica la retirada de vegetación y residuos del suelo. Posteriormente, se efectúa el desmonte, nivelando el terreno mediante la remoción de capas de tierra. Luego, se lleva a cabo el terraplén, que consiste en elevar el nivel del suelo con la adición de materiales. Por último, el transporte de tierra sobrante hacia una zona residual garantiza que los materiales no deseados sean gestionados de manera adecuada.

La construcción de viales implica la excavación del terreno hasta una profundidad de 40 cm, seguida por la extensión y compactación de suelo seleccionado, un material cuidadosamente elegido por sus propiedades de estabilidad y durabilidad. Además, se utiliza zahorra artificial, que ofrece una base sólida para las superficies de rodadura, asegurando una larga vida útil para las vías.

En los entronques, se lleva a cabo la señalización adecuada para guiar tanto a los trabajadores durante la fase de construcción como a los usuarios de las vías tras la finalización del proyecto. Esta señalización es crucial para garantizar la seguridad y el orden en las intersecciones de caminos o infraestructuras viales.

En cuanto a las cimentaciones, se desarrollan varios tipos según el componente a instalar. Las cimentaciones de los centros de transformación proporcionan una base sólida para las instalaciones eléctricas. Para los postes de CCTV y torres meteorológicas, también se implementan cimentaciones especializadas que aseguran la estabilidad y resistencia de estas estructuras. Del mismo modo, se lleva a cabo la cimentación del centro de seccionamiento, una infraestructura clave para la distribución de energía.

Las canalizaciones abarcan diversos sistemas de conducción eléctrica, como las canalizaciones de baja tensión solar, diseñadas para soportar hasta 20 circuitos, y las canalizaciones de baja tensión en corriente alterna, adaptadas para circuitos específicos. También se incluyen las canalizaciones de media tensión y las canalizaciones de hormigón tanto para baja como para media tensión, que brindan protección adicional frente a factores mecánicos y ambientales. La canalización PAT se emplea para los sistemas de puesta a tierra, mientras que las canalizaciones auxiliares se destinan a las instalaciones de CCTV, facilitando la protección de los cables de vigilancia.

Las arquetas son elementos esenciales para el acceso y mantenimiento de las infraestructuras subterráneas. Se incluyen arquetas de diferentes dimensiones diseñadas para adaptarse a las necesidades de la instalación y garantizar la accesibilidad en caso de revisiones o reparaciones.

El vallado se utiliza para delimitar áreas específicas, principalmente con el fin de controlar el acceso de animales. El vallado cinético es ideal para instalaciones situadas en entornos rurales o naturales, donde es importante mantener la seguridad sin alterar significativamente el entorno.

Los sistemas de drenaje, como las cunetas, se instalan para asegurar la correcta evacuación de aguas pluviales, evitando acumulaciones de agua que puedan dañar las infraestructuras o afectar la operatividad de las vías. Estos sistemas se colocan estratégicamente para facilitar el flujo de agua hacia zonas de recolección o dispersión.

Tabla 12. Hoja de Costes – 5/6. Montaje Mecánico y Eléctrico

5. Montaje Mecánico	
5.1 Hincado	
5.1.1	Topografía y marcado de puntos hincado directo
5.1.2	Topografía y marcado de puntos hincado pre-drilling
5.1.3	Hincado Directo
5.1.4	Pre-drilling
5.1.5	Pre-drilling Hormigonado
5.1.6	Micropilote
5.1.7	Hincado Estructura del Inversor
5.2 Montaje Estructuras	
5.2.1	Montaje de la Estructura
5.2.2	Suministro Herramientas de Montaje
5.3 Montaje Módulos Fotovoltaicos en Estructuras Soporte	
Montaje Módulos Fotovoltaicos en Estructuras Soporte	
6. Montaje Eléctrico	
6.1 Instalación Cable	
6.1.1	Cable Solar
6.1.2	Cable Baja Tensión
6.1.3	Cable Media Tensión
6.1.4	Cable Puesta a Tierra
6.1.5	Cable Comunicaciones
6.2 Conexionado	
6.2.1	Conectores Solares
6.2.2	Conectores Baja Tensión
6.2.3	Conectores Media Tensión
6.2.4	Conectores Puesta a Tierra

El montaje mecánico comienza con diversas actividades de hincado. Esto incluye la topografía y marcado de puntos para el hincado directo, que consiste en determinar los puntos exactos donde se colocarán los elementos de hincado. También se realiza la topografía y marcado de puntos para el hincado pre-drilling, una técnica que requiere perforación previa antes de hincar los elementos en el terreno. El hincado directo se refiere a la instalación de los elementos sin necesidad de pre-perforación, mientras que el pre-drilling implica perforar el suelo antes de proceder con el hincado para asegurar una instalación más precisa y estable. El pre-drilling hormigonado es un paso adicional que refuerza los orificios perforados con hormigón antes de la instalación de los elementos de hincado. Por otro lado, el micropilote se utiliza para crear cimentaciones más profundas y robustas cuando el terreno lo requiere. Finalmente, se realiza el hincado de la estructura del inversor, asegurando la correcta fijación de este componente clave en la planta fotovoltaica.

El montaje de estructuras abarca el ensamblaje y fijación de la estructura principal. Este proceso incluye el montaje de la estructura, donde se ensamblan las partes metálicas o de otro material para sostener los componentes de la instalación. También se incluye el suministro de herramientas de montaje necesarias para asegurar una instalación eficiente y precisa.

El montaje de los módulos fotovoltaicos en las estructuras de soporte es una actividad clave donde se instalan los paneles solares sobre las estructuras previamente ensambladas. Este proceso asegura que los módulos queden correctamente posicionados y asegurados para captar la mayor cantidad de radiación solar posible.

Por otro lado, el montaje eléctrico incluye la instalación de diferentes tipos de cables. Esto abarca el cableado solar, que transporta la energía generada por los paneles, así como los cables de baja y media tensión, que distribuyen la energía dentro de la instalación. Se incluyen también los cables de puesta a tierra, que garantizan la seguridad del sistema, y los cables de comunicaciones, esenciales para la monitorización y control de los equipos instalados.

Finalmente, el conexionado cubre la instalación de conectores específicos para diferentes partes del sistema. Se incluyen los conectores solares, diseñados para unir los cables que transportan la energía generada por los paneles, así como los conectores de baja y media tensión, que conectan los cables de distribución eléctrica. También se instalan conectores de puesta a tierra, que aseguran la correcta conexión del sistema de protección contra descargas eléctricas.

Tabla 13. Hoja de Costes - 7/8/9. Sistema de seguridad y monitorización y estudios previos

7. Sistema de Seguridad	
	CCTV

8. Sistema de Control y Monitorización	
8.1	SCADA
8.2	Meteo

9. Estudios Previos e Ingeniería	
9.1	Estudio Geotécnico
9.2	Estudio Hidrológico
9.3	Estudio Topográfico
9.4	Ingeniería de Detalle
9.5	Estudios Eléctricos
9.6	As-Builts

El sistema de seguridad está compuesto por un sistema de CCTV, que garantiza la vigilancia continua del área mediante cámaras estratégicamente posicionadas. Este sistema permite el monitoreo en tiempo real de la instalación, proporcionando un nivel adicional de seguridad tanto para el equipo como para el personal.



Ilustración 40. Tipos de cámara para CCTV [39]

El sistema de control y monitorización incluye un sistema, encargado de supervisar y controlar los procesos operativos de la instalación, permitiendo la gestión remota y automática de los equipos. Adicionalmente, se incorpora el sistema Meteo, diseñado para monitorizar las condiciones meteorológicas, lo que es fundamental para ajustar las operaciones en función de factores climáticos que puedan influir en la eficiencia y seguridad de la instalación.

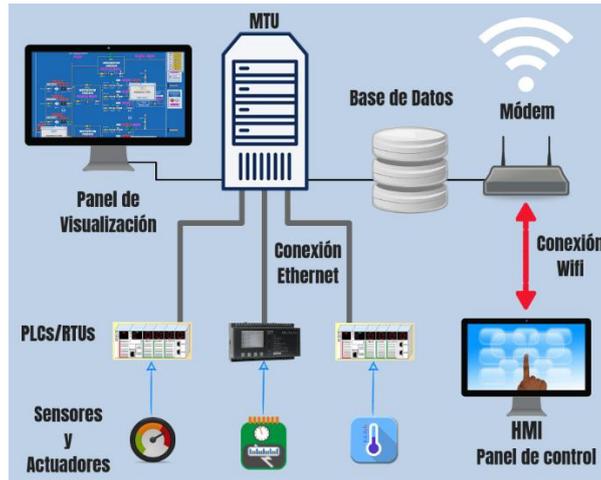


Ilustración 41. SCADA [49]



Ilustración 42. Torre Meteorológica [43]

En cuanto a los estudios previos e ingeniería, se realiza un estudio geotécnico para analizar las características del suelo y su capacidad de soporte, garantizando una cimentación adecuada. El estudio hidrológico evalúa el comportamiento del agua en el sitio, incluyendo el drenaje y posibles riesgos de inundación. El estudio topográfico proporciona un análisis detallado de la superficie del terreno, permitiendo una planificación precisa de la obra. La ingeniería de detalle desarrolla planos y especificaciones técnicas esenciales para la ejecución del proyecto. Los estudios eléctricos aseguran que la infraestructura eléctrica cumpla con los estándares de seguridad y rendimiento. Finalmente, los planos As-Built recopilan y documentan cualquier modificación o ajuste realizado durante la construcción, asegurando que los registros finales reflejen con exactitud el estado real de la obra.

3 COMPARATIVA PROVEEDORES

3.1 EQUIPOS PRINCIPALES

A la hora de seleccionar los equipos para una instalación solar, hay varios factores que influyen en la decisión, como las especificaciones técnicas que requiere el cliente. No obstante, se muestra a continuación un comparativo de algunos aspectos de este tipo de instalaciones que fundamenta la decisión de estos.

En lo que respecta a los **módulos solares**, es común que la *vendor list* de los clientes se base en fabricantes clasificados en la Tier 1. Esta lista, ampliamente reconocida en la industria solar, es publicada regularmente por Bloomberg New Energy Finance (BNEF) y se utiliza para evaluar la fiabilidad y reputación de los fabricantes.

La clasificación Tier 1 no se basa únicamente en aspectos económicos o en el volumen de ventas, sino que se apoya en estrictos criterios, como la estabilidad financiera, un sólido historial de producción en masa, y haber sido seleccionados como proveedores en grandes proyectos financiados sin recurso, donde la viabilidad del proyecto juega un papel esencial. Esta clasificación es muy respetada en la industria, ya que ayuda a desarrolladores y entidades financieras a elegir proveedores confiables para sus proyectos. [44]



Ilustración 43: Comparativa Proveedores de Paneles Solares

La Ilustración 43 muestra un gráfico que refleja la capacidad de producción de los principales fabricantes de paneles solares de la lista Tier 1, con un claro predominio de algunos fabricantes chinos. Empresas como Longi Green, JA Solar y Trina Solar destacan por su significativa participación, superando en conjunto a la mayoría de sus competidores. Esta concentración del mercado en fabricantes chinos evidencia su poder en la producción global de paneles solares.

La Tabla 14 muestra una tabla comparativa de fabricantes de módulos solares, facilitando la selección de equipos en función de la tecnología y rango de potencia que ofrecen. No solo se basa en la clasificación **TIER 1**, sino que esta hoja Excel incluye una comparativa detallada de las **tecnologías** utilizadas por cada fabricante, lo que hace más fácil tomar una decisión informada. Esta tabla es solo un extracto de una lista más extensa, que se incluye completa en los anexos para una mayor profundidad.

Tabla 14: Comparativa Módulos según su tecnología

EMPRESA	WEB	FDS	TIPO	TECNOLOGÍA		RANGO	.PAN	MANUAL	CERTIF.
3SUN	web	Fabricante	Módulos	CORE-H	Bifacial	640-680 W	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
AE SOLAR	web	Fabricante	Módulos	NTypeHJT	Bifacial	630-650W	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
AE SOLAR	web	Fabricante	Módulos	PTypePERC	Monofacial	640-660W	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
AE SOLAR	web	Fabricante	Módulos	PTypePERC	Bifacial	640-660W	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
AE SOLAR	web	Fabricante	Módulos	NTypeTOPCon	Monofacial	680-700W	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
AE SOLAR	web	Fabricante	Módulos	NTypeTOPCon	Bifacial	680-700W	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
AE SOLAR	web	Fabricante	Módulos	NTypeHJT	Bifacial	700-720 W	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
ASTRONERGY	web	Fabricante	Módulos	NTypeTOPCon	Monofacial	580-600W	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
ASTRONERGY	web	Fabricante	Módulos	NTypeTOPCon	Bifacial	580-600W	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
ASTRONERGY	web	Fabricante	Módulos	NTypeTOPCon	Bifacial	605-625W	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
CANADIAN SOLAR	web	Fabricante	Módulos	NTypeTOPCon	Bifacial	600-630W	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
CANADIAN SOLAR	web	Fabricante	Módulos	NTypeTOPCon	Bifacial	620-650W	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
CANADIAN SOLAR	web	Fabricante	Módulos	PTypePERC	Bifacial	640-670W	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
CANADIAN SOLAR	web	Fabricante	Módulos	PTypePERC	Monofacial	645-675W	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
CANADIAN SOLAR	web	Fabricante	Módulos	NTypeTOPCon	Bifacial	690-720W	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
GRUPO EXIOM	web	Fabricante	Módulos	PTypePERC	Monofacial	540-560W	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

En la columna de “Rango”, se puede ver un enlace directo a los catálogos de cada equipo, lo que permite acceder rápidamente a la documentación técnica de los módulos. Además, se incluyen tres columnas adicionales destinadas a controlar la documentación esencial: el .PAN (archivo de parámetros eléctricos del módulo), el Manual del equipo, y los Certificados necesarios. Esta información es fundamental para la correcta implementación y uso del módulo, y la proporciona el fabricante para garantizar el cumplimiento de los estándares y un mejor rendimiento en los proyectos fotovoltaicos.

En cuanto a los inversores, se presenta un comparativo enfocado a los inversores string pues son los más utilizados en el mercado actual. Wood Mackenzie, una empresa global de conocimiento sobre recursos renovables, energía y recursos naturales, ha realizado bastantes estudios y análisis del mercado. Actualmente lideran el mercado Huawei y Sungrow, gracias a su eficiencia y variedad de configuraciones son los más empleados.

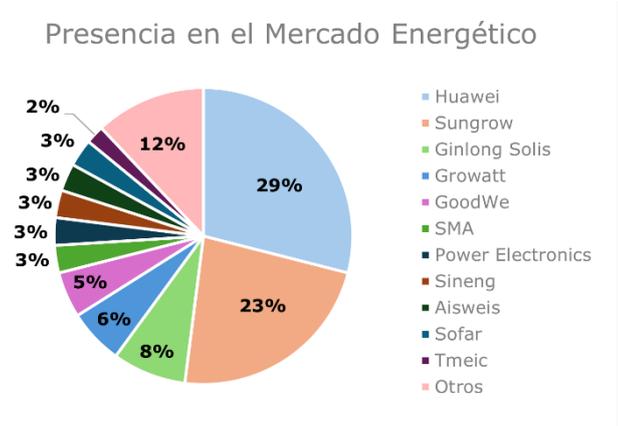


Ilustración 44: Comparativa proveedores de Inversores

Se ha realizado también un comparativo de las tecnologías de los inversores, considerando tanto el número de MPPT como su potencia nominal. Además de los inversores string, se incluyen algunas PCS (Power Conversion Systems), ya que es común que los fabricantes de inversores también ofrezcan centros de configuración normalizados. Por esta razón, en la Tabla 3 se muestra la solicitud de cotización relacionada con la configuración de los CT (centros de transformación).

En la Tabla 15, se han añadido hipervínculos que enlazan directamente con los catálogos de cada equipo, lo que facilita la consulta rápida de sus especificaciones. Además, se han incluido columnas específicas para registrar la disposición de documentos clave como el

archivo .OND, los Manuales y los Certificados, garantizando que toda la documentación técnica esté fácilmente disponible para una correcta evaluación y cumplimiento normativo.

Tabla 15: Comparativa Inversores según su tecnología

EMPRESA	WEB	FDS	TIPO	MODELO	MPPT	POTENCIA	OND	MANUAL	CERTIF.
GOODWE	web	Fabricante	Inversor string	GW320K-UT	12	320KVA @40°C	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
GOODWE	web	Fabricante	Inversor string	GW320KH-UT	12	320KVA @40°C	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
GOODWE	web	Fabricante	Inversor string	GW350K-UT	15	352KVA @40°C	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
GOODWE	web	Fabricante	Inversor string	GW350KH-UT	12	352KVA @40°C	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
HUAWEI	web	Fabricante	Inversor string	SUN2000-330KTL-H1	6	300 kVA @ 40 °C	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
HUAWEI	web	Fabricante	PCS	STS-3000K-H1		3400 KVA @40°C	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
HUAWEI	web	Fabricante	PCS	STS-6000K-H1		6800 KVA @40°C	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
HUAWEI	web	Fabricante	PCS	STS-9000K-H2			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
INGETTEAM	web	Fabricante	Inversor string	330TL M12	12	330 KVA @40°C	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
INGETTEAM	web	Fabricante	Inversor string	350TL M12	12	346 KVA @40°C	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
SINENG	web	Fabricante	Inversor string	SP-350K-H1	12	320kW@40°C	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
SUNGROW	web	Fabricante	Inversor string	SG350HX-20	6	320 kVA @ 40 °C	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
SUNGROW	web	Fabricante	Inversor string	SG350HX	16	320 kVA @ 40 °C	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
SUNGROW	web	Fabricante	PCS (SG350HX)	MVS3200/4480-LV		3200 KVA @ 40 °C	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
SUNGROW	web	Fabricante	PCS (SG350HX)	MVS6400-LV		6400 KVA @ 40 °C	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MEINS CONSULTING S.L	web	Distribuidor	Inversor string	Sungrow			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
TBEA	web	Fabricante	Inversor string	TS330KTL-HV-C1	6	330kW @40°C	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
TBEA	web	Fabricante	PCS	TS3000KT-EL-3		3300 KVA @40°C	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
TBEA	web	Fabricante	PCS	TS6000KT-EL-3		6600 KVA @40°C	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
TBEA	web	Fabricante	PCS	TS9000KT-EL-3		9240 KVA @40°C	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
GROWATT	web	Fabricante	Inversor string	MAX 120KTL3-X LV	10	120 KVA @40°C	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
GROWATT	web	Fabricante	Inversor string	MAX 125KTL3-X LV	10	125 KVA @40°C	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
ZIGOR	web	Fabricante	Inversor string	ZGR SOLAR STR 200	12	200 kW @40 °C	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
ZIGOR	web	Fabricante	Inversor string	ZGR SOLAR STR 250	12	200 kW @40 °C	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
SMA	web	Fabricante	Inversor string	Sunny Tripower CORE2	12	110 KVA @40°C	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
CANADIAN	web	Fabricante	Inversor string	CSI-333K-T800 1A-E	12	333KVA@40°C	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
CANADIAN	web	Fabricante	Inversor string	CSI-333K-T800 1B-E	16	333KVA@40°C	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

En cuanto a las estructuras, al elegir proveedores es crucial tener una visión global de aquellos que fabrican estructuras fijas, seguidores solares o ambas, y conocer qué configuraciones ofrecen. Para facilitar esta selección, en el comparativo de estructuristas se ha añadido una columna específica que indica si las estructuras ofertadas permiten personalización según la configuración del proyecto.

Además, aunque es difícil obtener esta información con precisión, se ha incluido una columna de MW Ofertados. Esta columna tiene como objetivo registrar la capacidad que tienen los estructuristas para suministrar equipos, lo cual es especialmente útil a la hora de clasificar a los proveedores en proyectos de gran escala. Esto permite identificar qué empresas tienen la capacidad y disponibilidad necesarias para llevar a cabo proyectos de gran envergadura, asegurando que se seleccionen los proveedores adecuados para cada etapa del desarrollo del proyecto fotovoltaico.

Tabla 16: Comparativo Estructuras según su tecnología

EMPRESA	WEB	FDS	TIPO	CONFIGURACIÓN	PERSONALIZABLE	MW OFERTADOS
ADIWAT	web	Fabricante	Estructura Fija	2VMP	<input type="checkbox"/>	
ADIWAT	web	Fabricante	Estructura Fija	2VBP	<input type="checkbox"/>	
ADIWAT	web	Fabricante	Estructura Fija	3VBP	<input type="checkbox"/>	
ADIWAT	web	Fabricante	Estructura Fija	4HBP	<input type="checkbox"/>	
ADIWAT	web	Fabricante	Estructura Fija	6HBP	<input type="checkbox"/>	
ANTAI SOLAR	web	Fabricante	Estructura Fija		<input type="checkbox"/>	
ARCTECH SOLAR	web	Fabricante	Seguidor Solar	1V	<input type="checkbox"/>	
ARCTECH SOLAR	web	Fabricante	Seguidor Solar	2V	<input type="checkbox"/>	
ARCTECH SOLAR	web	Fabricante	Estructura Fija	1HMP	<input type="checkbox"/>	
ARCTECH SOLAR	web	Fabricante	Estructura Fija	1VMP	<input type="checkbox"/>	
ARCTECH SOLAR	web	Fabricante	Estructura Fija	2HBP	<input type="checkbox"/>	
ARCTECH SOLAR	web	Fabricante	Estructura Fija	2VBP	<input type="checkbox"/>	
ARCTECH SOLAR	web	Fabricante	Estructura Fija	Ajustable 10-60°	<input type="checkbox"/>	
ARRAY TECHINC	web	Fabricante	Seguidor Solar	2 x 1V	<input type="checkbox"/>	
ARRAY TECHINC	web	Fabricante	Seguidor Solar	1V	<input type="checkbox"/>	
AXIAL	web	Fabricante	Estructura Fija	2VMP 3VMP 4HMP	<input type="checkbox"/>	
AXIAL	web	Fabricante	Seguidor Solar	Clearance 5.5m	<input type="checkbox"/>	
AXIAL	web	Fabricante	Seguidor Solar	2 x 1V	<input type="checkbox"/>	
AXIAL	web	Fabricante	Seguidor Solar	2V	<input type="checkbox"/>	
AXIAL	web	Fabricante	Seguidor Solar	Adapt. al terreno	<input type="checkbox"/>	
BRAUX	web	Fabricante	Seguidor Solar	1V	<input type="checkbox"/>	
BRAUX	web	Fabricante	Seguidor Solar	2 x 1V	<input type="checkbox"/>	
BRAUX	web	Fabricante	Estructura Fija	1/2/3VMP/BP	<input type="checkbox"/>	
BRAUX	web	Fabricante	Estructura Fija	3/4/5/6HMP/BP	<input type="checkbox"/>	
ERCAM	web	Fabricante	Seguidor Solar	1V	<input type="checkbox"/>	
ERCAM	web	Fabricante	Seguidor Solar	2V	<input type="checkbox"/>	
ERCAM	web	Fabricante	Seguidor Solar	3H	<input type="checkbox"/>	
ERCAM	web	Fabricante	Estructura Fija	2V/HMP	<input type="checkbox"/>	
ERCAM	web	Fabricante	Estructura Fija	2V/HBP	<input type="checkbox"/>	
ESASOLAR	web	Fabricante	Estructura Fija	1/2/3VMP/BP	<input type="checkbox"/>	
ESASOLAR	web	Fabricante	Estructura Fija	2/3/4H MP/BP	<input type="checkbox"/>	

Al igual que el comparativo de módulos, esta tabla es solo un extracto de una lista más extensa, que se incluye completa en los anexos para una mayor profundidad.

Ante una comparativa de proveedores de cables, diferenciando entre fabricantes y distribuidores, se debe tener en cuenta las distintas categorías de productos que ofrecen. Las columnas indican si cada proveedor ofrece cables para solar, baja tensión (BT), media tensión (MT), fibra óptica, o cables para puesta a tierra (PAT).

Tabla 17: Comparativa de Cables según su tecnología

EMPRESA	WEB	FDS	SOLAR	BT	MT	FIBRA	PAT
ASCABLE-REACEL	web	Fabricante	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
CABELTE	web	Fabricante	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
COMAPLE	web	Fabricante	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
COMEL	web	Fabricante	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
EUROCABOS	web	Fabricante	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
FIBERLEN	web	Fabricante	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
GENERAL CABLE	web	Fabricante	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
IBK CABLES	web	Fabricante	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
LAPP POLICABOS	web	Fabricante	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
LAZSA	web	Fabricante	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MACINFOR	web	Distribuidor	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MIGUELEZ	web	Fabricante	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
NEXANS	web	Fabricante	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
NILED	web	Fabricante	<input type="checkbox"/>				
PRYSMIAN	web	Fabricante	<input checked="" type="checkbox"/>				
RTC	web	Fabricante	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
SELT	web	Fabricante	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
SOLENCABLE	web	Fabricante	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
SUMCAB	web	Fabricante	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
TECNICABLE	web	Distribuidor	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
TECNOHM	web	Distribuidor	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
TOPCABLE	web	Fabricante	<input checked="" type="checkbox"/>				

Esta tabla permite identificar rápidamente qué proveedores cubren necesidades específicas según el tipo de cableado requerido para el proyecto. Por ejemplo, se puede observar que algunos fabricantes, como ASCABLE-REACEL, ofrecen cables para sistemas solares y de puesta a tierra, mientras que otros, como PRYSMIAN, abarcan una mayor gama de productos, incluyendo media tensión. Asimismo, hay distribuidores como MACINFOR que se especializan en la distribución de múltiples tipos de cables.

Esta comparación facilita la selección de proveedores según los requisitos técnicos del proyecto, permitiendo a los usuarios escoger de manera más eficiente el proveedor adecuado para cada tipo de instalación.

Tabla 18: Comparativa de Pequeños Materiales

EMPRESA	WEB	FDS	TIPO
CELLPACK	web	Fabricante	Conectores eléctricos
COMEL	web	Fabricante	Conectores eléctricos
IBK CABLES	web	Fabricante	Tubos UV o Corrugados
NILED	web	Fabricante	Conectores eléctricos
NILED	web	Fabricante	Harness
PRYSMIAN	web	Fabricante	Conectores eléctricos
SOFAMEL	web	Fabricante	Tubos UV o Corrugados
JURCHEN	web	Fabricante	Harnesses
AQUATUBO	web	Fabricante	Tubos UV o Corrugados
CEMBRE	web	Fabricante	Tubos UV o Corrugados
FUTURA SYSTEM	web	Fabricante	Tubos UV o Corrugados
HELLERMANN TYTON	web	Fabricante	Tubos UV o Corrugados
LAYEGAS	web	Fabricante	Tubos UV o Corrugados
SANIPLAST	web	Fabricante	Tubos UV o Corrugados
SANIPLAST	web	Fabricante	Arquetas
SONESUR	web	Distribuidor	Tubos UV o Corrugados
TUPERSA	web	Fabricante	Tubos UV o Corrugados
AMARANCERO	web	Distribuidor	Pequeños Materiales
ELECTROFIL	web	Distribuidor	Pequeños Materiales

En cuanto al vallado, no es necesario realizar una comparación detallada de las distintas tipologías, ya que es común que todos los proveedores dispongan diversos tipos de malla.

A continuación, se presentan algunos proveedores de sistemas de vallado. El tipo más utilizado es el vallado cinético o de simple torsión, ya que ofrece una combinación adecuada de resistencia y flexibilidad, ideal para su uso en áreas rurales y de protección de espacios naturales o agrícolas.

Tabla 19: Comparativa de Vallados

EMPRESA	WEB	FDS	TIPO
MARBER CERRAMIENTOS	web	Fabricante	Vallado
RIVISA	web	Fabricante	Vallado
CERCADOS LA BARRERA	web	Fabricante	Vallado
INVERAMEL	web	Fabricante	Vallado
CERRAMIENTOSY MALLAS	web	Fabricante	Vallado
CERCADOS Y VALLADOS	web	Fabricante	Vallado
VAME	web	Fabricante	Vallado

En la Tabla 20 y la Tabla 21 se presenta un listado de proveedores para el montaje de la instalación. Dado que es complicado clasificar las actividades específicas que realiza cada uno de ellos, lo más habitual es solicitar una cotización general que incluya todos los trabajos requeridos. De este modo, los proveedores pueden ofertar los servicios en los que tengan experiencia o capacidad para llevar a cabo, permitiendo una mejor comparación y selección en función de sus competencias y disponibilidad.

Tabla 20: Comparativa Montaje Mecánico

EMPRESA	WEB	FDS	TIPO
MELEGA	web	Subcontrata	Montaje eléctrico
ELETON	web	Subcontrata	Montaje eléctrico
ELESTROLUZ ANDÉVALO	web	Subcontrata	Montaje eléctrico
BETELING	web	Subcontrata	Montaje eléctrico
BRELEC	web	Subcontrata	Montaje eléctrico
IGF	web	Subcontrata	Montaje eléctrico
JESUS BÁRCENAS GRUPO	web	Subcontrata	Montaje eléctrico
PROMIT	web	Subcontrata	Montaje eléctrico
JIMÉNEZ ENERGÍAS	web	Subcontrata	Montaje eléctrico
RENOSOLAR	web	Subcontrata	Montaje eléctrico
SOLARTEC	web	Subcontrata	Montaje eléctrico

Tabla 21: Comparativa Montaje Eléctrico

EMPRESA	WEB	FDS	TIPO
AUTOLAMI	web	Subcontrata	Montaje mecánico
BRELEC	web	Subcontrata	Montaje mecánico
EXTRUSOL	web	Subcontrata	Montaje mecánico
GRUPO DIAL	web	Subcontrata	Montaje mecánico
GRUPO STIN	web	Subcontrata	Montaje mecánico
IBERICA RENOVABLES	web	Subcontrata	Montaje mecánico
MARACOF	web	Subcontrata	Montaje mecánico
MD CAPITAL CONSTRUCT, S.L	web	Subcontrata	Montaje mecánico
MOFER SOLAR	web	Subcontrata	Montaje mecánico
SITE&FIELDS	web	Subcontrata	Montaje mecánico
TILSECO	web	Subcontrata	Montaje mecánico
VOLADURAS CARTHAGO, S.L.	web	Subcontrata	Montaje mecánico
SOLARTEC	web	Subcontrata	Montaje mecánico

4 CONCLUSIONES

En este último capítulo del pliego de condiciones, nos adentraremos en la preparación de la oferta para participar en la licitación. El objetivo es detallar cómo se cotizan las distintas partidas del proyecto, que ya han sido analizadas previamente, y cómo se estiman cuando es necesario. Esto es crucial, ya que en muchos casos, las mediciones no son definitivas en esta etapa y deben estimarse con base en datos preliminares para poder solicitar cotizaciones.

Es fundamental aclarar que los proveedores no suelen ofrecer precios globales o simplificados para los equipos; lo más común es que desglosen las partidas en componentes más específicos. De este modo, se pueden cotizar las subpartidas de los distintos proveedores, lo que permite realizar un análisis comparativo detallado. Este proceso de descomposición y análisis es clave para optimizar la oferta y avanzar en las distintas etapas de la licitación, hasta llegar a la adjudicación final de la obra. Además, contar con un comparativo adecuado garantiza no solo competitividad en precio, sino también calidad y viabilidad técnica en las propuestas.

4.1 HOJA DE CIERRE

Comenzamos por los suministros principales, los cuales representan aproximadamente entre el 60% y 70% del total de la oferta. Como se puede observar en la imagen, es habitual solicitar precios tanto de los módulos fotovoltaicos como de las estructuras asociadas, en lugar de cotizar por unidades de potencia (Wp) de la planta solar. En el caso del paquete de conversión de energía, compuesto por los inversores y los centros de transformación, suele ser suministrado por el mismo fabricante, especialmente en plantas de mayor capacidad, donde las potencias se ajustan a rangos específicos del mercado. Sin embargo, cuando se trata de centros de transformación personalizados o de plantas con menor potencia pico, es necesario solicitar cotizaciones a distribuidores, lo que puede incrementar ligeramente el precio debido a la personalización y menor escala de fabricación.

CÓDIGO	PARTIDAS	UD	CANTIDAD	P.U (€)	COSTE TOTAL
1.	Suministros Principales				7.142.028,15 €
1.1	Módulos Fotovoltaicos				3.451.727,24 €
1.1.1	Suministro Módulo Fotovoltaico CANADIAN 700Wp	Wp	29.862.000,00	0,101 €	3.016.062,00 €
1.1.2	Transporte	Wp	29.862.000,00	0,012 €	358.344,00 €
1.1.3	Ensayo de Calidad	ud	1,00	17.000,00 €	17.000,00 €
1.1.4	Spare Parts	Wp	597.240,00	0,10 €	60.321,24 €
1.2	Inversores Fotovoltaicos				640.420,00 €
1.2.1	Suministro Inversores HUAWEI 300kW	ud	79,00	6.500,00 €	513.500,00 €
1.2.2	Logger	ud	5,00	4.560,00 €	22.800,00 €
1.2.3	Transporte	ud	1,00	INCLUIDO	
1.2.4	Puesta en Marcha	ud	1,00	120,00 €	120,00 €
1.2.5	Spare Parts	ud	16,00	6.500,00 €	104.000,00 €
1.3	Centro de Transformación				903.750,00 €
1.3.1	Suministro Centro de Transformación 6800 kVA@40°C	ud	3,00	160.000,00 €	480.000,00 €
1.3.2	Suministro Centro de Transformación 3400 kVA@40°C	ud	2,00	130.000,00 €	260.000,00 €
1.3.3	Transporte	ud	5,00	INCLUIDO	
1.3.4	Puesta en Marcha	ud	5,00	750,00 €	3.750,00 €
1.3.5	Spare Parts	ud	1,00	160.000,00 €	160.000,00 €
1.4	Estructura Soporte de Módulos				2.146.130,91 €
1.4.1	Suministro Estructura Soporte - Seguidor Solar 1V60	Wp	26.460.000,00	0,0698 €	1.846.908,00 €
1.4.2	Suministro Estructura Soporte - Seguidor Solar 1V30	Wp	3.402.000,00	0,0607 €	206.501,40 €
1.4.3	Transporte	Wp	29.862.000,00	0,0018 €	53.751,60 €
1.4.4	Puesta en Marcha	Wp	29.862.000,00	INCLUIDO	
1.4.5	Spare Parts	Wp	597.240,00	0,0653 €	38.969,91 €

De forma aproximada, haciendo un cálculo rápido, el precio de un panel fotovoltaico, incluyendo todos los elementos asociados, se estima entre 61 y 65 euros. Un inversor típico tiene un coste cercano a los 7.000 euros, mientras que un centro de transformación varía entre 120.000 y 160.000 euros, dependiendo de la potencia específica del transformador. Estas cifras son indicativas y pueden fluctuar según las condiciones del mercado y las particularidades del proyecto.

A continuación, pasamos a los suministros secundarios, que incluyen el cableado de toda la planta y los conectores. Tal como se detalló en el capítulo 6 de la memoria del proyecto, el cálculo de los sistemas de baja y media tensión se realiza de manera exhaustiva. Sin embargo, en una fase de ingeniería básica, como la que se lleva a cabo en la etapa de oferta, el cálculo de otros sistemas como el cableado de puesta a tierra, las comunicaciones (por ejemplo, el cableado de fibra óptica) o los sistemas de cámaras de seguridad, se realiza con criterios más flexibles. Esto permite obtener estimaciones razonables y consideraciones preliminares sobre las mediciones, sin llegar al nivel de precisión que se requiere en fases posteriores del proyecto.

CÓDIGO	PARTIDAS	UD	CANTIDAD	P.U (€)	COSTE TOTAL
2.	Suministros Secundarios				579.173,96 €
2.1	Suministros de Cable				500.925,76 €
2.1.1	Cable Solar H1Z2Z2-K 6mm2	m	108.440,00	0,71 €	76.992,40 €
2.1.2	Cable Baja Tensión XZ1 400 mm2	m	51.609,00	5,76 €	297.267,84 €
2.1.3	Cable Media Tensión RH5Z1 240mm2	m	3.227,03	8,63 €	27.849,27 €
2.1.4	Cable Media Tensión RH5Z1 400mm2	m	2.794,33	10,92 €	30.514,08 €
2.1.6	Cable Puesta a Tierra 16 mm2 A/V	m	303,00	1,69 €	512,07 €
2.1.7	Cable Puesta a Tierra 25 mm2 A/V	m	79,00	2,58 €	203,82 €
2.1.8	Cable Puesta a Tierra desnudo 35 mm2	m	8.127,00	3,50 €	28.444,50 €
2.1.9	Cable Puesta a Tierra desnudo 50 mm2	m	200,00	4,89 €	978,00 €
2.1.10	Cable Comunicaciones Fibra óptica monomodo 12 hilos	m	2.007,12	7,22 €	14.491,41 €
2.1.11	Cable Alimentación cámaras CCTV 3G 6mm2	m	2.879,85	8,22 €	23.672,37 €
2.2	Suministro de Conectores				18.621,20 €
2.2.1	Conectores Solares MC4 Macho	ud	2.708,00	0,90 €	2.437,20 €
2.2.2	Conectores Solares MC4 Hembra	ud	2.708,00	1,00 €	2.708,00 €
2.2.3	Conectores Baja Tensión Bimetálicos 400 mm2	ud	474,00	21,00 €	9.954,00 €
2.2.4	Conectores Media Tensión - Tipo C 240 mm2	ud	24,00	102,00 €	2.448,00 €
2.2.5	Conectores Media Tensión - Tipo C 400 mm2	ud	6,00	137,00 €	822,00 €
2.2.6	Conectores Media Tensión - Empalme 400 mm2	ud	3,00	84,00 €	252,00 €
2.3	Centro de Seccionamiento				59.627,00 €
	Suministro e instalación del centro de seccionamiento	ud	1,00	59.627,00 €	59.627,00 €

En instalaciones de este tipo, es importante comentar el uso adecuado de las secciones del cableado de puesta a tierra. El cable de 16 mm² (A/V) se emplea para la puesta a tierra de dos estructuras conectadas en serie, las cuales a su vez conectan sus strings en serie. Este cable de 16 mm² desciende hasta la hinca, donde se utiliza un cable de mayor sección, de 25 mm², hasta la zanja para la puesta a tierra principal. La sección de 25 mm² también se utiliza para la puesta a tierra de los inversores, con una longitud aproximada de 1 metro por inversor, que corresponde a la distancia desde el inversor hasta la bajada en la hinca, y llega también a la zanja.

En el caso de las torres meteorológicas, se utilizan igualmente cables de 25 mm² para la puesta a tierra, bien mediante 3 picas con sus correspondientes grapas o, en su defecto, conectando directamente a la malla general. Esta conexión a la malla se realiza mediante un crimpado que permite el cambio de sección, dado que en España la malla general suele ser de 50 mm².

Las secciones de cable mayores, como las de 35 mm², se reservan para la puesta a tierra de otros elementos importantes como el vallado perimetral (con una pica cada 40 o 50 metros), los anemómetros, o los postes de CCTV, que siguen un procedimiento similar al de las torres meteorológicas para su puesta a tierra.

Por último cable desnudo de 50 mm², necesario para la puesta a tierra de cada centro de transformación, con cuatro picas formando una malla alrededor de su perímetro, conectado a su vez a la malla general.

En el caso de los conectores, su contabilización es más sencilla. Los conectores solares MC4 se cuentan en pares (un macho y una hembra), y se necesitan tantas parejas como "strings" haya en el proyecto, ya que son utilizados para conectar los paneles en serie.

Por otro lado, los terminales bimetálicos para los cables de corriente alterna, que es trifásica, se requieren uno por fase, lo que significa que se necesitan 6 terminales por inversor, considerando tanto la entrada como la salida del mismo.

Para los conectores de media tensión, también se necesitan tres por circuito, ya que la conexión sigue siendo trifásica. Estos conectores son esenciales tanto para la entrada como para la salida de los circuitos a las celdas de media tensión, por lo que se estiman en función del número de conexiones entre los centros de transformación y el centro de seccionamiento. En caso de que la conexión sea a una subestación en lugar de un centro de seccionamiento, el cálculo de los conectores sigue siendo el mismo, aunque los conectores en este caso son más grandes y tienen un coste más elevado.

Entre otros suministros, se incluyen elementos relacionados con la obra que, si bien pueden cotizarse, no tienen un impacto económico significativo en la oferta. Un ejemplo de ello son las bridas, que se colocan aproximadamente cada 40 cm para sujetar el cable solar instalado en la estructura.

También están los tubos corrugados, que se utilizan para la protección de los cables, tanto al aire como enterrados en zanjas. Para el cable solar instalado en la estructura, se suelen emplear tubos de 40 mm de diámetro, los cuales representan habitualmente entre el 5% y el 8% del total. Los tubos de 63 mm son necesarios para proteger el cable solar en las zanjas, así como los cables de comunicaciones, SCADA, o los cables de puesta a tierra.

Por su parte, los tubos de 110 mm se destinan a cables de baja tensión de corriente alterna en zanjas hormigonadas, mientras que los tubos de 200 mm se reservan para los cruces de media tensión, asegurando una mayor protección en estos tramos críticos.

CÓDIGO	PARTIDAS	UD	CANTIDAD	P.U (€)	COSTE TOTAL
3.	Otros suministros				54.112,34 €
3.1	Bridas				3.795,40 €
	Bridas UV 750 mm x 7,6 mm	ud	63.256,67	0,06 €	3.795,40 €
3.2	Tubos Corrugados y Elementos de Protección				33.831,94 €
3.2.1	Tubo Corrugado UV Ø 40 mm	m	37.954,00	0,64 €	24.214,65 €
3.2.2	Tubo Corrugado UV Ø 63 mm	m		0,43 €	
3.2.3	Tubo Corrugado UV Ø 110 mm	m	86,52	0,84 €	72,67 €
3.2.4	Tubo Corrugado UV Ø 200 mm	m	-	2,36 €	
3.2.5	Manguitos para tubo Ø 40 mm	m	759,08	0,33 €	248,22 €
3.2.6	Manguitos para tubo Ø 63 mm	m	0,00	0,45 €	0,00 €
3.2.7	Manguitos para tubo Ø 110 mm	m	1,73	0,63 €	1,09 €
3.2.8	Manguitos para tubo Ø 200 mm	m	-	1,30 €	
3.2.9	Cinta de señalización	m	12.995,52	0,07 €	844,71 €
3.2.10	Placa de protección mecánica	m	10.293,05	0,82 €	8.450,59 €
3.3	Pararrayos				8.750,00 €
	Pararrayos con punta Franklin	ud	5,00	1.750,00 €	8.750,00 €
3.4	Hitos de Señalización				7.735,00 €
3.4.1	3M Balizas de Señalización	ud	121,00	35,00 €	4.235,00 €
3.4.2	Sistema de etiquetado de Balizas	ud	1,00	3.500,00 €	3.500,00 €

Por último, dentro de otros suministros, incluimos los pararrayos, estimando uno por cada centro de transformación. Aunque el número exacto de pararrayos no se determina hasta que se realiza un estudio específico, el cual analiza diversos parámetros en función de la ubicación de la planta, este estudio generalmente no se lleva a cabo hasta después de la adjudicación del proyecto. Por ello, para ser conservadores en la fase de oferta, se suele estimar un pararrayos por cada CT.

Los hitos de señalización son también necesarios a lo largo de las zanjas de media tensión. En este contexto, un hito es un marcador físico que indica la ubicación de las instalaciones subterráneas, como los cables de media tensión, facilitando su identificación para futuras labores de mantenimiento o prevención de daños.

En cuanto a las balizas, aunque son más caras que los hitos, resultan más efectivas, ya que proporcionan una señalización más visible y duradera. Esto es especialmente importante en proyectos donde la identificación precisa de las infraestructuras subterráneas es crítica para garantizar la seguridad y evitar accidentes.

Otro subcapítulo relevante es el de la obra civil, que representa aproximadamente entre el 10% y el 20% del coste total de la oferta. Este apartado es uno de los más variables económicamente, ya que depende de factores como las características del terreno, su ubicación y otros elementos externos que puedan complicar la ejecución de la obra.

En el caso que nos ocupa se ha planteado una obra civil básica, sin incluir actuaciones complementarias que incrementen significativamente el presupuesto. Por ejemplo, se ha descartado el derribo de elementos existentes, como edificios previos o líneas aéreas, dado que su impacto económico se considera irrelevante para este proyecto.

En cuanto al vial interior de 4 m, se han previsto aproximadamente 2000 metros de nueva ejecución, incluyendo las cunetas a ambos lados de la vía. Al no trabajar con un terreno específico, se ha considerado que el 75% de las cunetas serán de terraplén, mientras que el 25% restantes se ejecutarán en hormigón, destinado a zonas donde la concentración de correntías sea elevada, según lo determine el estudio hidrológico.

Por último, se incluye el diseño y adecuación de un entronque, que consiste en la integración de la infraestructura vial existente con la nueva planta solar. Esta adecuación se completará con la instalación de señalizaciones verticales y horizontales, garantizando una transición segura y eficiente entre las distintas áreas de la instalación.

CÓDIGO	PARTIDAS	UD	CANTIDAD	P.U (C)	COSTE TOTAL
4.	Obra Civil				757.519,30 €
4.1	Demoliciones				3.000,00 €
4.1.1	Demolición de edificios u otros objetos en el terreno	ud	1,00	3.000,00 €	3.000,00 €
4.1.2	Eliminación de árboles	ud	0,00		0,00 €
4.2	Movimiento de Tierras				28.092,78 €
4.2.1	Desbroce y Limpieza del Terreno	m2	4.750,00	0,60 €	2.850,00 €
4.2.2	Desmonte	m3	2.908,82	2,85 €	8.290,14 €
4.2.3	Terraplén	m3	1.636,28	3,75 €	6.136,05 €
4.2.4	Transporte de tierra sobrante a zona residual	m3	1.272,54	8,50 €	10.816,59 €
4.3	Viales				33.319,83 €
4.3.1	Desbroce de terrenos, espesor 10-15 cm. Reutilizable en dist < 2km	m2	6.403,35	0,60 €	3.842,01 €
4.3.2	Excavación cajeadado, reutilización dist < 1 km. Espesor 40 cm TV	m3	2.305,21	3,50 €	1.383,12 €
4.3.3	Suministro, extendido y compactado de Suelo Seleccionado (30cm)	m3	1.728,90	17,50 €	6.051,17 €
	Suministro, extendido y compactado de Zahorra artificial (15 cm)	m3	864,45	25,50 €	22.043,53 €
4.4	Entronques				12.770,00 €
4.4.1	Señal VERTICAL acceso a la planta desde la carretera	ud	6,00	170,00 €	1.020,00 €
4.4.2	Señal HORIZONTAL acceso a la planta desde la carretera	ud	1,00	1.750,00 €	1.750,00 €
4.4.3	Adecuación del entronque existente	us	1,00	10.000,00 €	10.000,00 €
4.5	Cimentaciones				79.580,50 €
4.5.1	Cimentación de Centro de Transformación	ud	5,00	12.500,00 €	62.500,00 €
4.5.2	Cimentación de Postes de CCTV	ud	35,00	480,00 €	16.800,00 €
4.5.3	Cimentación de Torres Meteorológicas	ud	1,00	100,50 €	100,50 €
4.5.4	Cimentación de Centro de Seccionamiento	ud	1,00	180,00 €	180,00 €

4.6	Canalizaciones				509.901,16 €
4.6.1	Canalización BT Solar - hasta 20 circuitos	m	643,85	25,60 €	16.482,43 €
4.6.2	Canalización BT AC - 1 circuito	m	701,47	33,90 €	23.779,66 €
4.6.3	Canalización BT AC - 2 circuito	m	521,38	36,90 €	19.238,78 €
4.6.4	Canalización BT AC - 3 circuito	m	717,16	44,90 €	32.200,48 €
4.6.5	Canalización BT AC - 4 circuito	m	625,21	47,90 €	29.947,65 €
4.6.6	Canalización BT AC - 5 circuito	m	1.789,14	56,90 €	101.802,34 €
4.6.7	Canalización BT AC - 6 circuito	m	18,99	58,90 €	1.118,22 €
4.6.4	Canalización BT AC Hormigonada - 3 circuito	m	7,91	93,00 €	735,91 €
4.6.11	Canalización MT - 1 circuito	m	721,07	47,90 €	34.539,40 €
4.6.12	Canalización Hormigonada MT - 1 circuito	m	61,55	110,00 €	3.378,88 €
4.6.13	Canalización MT - 2 circuito	m	229,60	54,90 €	13.523,15 €
4.6.14	Canalización Hormigonada MT - 2 circuito	m	24,97	140,00 €	3.495,94 €
4.6.15	Canalización MT - 3 circuito	m	-	58,90 €	
4.6.16	Canalización Hormigonada MT - 3 circuito	m	-	160,00 €	
4.6.17	Canalización PAT	m	200,00	87,00 €	17.400,00 €
4.6.18	Canalización Auxiliar para CCTV	m	2.260,47	93,90 €	212.258,32 €
4.7	Arquetas				19.160,00 €
4.7.1	Arqueta 35 x 35 x 40	ud	35,00	180,00 €	6.300,00 €
4.7.2	Arqueta 58 x 58 x 80	ud	26,00	310,00 €	8.060,00 €
4.7.3	Arqueta 100 x 100 x 80	ud	10,00	480,00 €	4.800,00 €
4.8	Vallado				39.998,45 €
4.8.1	Vallado Cinérgico	m	2.851,34	13,80 €	39.348,45 €
4.8.2	Puerta Doble Hoja 2x3m para vehículos	ud	1,00	650,00 €	650,00 €
4.9	Drenajes				31.696,58 €
4.9.1	Cuneta triangular terriza - (Ancho 1,5 m / Profundidad 0,5m) [75%]	m	1.921,01	4,50 €	8.644,52 €
4.9.2	Cuneta triangular revestida de hormigón - (Ancho 1,5 m / Prof.0,5m) [2	m	640,34	36,00 €	23.052,06 €
4.9.3					

En cuanto a las canalizaciones, los planos detallan su diseño en función del número de circuitos que deben transportar. Sin embargo, al analizar los precios, se observa que estos no dependen tanto del número de circuitos, sino de las dimensiones de la zanja. Estas dimensiones varían en función de la profundidad requerida o, en terrenos rocosos, de la anchura necesaria para evitar excavaciones complejas.

En términos generales, el ancho de las zanjas puede oscilar desde aproximadamente 40 cm para el cableado solar, hasta entre 1,20 y 1,40 metros en casos donde se requiere mayor espacio para otros tipos de instalaciones. La profundidad de las zanjas se sitúa alrededor de 80 a 90 cm, aunque estas medidas pueden ajustarse según las condiciones específicas del terreno y los requerimientos técnicos del proyecto.

Las arquetas cumplen una función esencial en la instalación, ya que están diseñadas para alojar y proteger las conexiones eléctricas, empalmes y equipos de control, facilitando el mantenimiento y asegurando la integridad de la red.

En este tipo de instalaciones se distinguen tres tamaños de arquetas en función de su aplicación. Las arquetas pequeñas se destinan, por ejemplo, a la integración de los elementos asociados a los postes de los báculos de CCTV. Además, se instalan dos arquetas pequeñas por cada cruce de zanja de baja tensión con la vial, ubicándose una en cada extremo del cruce.

Las arquetas medianas se emplean en puntos estratégicos de la red eléctrica. Concretamente, se prevén dos arquetas medianas por cada cruce de zanja de media tensión con la vial, tres por cada torre meteorológica y una en el seccionador de cada centro de transformación (CT).

Por último, las arquetas grandes se instalan en los centros de transformación y en los centros de seccionamiento, destinándose dos arquetas grandes para cada uno de estos puntos críticos, donde se requiere un mayor espacio para alojar equipos de mayor dimensión y facilitar el mantenimiento.

Respecto al montaje, al solicitar subcontratas es necesario dividir los alcances en dos categorías: mecánico y eléctrico, ya que cada uno abarca trabajos específicos y distintos.

En el montaje mecánico, resulta interesante contar con un estudio POT, el cual permite determinar cómo se realizará el hincado de las estructuras. Este estudio, al igual que otros, se efectúa en fases posteriores del proyecto, pero su análisis preliminar es fundamental para definir el enfoque del montaje.

El marcado topográfico se estima multiplicando el número de hincas requeridas por estructura por el total de estructuras. En este caso, se han calculado aproximadamente 6 hincas para las estructuras 1V30 y 10 para las 1V60. Es importante destacar que estos números no son definitivos, ya que el proveedor de estructuras puede proponer una cantidad diferente de hincas en función de sus especificaciones técnicas.

Dado que estos detalles se afinan durante la adjudicación y la negociación con el propietario, se opta por una oferta conservadora que contemple un número intermedio de hincas, garantizando así una mayor flexibilidad y adaptabilidad a las condiciones finales del proyecto.

CÓDIGO	PARTIDAS	UD	CANTIDAD	P.U (€)	COSTE TOTAL
5.	Montaje Mecánico				1.064.463,02 €
5.1	Hincado				334.585,22 €
5.1.1	Topografía y marcado de puntos hincado directo	ud	13.572,00	1,95 €	26.465,40 €
5.1.2	Topografía y marcado de puntos hincado pre-drilling	ud	-	1,95 €	
5.1.3	Hincado Directo	ud	13.572,00	22,56 €	306.184,32 €
5.1.4	Pre-drilling	ud	-	54,50 €	
5.1.5	Pre-drilling Hormigonado	ud	-	-	
5.1.6	Micropilote	ud	-	-	
5.1.7	Hincado Estructura del Inversor	ud	79,00	24,50 €	1.935,50 €
5.2	Montaje Estructuras				506.766,00 €
5.2.1	Montaje de la Estructura - Seguidor Solar 1V30	ud	162,00	438,00 €	70.956,00 €
5.2.2	Montaje de la Estructura - Seguidor Solar 1V60	ud	630,00	687,00 €	432.810,00 €
5.2.2	Suministro Herramientas de Montaje	ud	1,00	3.000,00 €	3.000,00 €
5.3	Montaje Módulos Fotovoltaicos en Estructuras Soporte				223.111,80 €
	Montaje Módulos Fotovoltaicos en Estructuras Soporte	ud	42.660,00	5,23 €	223.111,80 €
6.	Montaje Eléctrico				251.870,76 €
6.1	Instalación Cable				208.584,96 €
6.1.1	Cable Solar 6 mm2 - Al aire bajo estructura	m	37.954,00	0,90 €	34.158,60 €
6.1.2	Cable Solar 6 mm2 - En zanja	m	70.486,00	1,10 €	77.534,60 €
6.1.2	Cable Baja Tensión en zanja - XZ1 400 mm2	m	51.609,00	1,75 €	90.315,75 €
6.1.3	Cable Media Tensión en zanja	m	3.227,03	1,85 €	5.970,01 €
6.1.4	Cable Puesta a Tierra	m	303,00	2,00 €	606,00 €
6.1.5	Cable Comunicaciones	m	2.007,12	INCLUIDO CCTV	
6.2	Conexión				43.285,80 €
6.2.1	Conectores Solares	ud	2.708,00	2,60 €	7.040,80 €
6.2.2	Conectores Baja Tensión	ud	474,00	16,50 €	7.821,00 €
6.2.3	Conectores Media Tensión	ud	24,00	175,00 €	4.200,00 €
6.2.4	Conectores Media Tensión	ud	24,00	176,00 €	4.224,00 €
6.2.4	Conectores Puesta a Tierra	ud	1,00	20.000,00 €	20.000,00 €

En el montaje eléctrico se recogen las mediciones correspondientes a los suministros y se valoran aspectos esenciales como el tendido del cable y el conexionado de los equipos. Este análisis permite asegurar que la distribución eléctrica se realice de forma eficiente, garantizando la correcta integración de todos los componentes y la operatividad del sistema. La precisión en el tendido del cableado y en las conexiones es crucial para evitar problemas durante la puesta en marcha y en el funcionamiento a largo plazo de la instalación.

Por último, se incluyen las partidas correspondientes a la monitorización SCADA, el sistema de seguridad y vigilancia, y la torre meteorológica. La monitorización SCADA abarca lo estrictamente necesario para una instalación fotovoltaica de 29 MWp, permitiendo el control y supervisión de los parámetros críticos de la planta. Paralelamente, el sistema de seguridad y vigilancia se encarga de garantizar la protección integral de la instalación, mientras que la torre meteorológica proporciona datos ambientales esenciales para el correcto funcionamiento y la optimización del rendimiento del sistema.

Diseño de una planta solar de 29,86 MWp y Proceso de Licitación Privada

7.	Sistema de Seguridad				177.645,00 €
	CCTV	ud	1,00	177.645,00 €	177.645,00 €
8.	Sistema de Control y Monitorización				309.584,00 €
8.1	SCADA	ud	1,00	274.236,00 €	274.236,00 €
8.2	Meteo	ud	1,00	35.348,00 €	35.348,00 €
9.	Estudios Previos e Ingeniería				145.871,00 €
9.1	Estudio Geotécnico	ud	1,00	14.871,00 €	14.871,00 €
9.2	Estudio Hidrológico	ud	1,00	5.500,00 €	5.500,00 €
9.3	Estudio Topográfico	ud	1,00	7.000,00 €	7.000,00 €
9.4	Ingeniería de Detalle	ud	1,00	85.000,00 €	85.000,00 €
9.5	Estudios Eléctricos	ud	1,00	25.000,00 €	25.000,00 €
9.6	As-Builts	ud	1,00	8.500,00 €	8.500,00 €

Estas partidas se cotizan por unidad, ya que, partiendo de unos requisitos básicos previamente establecidos, cada proveedor ofrece la configuración que considere óptima. Esto incluye la selección de los elementos de monitorización, los sensores, los dispositivos de seguridad, los soportes y otros componentes asociados, adaptándose a las particularidades y necesidades específicas del proyecto. Con este enfoque modular se facilita la integración de soluciones eficientes, seguras y acordes a las exigencias técnicas de la instalación fotovoltaica.

Con la consideración de todos los elementos clave, desde la obra civil, canalizaciones y montaje mecánico y eléctrico, hasta los sistemas de monitorización SCADA, seguridad y vigilancia, se ha logrado estructurar una cotización completa y detallada para la planta solar de 29 MWp. El presupuesto total asciende a 10.482.267 euros, reflejando un análisis exhaustivo que abarca todos los aspectos técnicos y operativos del proyecto.

Este coste no solo garantiza la viabilidad del proyecto, sino que también asegura un equilibrio adecuado entre la inversión inicial y el rendimiento a largo plazo. Cada partida ha sido cuidadosamente planificada para cumplir con los más altos estándares de calidad y eficiencia, asegurando que la instalación sea competitiva, sostenible y capaz de ofrecer un óptimo desempeño a lo largo de su vida útil.

PRESUPUESTO

DISEÑO DE UNA PLANTA SOLAR DE 29,86 MWP Y PROCESO DE LICITACIÓN PRIVADA

1.	Suministros Principales	7.142.028,15 €
1.1	Módulos Fotovoltaicos	3.451.727,24 €
1.2	Inversores Fotovoltaicos	640.420,00 €
1.3	Centro de Transformación	903.750,00 €
1.4	Estructura Soporte de Módulos	2.146.130,91 €
2.	Suministros Secundarios	579.173,96 €
2.1	Suministros de Cable	500.925,76 €
2.2	Suministro de Conectores	18.621,20 €
2.3	Centro de Seccionamiento	59.627,00 €
3.	Otros suministros	54.112,34 €
3.1	Bridas	3.795,40 €
3.2	Tubos Corrugados y Elementos de Protección	33.831,94 €
3.3	Pararrayos	8.750,00 €
3.4	Hitos de Señalización	7.735,00 €
4.	Obra Civil	757.519,30 €
4.1	Demoliciones	3.000,00 €
4.2	Movimiento de Tierras	28.092,78 €
4.3	Viales	33.319,83 €
4.4	Entronques	12.770,00 €
4.5	Cimentaciones	79.580,50 €
4.6	Canalizaciones	509.901,16 €
4.7	Arquetas	19.160,00 €
4.8	Vallado	39.998,45 €
4.9	Drenajes	31.696,58 €
5.	Montaje Mecánico	1.064.463,02 €
5.1	Hincado	334.585,22 €
5.2	Montaje Estructuras	506.766,00 €
5.3	Montaje Módulos Fotoivoltaicos en Estructuras Soporte	223.111,80 €
6.	Montaje Eléctrico	251.870,76 €
6.1	Instalación Cable	208.584,96 €
6.2	Conexionado	43.285,80 €
7.	Sistema de Seguridad	177.645,00 €
8.	Sistema de Control y Monitorización	309.584,00 €
9.	Estudios Previos e Ingeniería	145.871,00 €
TOTAL		10.482.267,53 €

Como cierre del proyecto de fin de máster, se presenta el presupuesto detallado que sería entregado al cliente, con un enfoque en proporcionar precios conjuntos. Esto tiene como objetivo evitar que el cliente examine en detalle los márgenes de beneficio de la empresa, ya que la presentación de estos datos es parte de la estrategia de negociación. Es importante señalar que este presupuesto se muestra sin incluir los beneficios y márgenes, ya que no se ha agregado el coste de los indirectos que usualmente aplican las entidades contratistas para cubrir sus propios costos administrativos y ganancias.

Suministros Principales	7.142.028,15 €		68,13%
Módulos Fotovoltaicos	3.451.727,24 €	115,59 €/kWp	
Inversores Fotovoltaicos	640.420,00 €	21,45 €/kWp	
Centro de Transformación	903.750,00 €	30,26 €/kWp	
Estructura Soporte de Módulos	2.146.130,91 €	71,87 €/kWp	
Suministros Secundarios	579.173,96 €		5,53%
Suministros de Cable	500.925,76 €	16,77 €/kWp	
Suministro de Conectores	18.621,20 €	0,62 €/kWp	
Centro de Seccionamiento	59.627,00 €	2,00 €/kWp	
Otros suministros	54.112,34 €		0,52%
Bridas	3.795,40 €	0,13 €/kWp	
Tubos Corrugados y Elementos de Prote	33.831,94 €	1,13 €/kWp	
Pararrayos	8.750,00 €	0,29 €/kWp	
Hitos de Señalización	7.735,00 €	0,26 €/kWp	
Obra Civil	757.519,30 €		7,23%
Demoliciones	3.000,00 €	0,10 €/kWp	
Movimiento de Tierras	28.092,78 €	0,94 €/kWp	
Viales	33.319,83 €	1,12 €/kWp	
Entronques	12.770,00 €	0,43 €/kWp	
Cimentaciones	79.580,50 €	2,66 €/kWp	
Canalizaciones	509.901,16 €	17,08 €/kWp	
Arquetas	19.160,00 €	0,64 €/kWp	
Vallado	39.998,45 €	1,34 €/kWp	
Drenajes	31.696,58 €	1,06 €/kWp	
Montaje Mecánico	1.064.463,02 €		10,15%
Hincado	334.585,22 €	11,20 €/kWp	
Montaje Estructuras	506.766,00 €	16,97 €/kWp	
Montaje Módulos Fotoivoltaicos en Estru	223.111,80 €	7,47 €/kWp	
Montaje Eléctrico	251.870,76 €		2,40%
Instalación Cable	208.584,96 €	6,98 €/kWp	
Conexionado	43.285,80 €	1,45 €/kWp	
Sistema de Seguridad	177.645,00 €	5,95 €/kWp	1,69%
Sistema de Control y Monitorización	309.584,00 €	10,37 €/kWp	2,95%
Estudios Previos e Ingeniería	145.871,00 €	4,88 €/kWp	1,39%

En la tabla presentada, se mantiene la estructura del presupuesto detallado mostrado anteriormente, pero se han añadido dos columnas adicionales a la derecha que proporcionan información crucial para facilitar la toma de decisiones y permitir una evaluación rápida en otros proyectos similares. La primera columna muestra los valores en euros por kWp, lo que ayuda a dimensionar de manera rápida los costos en relación con la potencia instalada. Esta métrica es útil para comparar con otros proyectos y ajustar estimaciones de manera ágil. La segunda columna refleja el porcentaje económico que representa cada capítulo dentro del total de la oferta, ofreciendo una visión clara de las partidas que más impactan en el presupuesto global.

Por ejemplo, los "Suministros Principales" constituyen el 68,13% del total, mientras que la "Obra Civil" ocupa un 7,23%. Estos porcentajes permiten tener una idea precisa del peso económico de cada componente, y junto con el valor por kWp, es posible identificar rápidamente áreas donde se podrían optimizar costos o mejorar márgenes. Este desglose detallado también es útil para establecer comparaciones con futuros proyectos, ajustando los costos según las necesidades particulares de cada obra.

ANEXOS

DISEÑO DE UNA PLANTA SOLAR DE 29,86 MWp Y PROCESO DE LICITACIÓN PRIVADA

CONTENIDO

ANEXO A. Documentos resumen del proyecto.....	83
ANEXO B. Cálculos eléctricos.....	86
ANEXO C. Fichas técnicas	88

ANEXO A. DOCUMENTOS RESUMEN DEL PROYECTO

EQUIPOS DEL PROYECTO FOTOVOLTAICO	PLANTA SOLAR
--	---------------------

MÓDULO FOTOVOLTAICO	CANADIAN
----------------------------	-----------------

Modelo	CS7N-700TB-AG	
Potencia nominal	P _{nom}	700 Wp
Tensión de Operación	V _{mp}	40,00 V
Corriente de Operación	I _{mp}	17,51 A
Tensión a Circuito Abierto	V _{oc}	47,90 V
Corriente de Cortocircuito	I _{sc}	18,49 A
Coefficiente Tempreatura	μ _{Pmax}	-0,29 %/ °C
Coefficiente Tempreatura	μ _{Voc}	-0,25%
Coefficiente Tempreatura	μ _{Isc}	0,050 %/ °C
Dimensiones	2384 x 1303 x 33 mm	
Peso	37,80 kg	
Eficiencia	23,20%	

ESTRUCTURA SOLAR	("Fabricante")
-------------------------	-----------------------

Tipo	Tracker	Bifacial	Monofila
------	---------	----------	----------

INVERSOR FOTOVOLTAICO	HUAWEI
------------------------------	---------------

Modelo	SUN2000-330KTL-H1	
Tensión máxima (Entrada)	1500 V	
Tensión mínima (Entrada)	500 V	
Número de MPPT	6 MPPT	
Corriente Máxima por MPPT	65 A	
Corriente Cortocircuito por MPPT	115 A	
Potencia nominal	300 kVA	
Tensión nominal (Salida)	800 V	
Configuración	4/5/5/4/5/5	
Dimensiones	1,048 x 732 x 395 mm	
Peso	112 kg	
Eficiencia	99,03%	

CENTRO DE TRANSFORMACIÓN	HUAWEI
---------------------------------	---------------

Potencia nominal	6000 - 2700 kVA		
------------------	-----------------	--	--

CONFIGURACIÓN DEL PROYECTO FOTOVOLTAICO	PLANTA SOLAR
--	---------------------

Número de Módulos Fotovoltaicos	42660
Número de Módulos por String	30

Número de Inversores	79

Número de Centros de Transformación	5
Configuración Centros de Transformación	3x20 1x9 1x10

Número de Estructuras Solares	792
Configuración de las Estructuras	630 x 1V60 162 x 1V30

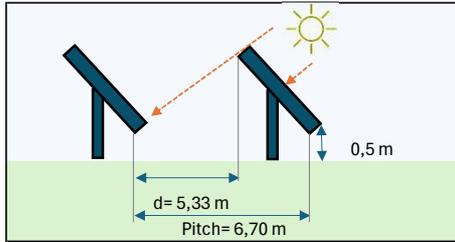
CONFIGURACIÓN MÓDULOS FOTOVOLTAICOS

Número Máximo de Módulos en Serie	29
-----------------------------------	----

Número Mínimo de Módulos en Serie	13
-----------------------------------	----

Voc máxima del Módulo FV 51,49 V
 Vmpp mínima del Módulo FV 38,00 V

Temperatura Mínima -5 °C
 Temperatura Máxima 45 °C
 Temperatura STC 25 °C



Arista Mód. 2,384 m
 Incl. Panel 55 °
 Incl. Terreno 0 °
 Latitud 39

CONFIGURACIÓN INVERSOR FOTOVOLTAICO

Número de MPPT 6 Configuración 333333

Entrad/String	String x MPPT	Entrada Tipo	Imp x MPPT	Isc x MPPT	CRITERIO
18	3	333333	21,67	38,33	SI
24	4	444444	16,25	28,75	NO
30	5	455455	13,00	23,00	NO

CONFIGURACIÓN CENTROS DE TRANSFORMACIÓN

Potencia Nominal	23700 kVA	Ratio DC/AC	1,26
------------------	-----------	-------------	------

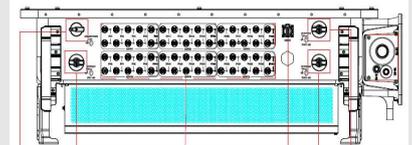
	CT 1	CT 2	CT 3	CT 4	CT 5
	20 Inv	9 Inv	20 Inv	20 Inv	10 Inv
	300 kVA				
	6000 kVA	2700 kVA	6000 kVA	6000 kVA	3000 kVA
1V30	50	28	8	42	34
1V60	155	67	176	159	73

$$N_{\text{máx Módulos FV}} = \frac{\text{Tensión máxima de entrada del Inversor}}{\text{Tensión en vacío del módulo fotovoltaico}}$$

$$N_{\text{mín Módulos FV}} = \frac{\text{Tensión mínima de entrada del Inversor}}{\text{Tensión mpp del módulo fotovoltaico}}$$

$$V_{oc \text{ máx}} = V_{oc} * (1 + (T_{\text{min}} - T_{STC}) * f_T)$$

$$V_{mpp \text{ min}} = V_{mpp} * (1 + (T_{\text{min}} - T_{STC}) * f_T)$$



ANEXO B. CÁLCULOS

1. Excel para el cálculo de Baja Tensión
2. Excel para el cálculo de Media Tensión

ANEXO C. FICHAS TÉCNICAS



TOPBiKu7

N-type Bifacial TOPCon Technology

690 W ~ 720 W

CS7N-690 | 695 | 700 | 705 | 710 | 715 | 720TB-AG

MORE POWER

-  Module power up to 720 W
Module efficiency up to 23.2 %
-  Up to 85% Power Bifaciality,
more power from the back side
-  Excellent anti-LeTID & anti-PID performance.
Low power degradation, high energy yield
-  Lower temperature coefficient (Pmax): -0.29%/°C,
increases energy yield in hot climate
-  Lower LCOE & system cost

MORE RELIABLE

-  Tested up to ice ball of 35 mm diameter
according to IEC 61215 standard
-  Minimizes micro-crack impacts
-  Heavy snow load up to 5400 Pa,
wind load up to 2400 Pa*

 **Enhanced Product Warranty on Materials and Workmanship***

 **Linear Power Performance Warranty***

**1st year power degradation no more than 1%
Subsequent annual power degradation no more than 0.4%**

*According to the applicable Canadian Solar Limited Warranty Statement.

MANAGEMENT SYSTEM CERTIFICATES*

ISO 9001: 2015 / Quality management system
ISO 14001: 2015 / Standards for environmental management system
ISO 45001: 2018 / International standards for occupational health & safety
IEC 62941: 2019 / Photovoltaic module manufacturing quality system

PRODUCT CERTIFICATES*

IEC 61215 / IEC 61730 / CE / INMETRO / MCS / UKCA / CGC
CEC listed (US California) / FSEC (US Florida)
UL 61730 / IEC 61701 / IEC 62716 / IEC 60068-2-68
UNI 9177 Reaction to Fire: Class 1 / Take-e-way



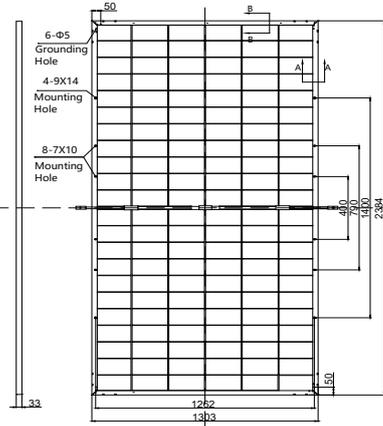
* The specific certificates applicable to different module types and markets will vary, and therefore not all of the certifications listed herein will simultaneously apply to the products you order or use. Please contact your local Canadian Solar sales representative to confirm the specific certifications available for your Product and applicable in the regions in which the products will be used.

CSI Solar Co., Ltd. is committed to providing high quality solar photovoltaic modules, solar energy and battery storage solutions to customers. The company was recognized as the No. 1 module supplier for quality and performance/price ratio in the IHS Module Customer Insight Survey. Over the past 23 years, it has successfully delivered over 125 GW of premium-quality solar modules across the world.

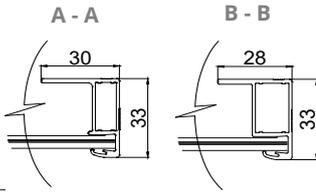
* For detailed information, please refer to the Installation Manual.

ENGINEERING DRAWING (mm)

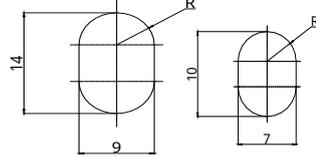
Rear View



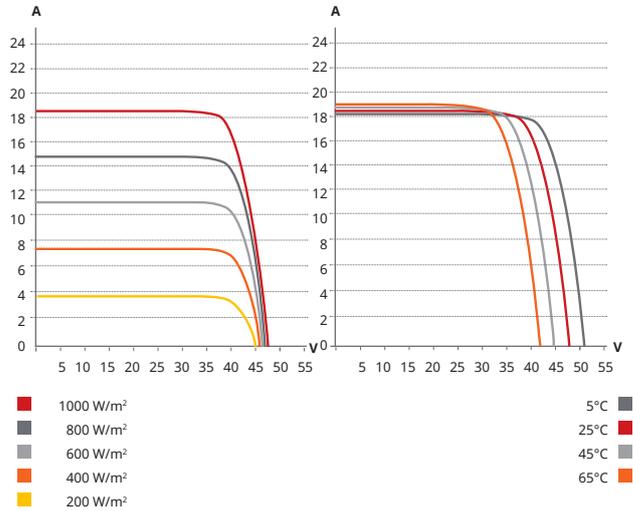
Frame Cross Section



Mounting Hole



CS7N-695TB-AG / I-V CURVES



ELECTRICAL DATA | STC*

	Nominal Max. Power (Pmax)	Opt. Operating Voltage (Vmp)	Opt. Operating Current (Imp)	Open Circuit Voltage (Voc)	Short Circuit Current (Isc)	Module Efficiency
CS7N-690TB-AG	690 W	39.6 V	17.43 A	47.5 V	18.39 A	22.2%
Bifacial Gain**	5%	725 W	39.6 V	18.30 A	19.31 A	23.3%
	10%	759 W	39.6 V	19.17 A	20.23 A	24.4%
	20%	828 W	39.6 V	20.92 A	22.07 A	26.7%
CS7N-695TB-AG	695 W	39.8 V	17.47 A	47.7 V	18.44 A	22.4%
Bifacial Gain**	5%	730 W	39.8 V	18.34 A	19.36 A	23.5%
	10%	765 W	39.8 V	19.22 A	20.28 A	24.6%
	20%	834 W	39.8 V	20.96 A	22.13 A	26.8%
CS7N-700TB-AG	700 W	40.0 V	17.51 A	47.9 V	18.49 A	22.5%
Bifacial Gain**	5%	735 W	40.0 V	18.39 A	19.41 A	23.7%
	10%	770 W	40.0 V	19.26 A	20.34 A	24.8%
	20%	840 W	40.0 V	21.01 A	22.19 A	27.0%
CS7N-705TB-AG	705 W	40.2 V	17.55 A	48.1 V	18.54 A	22.7%
Bifacial Gain**	5%	740 W	40.2 V	18.43 A	19.47 A	23.8%
	10%	776 W	40.2 V	19.31 A	20.39 A	25.0%
	20%	846 W	40.2 V	21.06 A	22.25 A	27.2%
CS7N-710TB-AG	710 W	40.4 V	17.59 A	48.3 V	18.59 A	22.9%
Bifacial Gain**	5%	746 W	40.4 V	18.47 A	19.52 A	24.0%
	10%	781 W	40.4 V	19.35 A	20.45 A	25.1%
	20%	852 W	40.4 V	21.11 A	22.31 A	27.4%
CS7N-715TB-AG	715 W	40.6 V	17.63 A	48.5 V	18.64 A	23.0%
Bifacial Gain**	5%	751 W	40.6 V	18.51 A	19.57 A	24.2%
	10%	787 W	40.6 V	19.39 A	20.50 A	25.3%
	20%	858 W	40.6 V	21.16 A	22.37 A	27.6%
CS7N-720TB-AG	720 W	40.8 V	17.67 A	48.7 V	18.69 A	23.2%
Bifacial Gain**	5%	756 W	40.8 V	18.55 A	19.62 A	24.3%
	10%	792 W	40.8 V	19.44 A	20.56 A	25.5%
	20%	864 W	40.8 V	21.20 A	22.43 A	27.8%

* Under Standard Test Conditions (STC) of irradiance of 1000 W/m², spectrum AM 1.5 and cell temperature of 25°C.
 ** Bifacial Gain: The additional gain from the back side compared to the power of the front side at the standard test condition. It depends on mounting (structure, height, tilt angle etc.) and albedo of the ground.

ELECTRICAL DATA | NMOT*

	Nominal Max. Power (Pmax)	Opt. Operating Voltage (Vmp)	Opt. Operating Current (Imp)	Open Circuit Voltage (Voc)	Short Circuit Current (Isc)
CS7N-690TB-AG	522 W	37.4 V	13.94 A	45.0 V	14.83 A
CS7N-695TB-AG	526 W	37.6 V	13.97 A	45.2 V	14.87 A
CS7N-700TB-AG	529 W	37.8 V	14.00 A	45.4 V	14.91 A
CS7N-705TB-AG	533 W	38.0 V	14.03 A	45.5 V	14.95 A
CS7N-710TB-AG	537 W	38.2 V	14.06 A	45.7 V	14.99 A
CS7N-715TB-AG	541 W	38.4 V	14.09 A	45.9 V	15.03 A
CS7N-720TB-AG	544 W	38.6 V	14.12 A	46.1 V	15.07 A

* Under Nominal Module Operating Temperature (NMOT), irradiance of 800 W/m² spectrum AM 1.5, ambient temperature 20°C, wind speed 1 m/s.

MECHANICAL DATA

Specification	Data
Cell Type	TOPCon cells
Cell Arrangement	132 [2 x (11 x 6)]
Dimensions	2384 x 1303 x 33 mm (93.9 x 51.3 x 1.30 in)
Weight	37.8 kg (83.3 lbs)
Front Glass	2.0 mm heat strengthened glass with anti-reflective coating
Back Glass	2.0 mm heat strengthened glass
Frame	Anodized aluminium alloy
J-Box	IP68, 3 bypass diodes
Cable	4.0 mm² (IEC), 12 AWG (UL)
Cable Length (Including Connector)	360 mm (14.2 in) (+) / 200 mm (7.9 in) (-) or customized length*
Connector	T6 or MC4-EVO2 or MC4-EVO2A
Per Pallet	33 pieces
Per Container (40' HQ)	594 pieces or 495 pieces (only for US & Canada)

* For detailed information, please contact your local Canadian Solar sales and technical representatives.

ELECTRICAL DATA

Operating Temperature	-40°C ~ +85°C
Max. System Voltage	1500 V (IEC/UL)
Module Fire Performance	TYPE 29 (UL 61730) or CLASS C (IEC61730)
Max. Series Fuse Rating	35 A
Protection Class	Class II
Power Tolerance	0 ~ + 10 W
Power Bifaciality*	80 %

* Power Bifaciality = $P_{max_{rear}} / P_{max_{front}}$, both $P_{max_{rear}}$ and $P_{max_{front}}$ are tested under STC, Bifaciality Tolerance: ± 5 %

* The specifications and key features contained in this datasheet may deviate slightly from our actual products due to the on-going innovation and product enhancement. CSI Solar Co., Ltd. reserves the right to make necessary adjustment to the information described herein at any time without further notice.
 Please be kindly advised that PV modules should be handled and installed by qualified people who have professional skills and please carefully read the safety and installation instructions before using our PV modules.

TEMPERATURE CHARACTERISTICS

Specification	Data
Temperature Coefficient (Pmax)	-0.29 % / °C
Temperature Coefficient (Voc)	-0.25 % / °C
Temperature Coefficient (Isc)	0.05 % / °C
Nominal Module Operating Temperature	41 ± 3°C

PARTNER SECTION



► SUN2000-330KTL-H1 Smart String Inverter

For APAC, LATAM & EUROPE



Max. Efficiency $\geq 99.0\%$



Smart Connector-level Detection (SCLD)



Smart Self-cleaning Fan (SSCF)



IP66 Protection



MBUS Supported



Smart String-level Disconnection (SSLD)

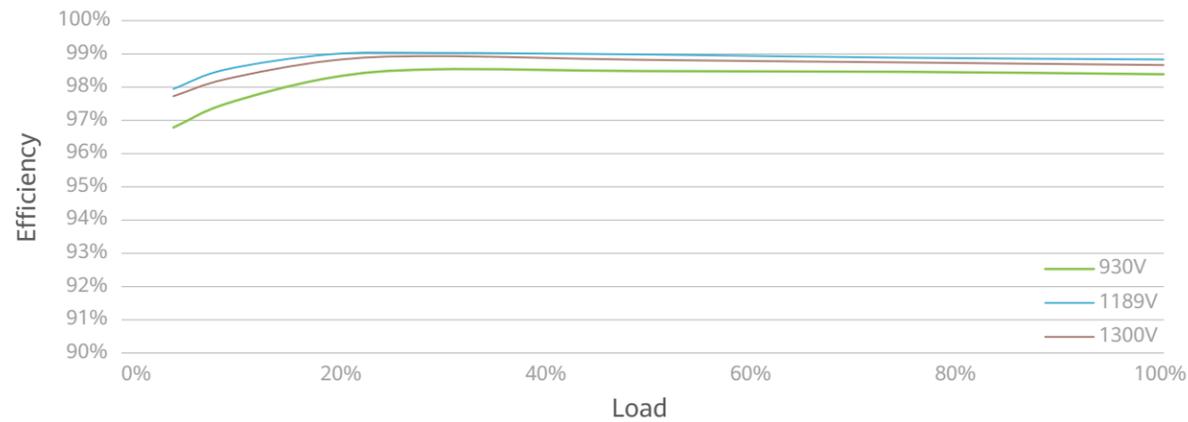


Smart IV Curve Diagnosis Supported

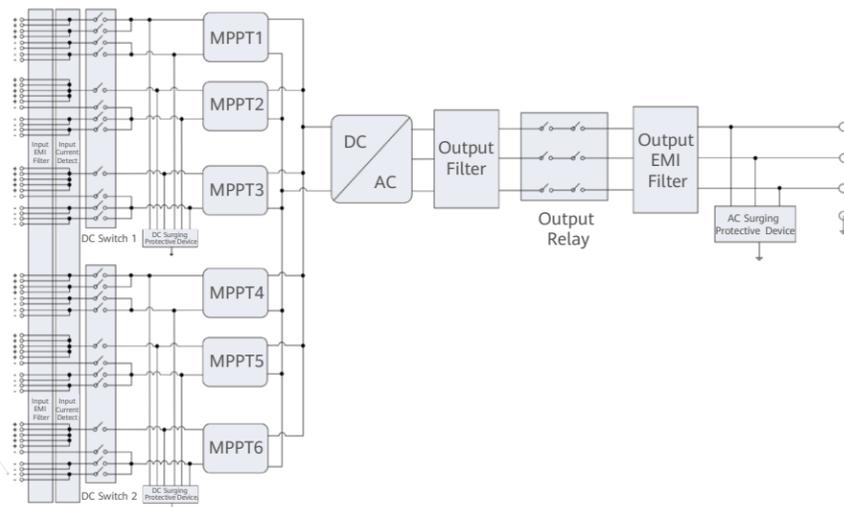


Surge Arresters for DC & AC

Efficiency Curve



Circuit Diagram

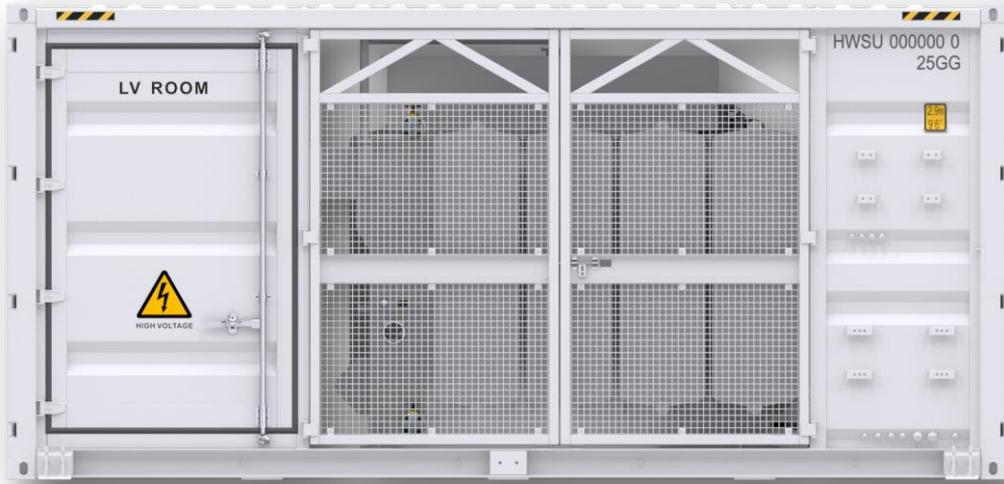


Technical Specifications

Efficiency	
Max. Efficiency	$\geq 99.03\%$
European Efficiency	$\geq 98.8\%$
Input	
Max. Input Voltage	1,500 V
Number of MPPT	6
Max. Current per MPPT	65 A
Max. Short Circuit Current per MPPT	115 A
Max. PV Inputs per MPPT	4/5/5/4/5/5
Start Voltage	550 V
MPPT Operating Voltage Range	500 V ~ 1,500 V
Nominal Input Voltage	1,080 V
Output	
Nominal AC Active Power	300,000 W
Max. AC Apparent Power	330,000 VA
Max. AC Active Power ($\cos\phi=1$)	330,000 W
Nominal Output Voltage	800 V, 3W + PE
Rated AC Grid Frequency	50 Hz / 60 Hz
Nominal Output Current	216.6 A
Max. Output Current	238.2 A
Adjustable Power Factor Range	0.8 LG ... 0.8 LD
Total Harmonic Distortion	THD _i < 1% (Rated)
Protection	
Smart String-level Disconnection (SSLD)	Yes
Smart Connector-level Detection (SCLD)	Yes
AC Overcurrent Protection	Yes
DC Reverse-polarity Protection	Yes
PV-array String Fault Detection	Yes
DC Surge Arrester	Type II
AC Surge Arrester	Type II
DC Insulation Resistance Detection	Yes
Residual Current Detection Unit	Yes
Communication	
Display	LED Indicators, WLAN + APP
USB	Yes
MBUS	Yes
RS485	Yes
General	
Dimensions (W x H x D)	1,048 x 732 x 395 mm
Weight (with mounting plate)	≤ 112 kg
Operating Temperature Range	-25°C ~ 60°C
Cooling Method	Smart Air Cooling
Max. Operating Altitude without Derating	4,000 m
Relative Humidity	0 ~ 100% (Non-condensing)
DC Connector	HH4SMM4TMSPA / HH4SFM4TMSPA
AC Connector	Support OT / DT Terminal (Max. 400 mm ²)
Protection Degree	IP 66
Anti-corrosion Protection	C5-Medium
Topology	Transformerless
Standards Compliance	
IEC 62109-1/-2, IEC 62920, IEC 60947-2, EN 50549-2, IEC 61683, etc.	

STS-3000K-H1

Smart Transformer Station



Simple

Prefabricated and Pre-tested, No Internal Cabling Needed Onsite
Compact 20' HC Container Design for Easy Transportation



Efficient

High Efficiency Transformer for Higher Yields
Lower Self-consumption for Higher Yields



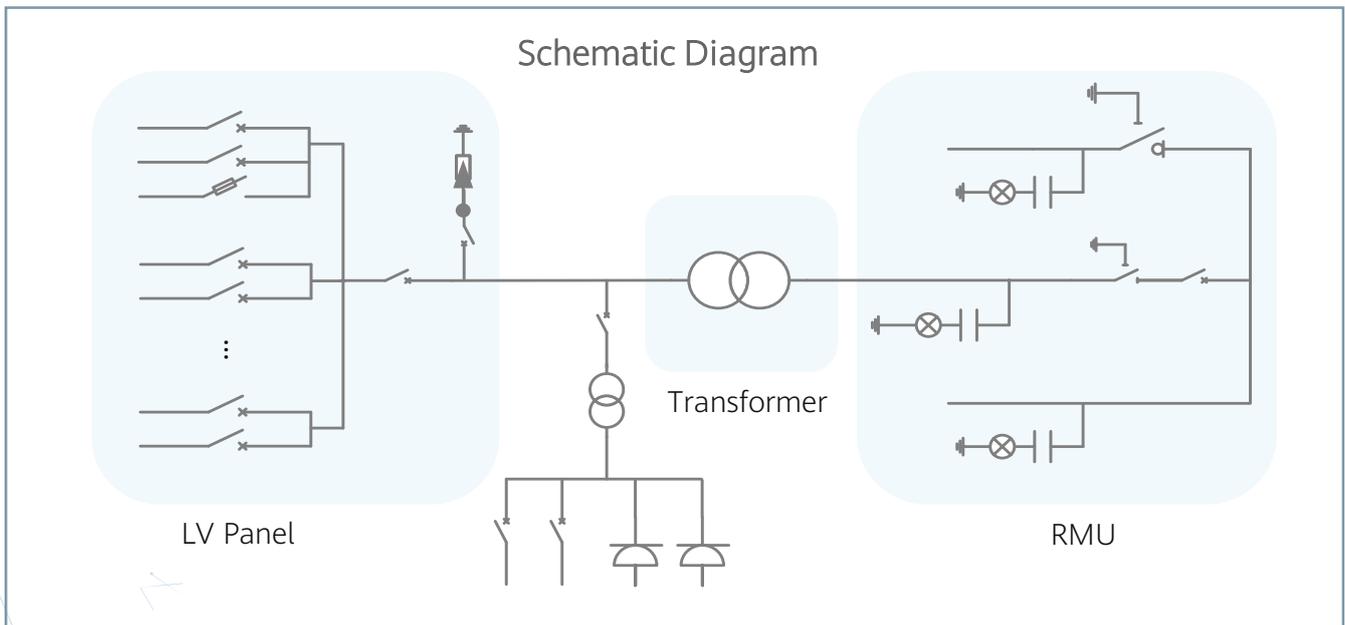
Smart

Real-time Monitoring of Transformer, LV Panel and RMU
High Precision Sensor of LV Electricity Parameters
Remote Control of ACB and MV Circuit Breaker



Reliable

Robust Design against Harsh Environments
Optimal Cooling Design for High Availability and Easy O&M
Comprehensive Tests from Components, Device to Solution



STS-3000K-H1

Technical Specifications

Input		
Available Inverters / PCS	SUN2000-200KTL / SUN2000-215KTL / SUN2000-185KTL / LUNA2000-200KTL	
Maximum LV AC Inputs	17	
AC Power	3,400 kVA @40°C ¹	
Rated Input Voltage	800 V	
LV Main Switches	ACB (2,900 A / 800 V / 3P, 1 pcs), MCCB (250 A / 800 V / 3P, 17 pcs)	
Output		
Rated Output Voltage	11 kV, 15 kV, 20 kV, 22 kV, 30 kV, 33 kV, 35 kV ²	13.8 kV, 34.5 kV ²
Frequency	50 Hz	60 Hz
Transformer Type	Oil-immersed, Conservator Type	
Transformer Cooling Type	ONAN	
Transformer Tappings	± 2 x 2.5%	
Transformer Oil Type	Mineral Oil (PCB Free)	
Transformer Vector Group	Dy11	
Transformer Min. Peak Efficiency Index	Tier 1 or Tier 2 In Accordance with EN 50588-1	
RMU Type	SF ₆ Gas Insulated	
RMU Transformer Protection Unit	MV Vacuum Circuit Breaker Unit	
RMU Cable Incoming / Outgoing Unit	Direct Cable Unit or Cable Load Break Switch Unit	
Auxiliary Transformer	Dry Type Transformer, 5 kVA, Dyn11	
Output Voltage of Auxiliary Transformer	400 / 230 Vac or 220 / 127 Vac	
Protection		
Transformer Monitoring & Protection	Oil Level, Oil Temperature, Oil Pressure and Buchholz	
Protection Degree of MV & LV Room	IP 54	
Internal Arcing Fault Classification of STS	IAC A 20 kA 1s	
MV Relay Protection	50/51, 50N/51N	
LV Overvoltage Protection	Type I+II	
Anti-rodent Protection	C5 Medium in accordance with ISO 12944	
Features		
2 kVA UPS	Optional ³	
MV Surge Arrester for MV VCB	Optional ³	
General		
Dimensions (W x H x D)	6,058 x 2,896 x 2,438 mm (20' HC Container)	
Weight	< 15 t	
Operating Temperature Range	-25°C ~ 60°C ⁴ (-13°F ~ 140°F)	
Relative Humidity	0% ~ 95%	
Max. Operating Altitude	1,000 m ⁵	1,500 m ⁵
MV-LV AC Connections	Prewired and Pretested, No Internal Cabling Onsite	
LV & MV Room Cooling	Smart Cooling without Air-cross for Higher Availability	
Communication	Modbus-RTU, Preconfigured with Smartlogger3000B	
Applicable Standards	IEC 62271-202, EN 50588-1, IEC 60076, IEC 62271-200, IEC 61439-1	

1 - More detailed AC power of STS, please refer to the de-rating curve.

2 - Rated output voltage from 10 kV to 35 kV, more available upon request.

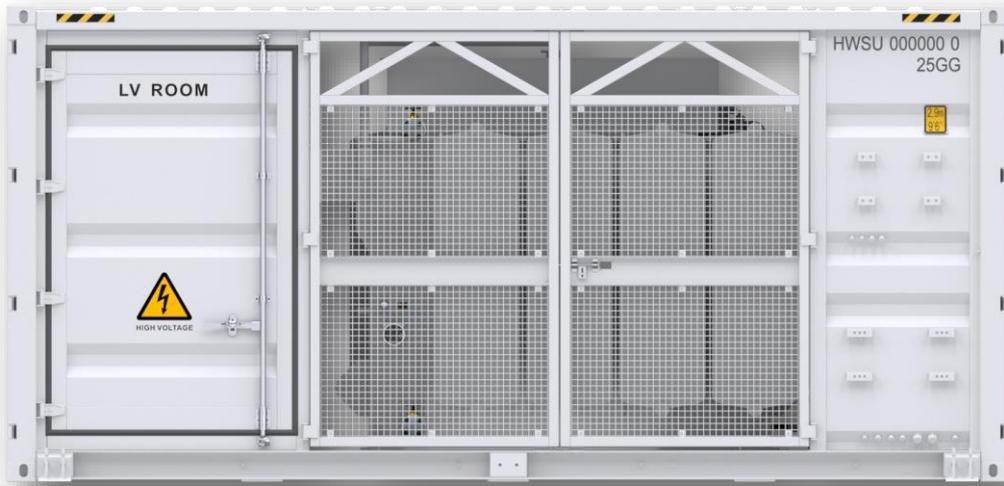
3 - Extra expense needed for optional features which standard product doesn't contain, more options upon request.

4 -When ambient temperature ≥55°C, awning shall be equipped for STS on site by customer.

5- For higher operating altitude, pls consult with Huawei.

STS-6000K-H1

Smart Transformer Station



Simple

Prefabricated and Pre-tested, No Internal Cabling Needed Onsite
Compact 20' HC Container Design for Easy Transportation



Efficient

High Efficiency Transformer for Higher Yields
Lower Self-consumption for Higher Yields



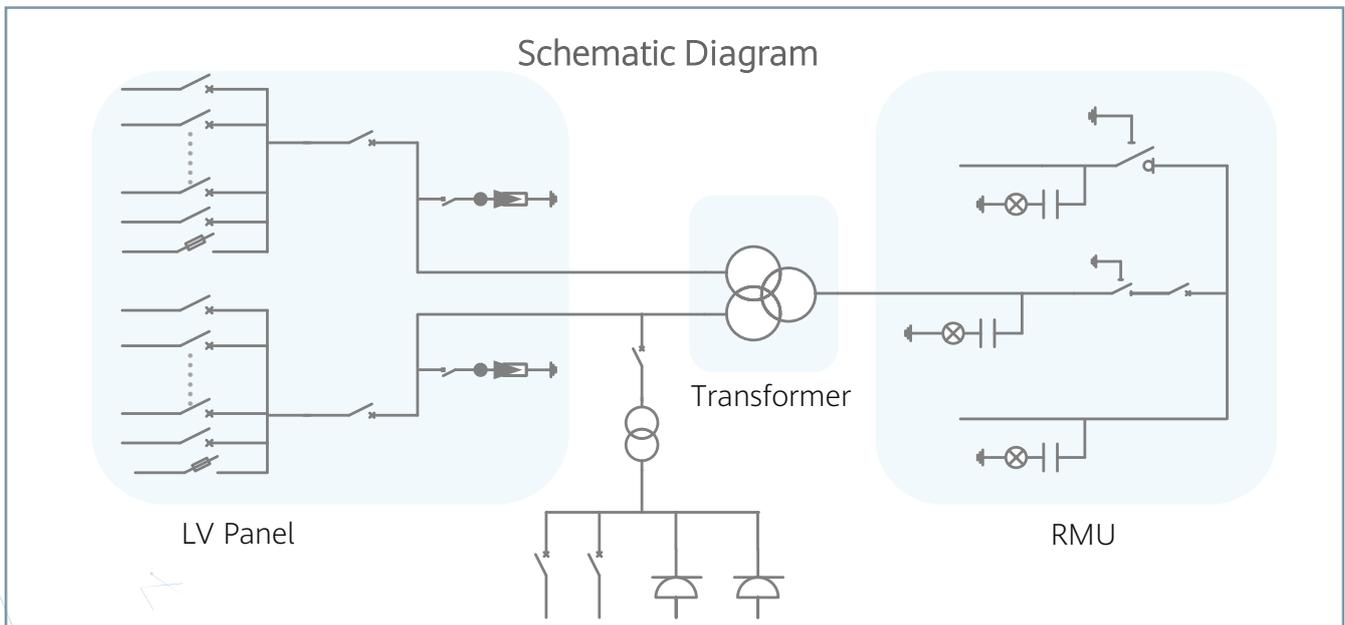
Smart

Real-time Monitoring of Transformer, LV Panel and RMU
High Precision Sensor of LV Electricity Parameters
Remote Control of ACB and MV Circuit Breaker



Reliable

Robust Design against Harsh Environments
Optimal Cooling Design for High Availability and Easy O&M
Comprehensive Tests from Components, Device to Solution



STS-6000K-H1

Technical Specifications

Input		
Available Inverters / PCS	SUN2000-200KTL / SUN2000-215KTL / SUN2000-185KTL / LUNA2000-200KTL	
Maximum LV AC Inputs	34	
AC Power	6,800 kVA @40°C ¹	
Rated Input Voltage	800 V	
LV Main Switches	ACB (2,900 A / 800 V / 3P, 2 x 1 pcs), MCCB (250 A / 800 V / 3P, 2 x 17 pcs)	
Output		
Rated Output Voltage	11 kV, 15 kV, 20 kV, 22 kV, 30 kV, 33 kV, 35 kV ²	13.8 kV, 34.5 kV ²
Frequency	50 Hz	60 Hz
Transformer Type	Oil-immersed, Conservator Type	
Transformer Cooling Type	ONAN	
Transformer Tappings	± 2 x 2.5%	
Transformer Oil Type	Mineral Oil (PCB Free)	
Transformer Vector Group	Dy11-y11	
Transformer Min. Peak Efficiency Index	Tier 1 or Tier 2 In Accordance with EN 50588-1	
RMU Type	SF ₆ Gas Insulated	
RMU Transformer Protection Unit	MV Vacuum Circuit Breaker Unit	
RMU Cable Incoming / Outgoing Unit	Direct Cable Unit or Cable Load Break Switch Unit	
Auxiliary Transformer	Dry Type Transformer, 5 kVA, Dyn11	
Output Voltage of Auxiliary Transformer	400 / 230 Vac or 220 / 127 Vac	
Protection		
Transformer Monitoring & Protection	Oil Level, Oil Temperature, Oil Pressure and Buchholz	
Protection Degree of MV & LV Room	IP 54	
Internal Arcing Fault Classification of STS	IAC A 20 kA 1s	
MV Relay Protection	50/51, 50N/51N	
LV Overvoltage Protection	Type I+II	
Anti-rodent Protection	C5 Medium in accordance with ISO 12944	
Features		
2 kVA UPS	Optional ³	
MV Surge Arrester for MV VCB	Optional ³	
General		
Dimensions (W x H x D)	6,058 x 2,896 x 2,438 mm (20' HC Container)	
Weight	< 22 t	
Operating Temperature Range	-25°C ~ 60°C ⁴ (-13°F ~ 140°F)	
Relative Humidity	0% ~ 95%	
Max. Operating Altitude	1,000 m ⁵	1,500 m ⁵
MV-LV AC Connections	Prewired and Pretested, No Internal Cabling Onsite	
LV & MV Room Cooling	Smart Cooling without Air-cross for Higher Availability	
Communication	Modbus-RTU, Preconfigured with Smartlogger3000B	
Applicable Standards	IEC 62271-202, EN 50588-1, IEC 60076, IEC 62271-200, IEC 61439-1	

1 - More detailed AC power of STS, please refer to the de-rating curve.

2 - Rated output voltage from 10 kV to 35 kV, more available upon request.

3 - Extra expense needed for optional features which standard product doesn't contain, more options upon request.

4 -When ambient temperature ≥55°C, awning shall be equipped for STS on site by customer.

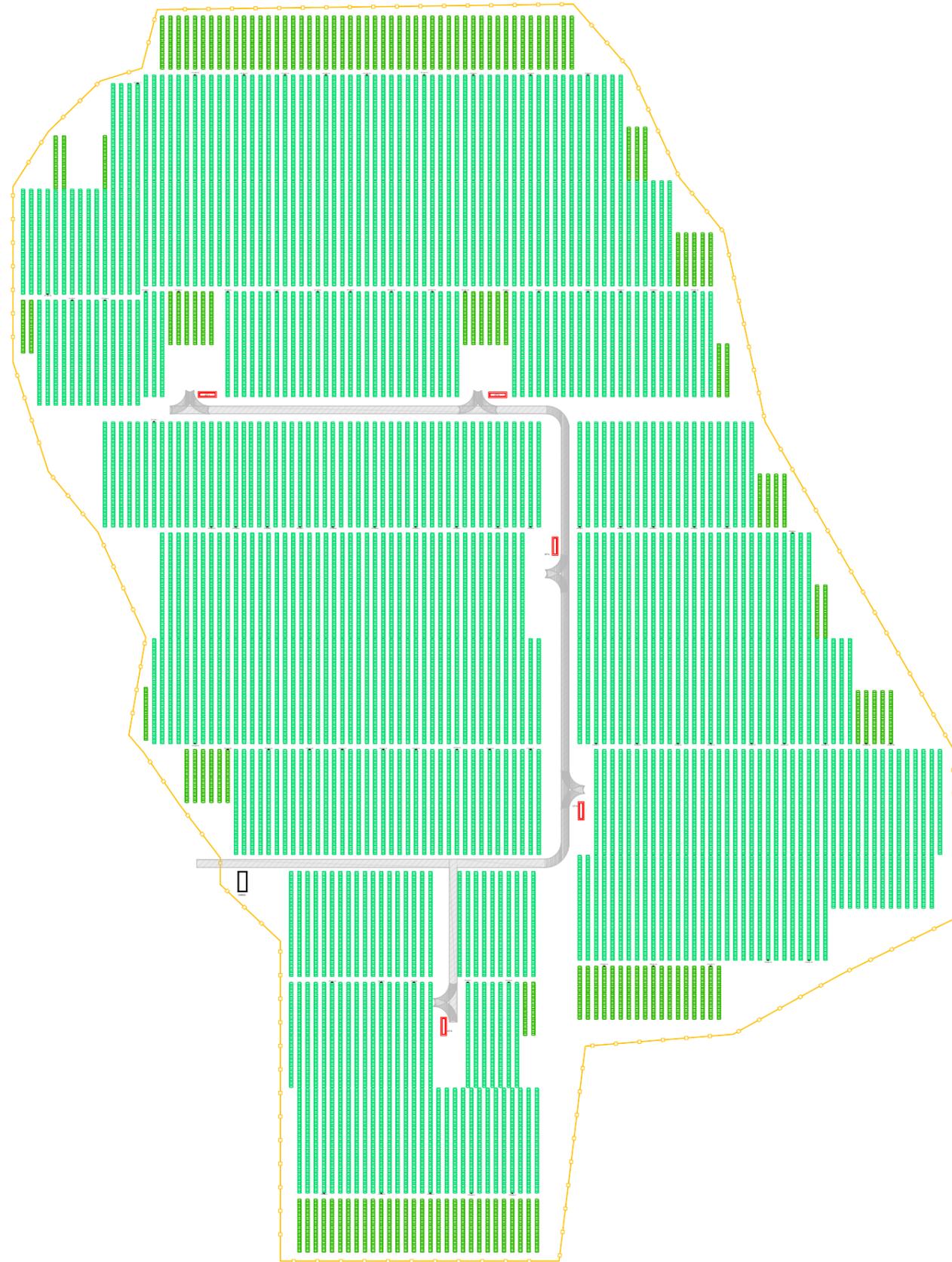
5- For higher operating altitude, pls consult with Huawei.

PLANOS

DISEÑO DE UNA PLANTA SOLAR DE 29,86 MWP Y PROCESO DE LICITACIÓN PRIVADA

CONTENIDO

- A. LAYOUT GENERAL
- B. AGRUPACIÓN STRINGS POR INVERSOR
- C. AGRUPACIÓN POR CENTROS DE TRANSFORMACIÓN
- D. ZANJAS DE BAJA Y MEDIA TENSIÓN
- E. DETALLE ZANJAS BAJA TENSIÓN
- F. DETALLE ZANJAS MEDIA TENSIÓN
- G. BÁCULOS SISTEMA DE SEGURIDAD
- H. DETALLE CELDAS MEDIA TENSIÓN
- I. ESQUEMA UNIFILAR MEDIA TENSIÓN
- J. ESQUEMA UNIFILAR BAJA TENSIÓN



LEYENDA:

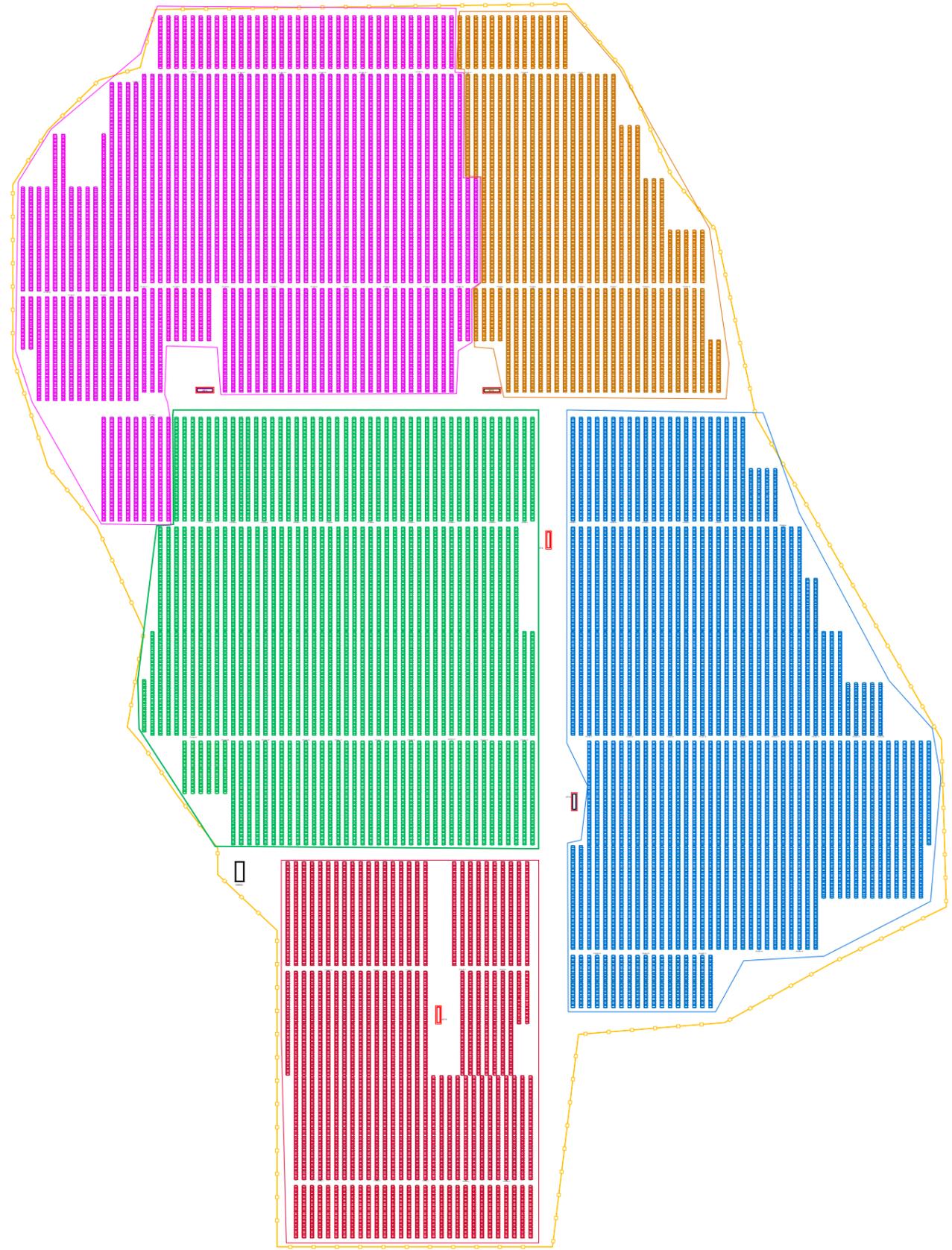
-  Tracker 1V60
-  Tracker 1V30
-  Centro de Transformación
-  Inversor
-  Centro de Seccionamiento

PROYECTO:	TRABAJO FIN DE MASTER	
CLIENTE:	-	FECHA: ENERO 2024
LOCALIZACIÓN:	-	ESCALA: S/E
DIBUJO NOMBRE:	LAYOUT GENERAL	Plano No.: A HOJA: 01



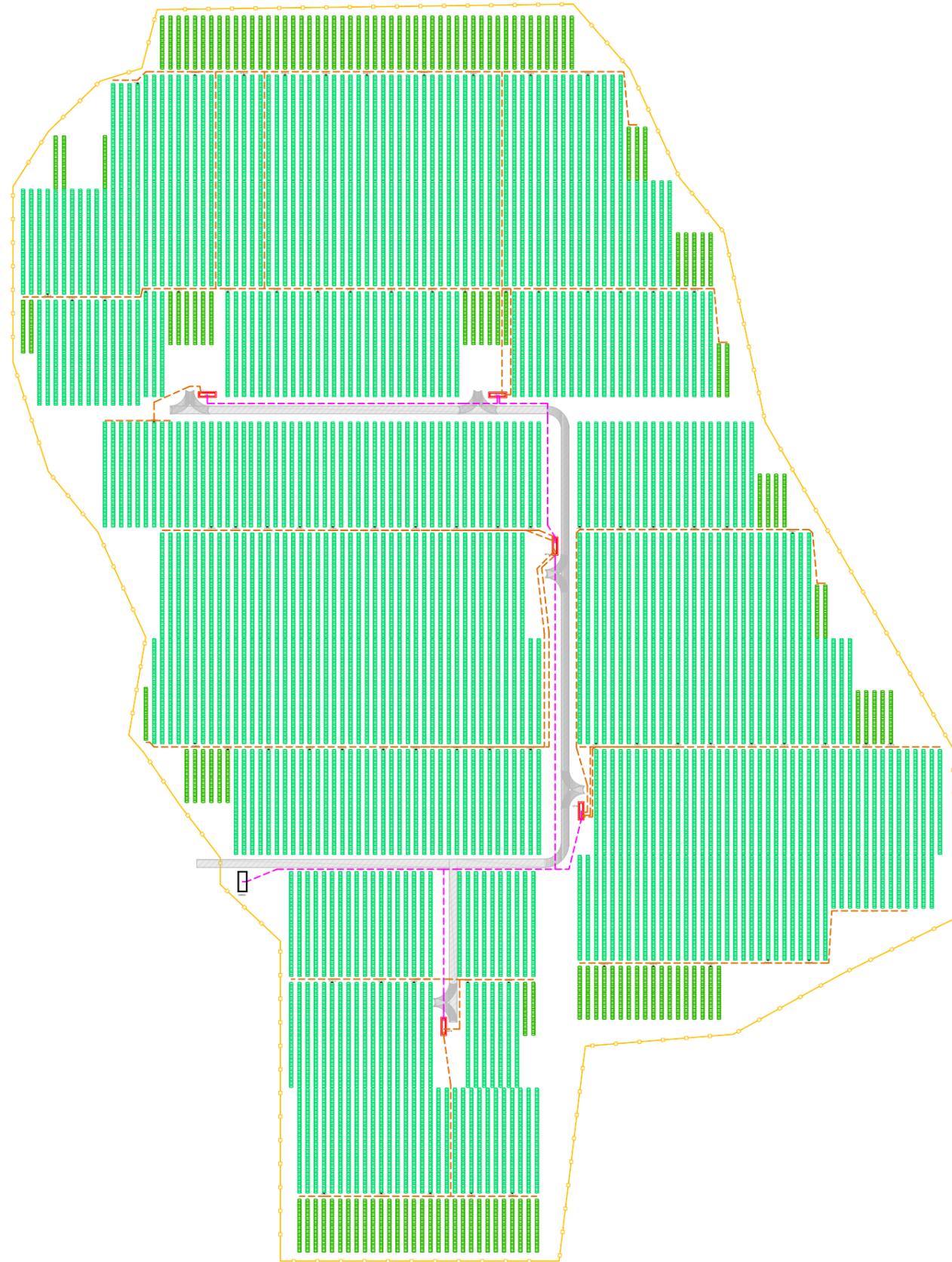
LEYENDA:

PROYECTO:	TRABAJO FIN DE MASTER	
CLIENTE:	-	FECHA: ENERO 2024
LOCALIZACIÓN:	-	ESCALA: S/E
DIBUJO NOMBRE:	AGRUPACIÓN STRINGS POR INVERSOR	Plano No.: B
		HOJA: 02



LEYENDA:

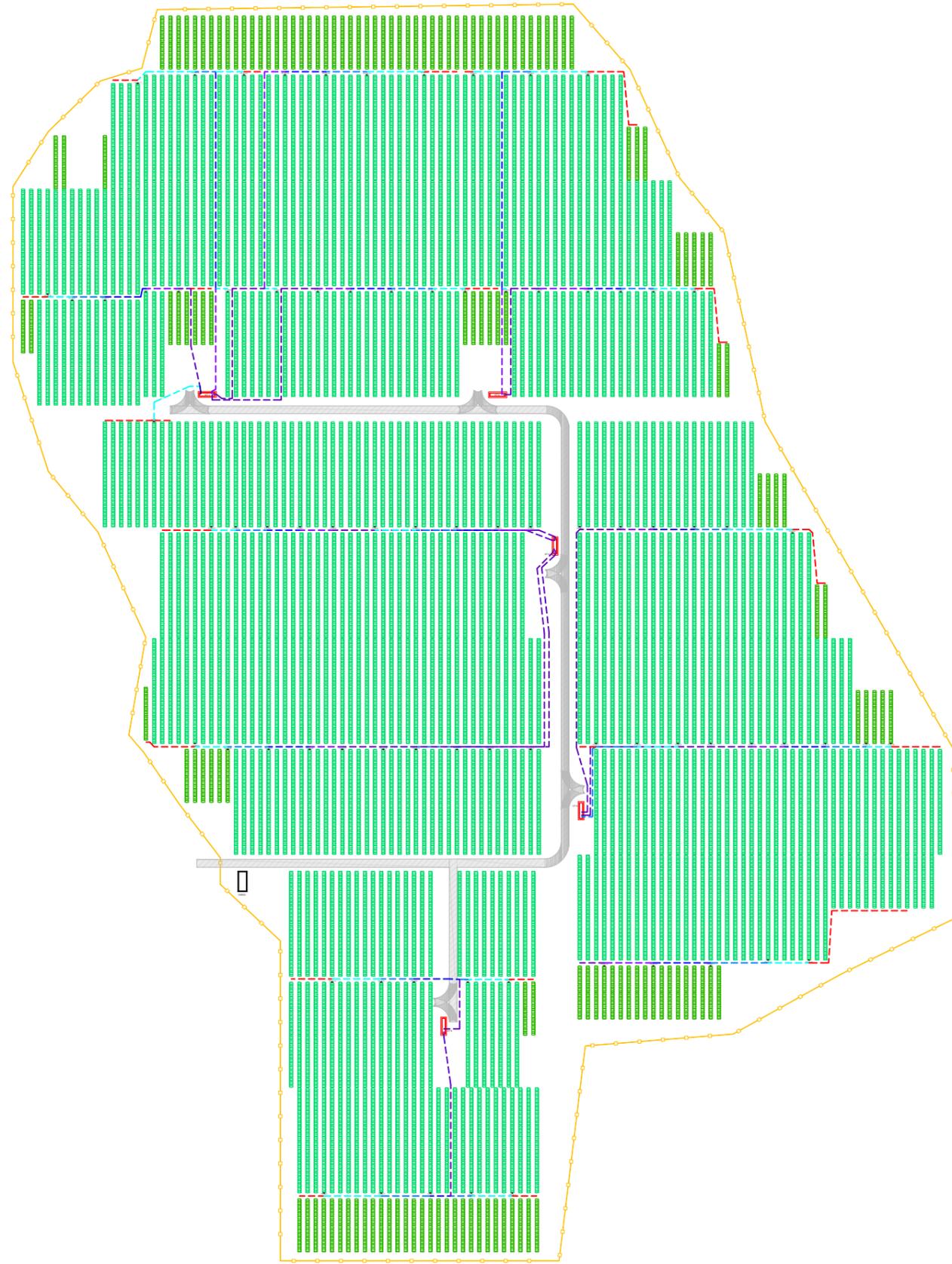
PROYECTO:	TRABAJO FIN DE MASTER	
CLIENTE:	-	FECHA: ENERO 2024
LOCALIZACIÓN:	-	ESCALA: S/E
DIBUJO NOMBRE:	AGRUPACIÓN POR CENTROS DE TRANSFORMACIÓN	Plano No.: C
		HOJA: 03



LEYENDA:

- Zanja Baja Tensión
- Zanja Media Tensión

PROYECTO:	TRABAJO FIN DE MASTER	
CLIENTE:	-	FECHA: ENERO 2024
LOCALIZACIÓN:	-	ESCALA: S/E
DIBUJO NOMBRE:	ZANJAS DE BAJA Y MEDIA TENSIÓN	Plano No.: D HOJA: 04



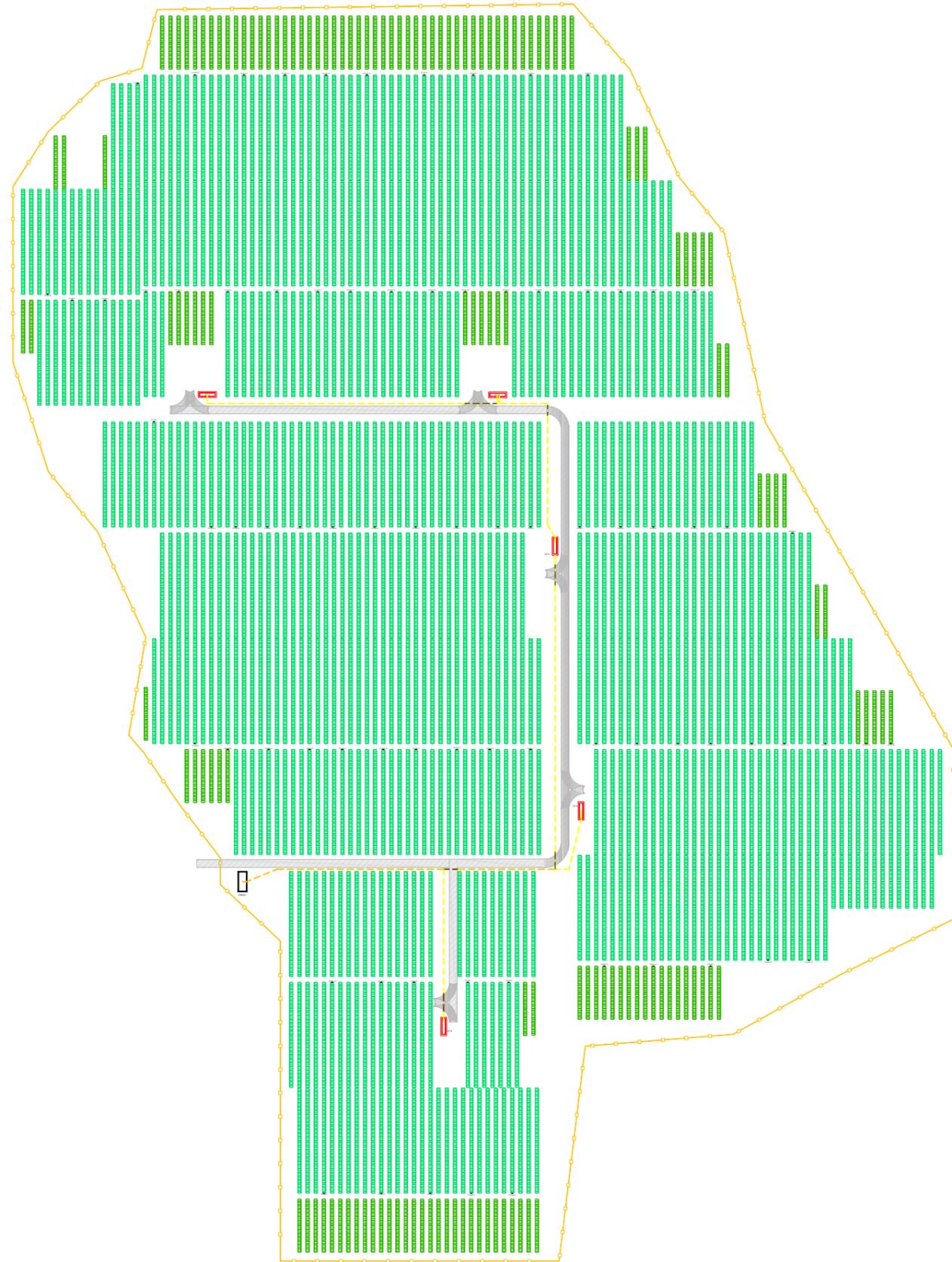
LEYENDA:

- - - - - Zanja Baja Tensión CC - Solar
- - - - - Zanja Baja Tensión AC 1 Circuito

- - - - - Zanja Baja Tensión AC 2 Circuito
- - - - - Zanja Baja Tensión AC 3 Circuito

- - - - - Zanja Baja Tensión AC 4 Circuito
- - - - - Zanja Baja Tensión AC 5 Circuito
- - - - - Zanja Baja Tensión AC 6 Circuito

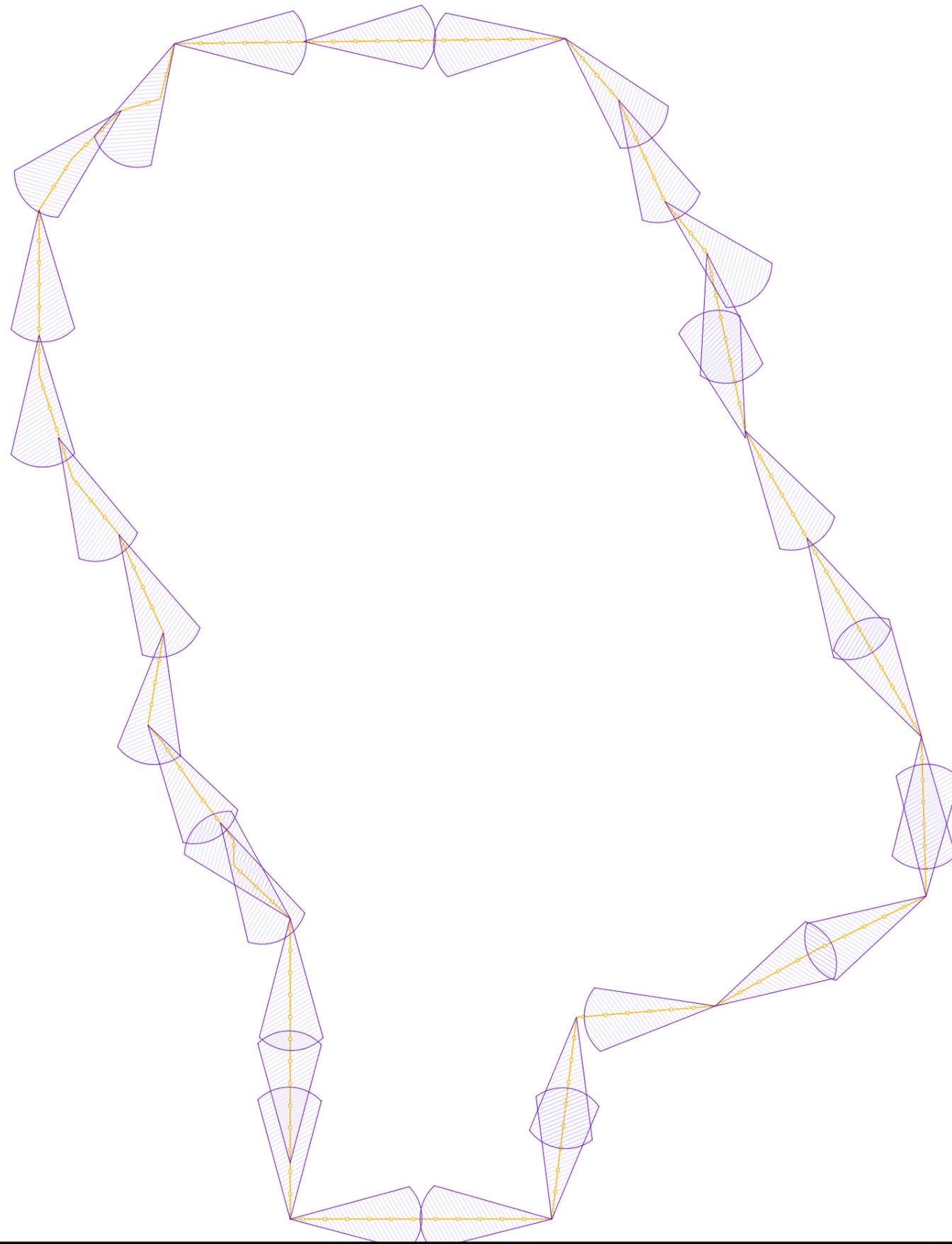
PROYECTO:	TRABAJO FIN DE MASTER	
CLIENTE:	-	FECHA: ENERO 2024
LOCALIZACIÓN:	-	ESCALA: S/E
DIBUJO NOMBRE:	DETALLE ZANJAS BAJA TENSIÓN	Plano No.: E HOJA: 05



LEYENDA:

- - - - - Zanja Media Tensión 1 Circuito
- - - - - Zanja Media Tensión 2 Circuito
- - - - - Zanja Media Tensión 3 Circuito
- - - - - Zanja Media Tensión 1 Circuito Hormigonada
- - - - - Zanja Media Tensión 2 Circuito Hormigonada
- - - - - Zanja Media Tensión 3 Circuito Hormigonada

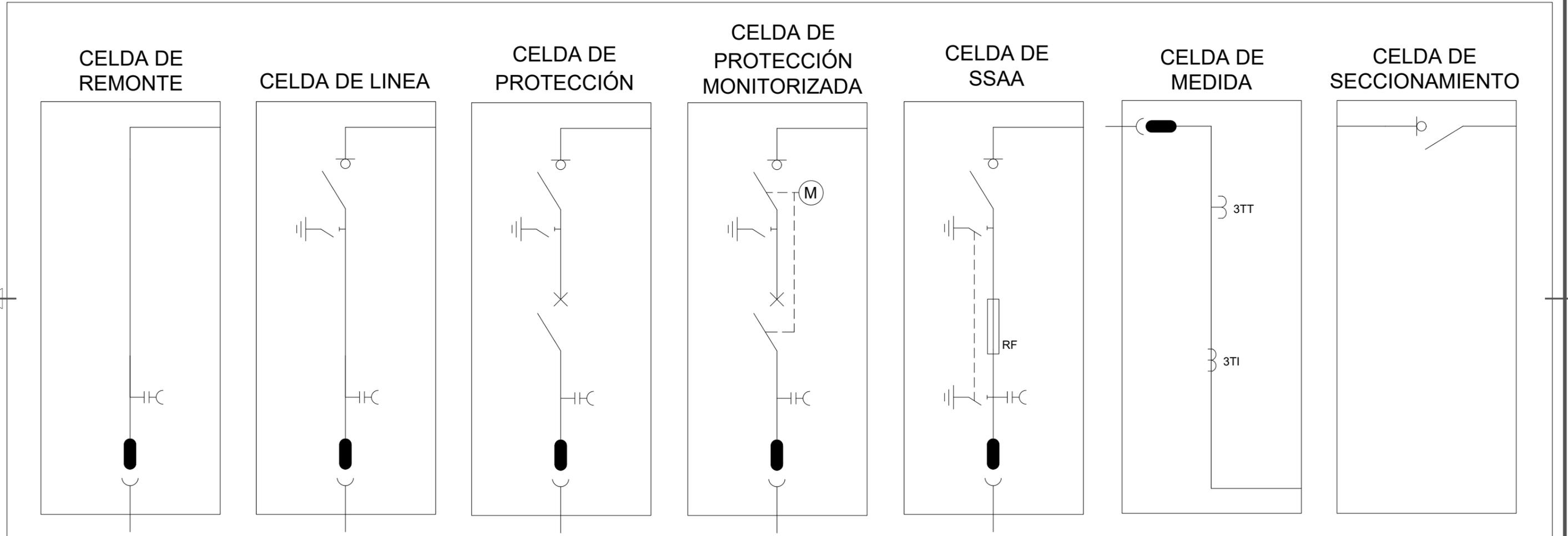
PROYECTO:	TRABAJO FIN DE MASTER	
CLIENTE:	-	FECHA: ENERO 2024
LOCALIZACIÓN:	-	ESCALA: S/E
DIBUJO NOMBRE:	DETALLE ZANJAS MEDIA TENSIÓN	Plano No.: F
		HOJA: 06



LEYENDA:

PROYECTO:	TRABAJO FIN DE MASTER	
CLIENTE:	-	FECHA: ENERO 2024
LOCALIZACIÓN:	-	ESCALA: S/E
DIBUJO NOMBRE:	BÁCULOS SISTEMA DE SEGURIDAD	Plano No.: G HOJA: 07

CELDAS MODULARES TIPO



LEYENDA:

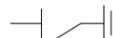
 Interruptor Seccionador

 Interruptor Automático

 Transformador de Tensión

 Ruptofusible

 Seccionador

 Seccionador PAT

 Transformador de Intensidad

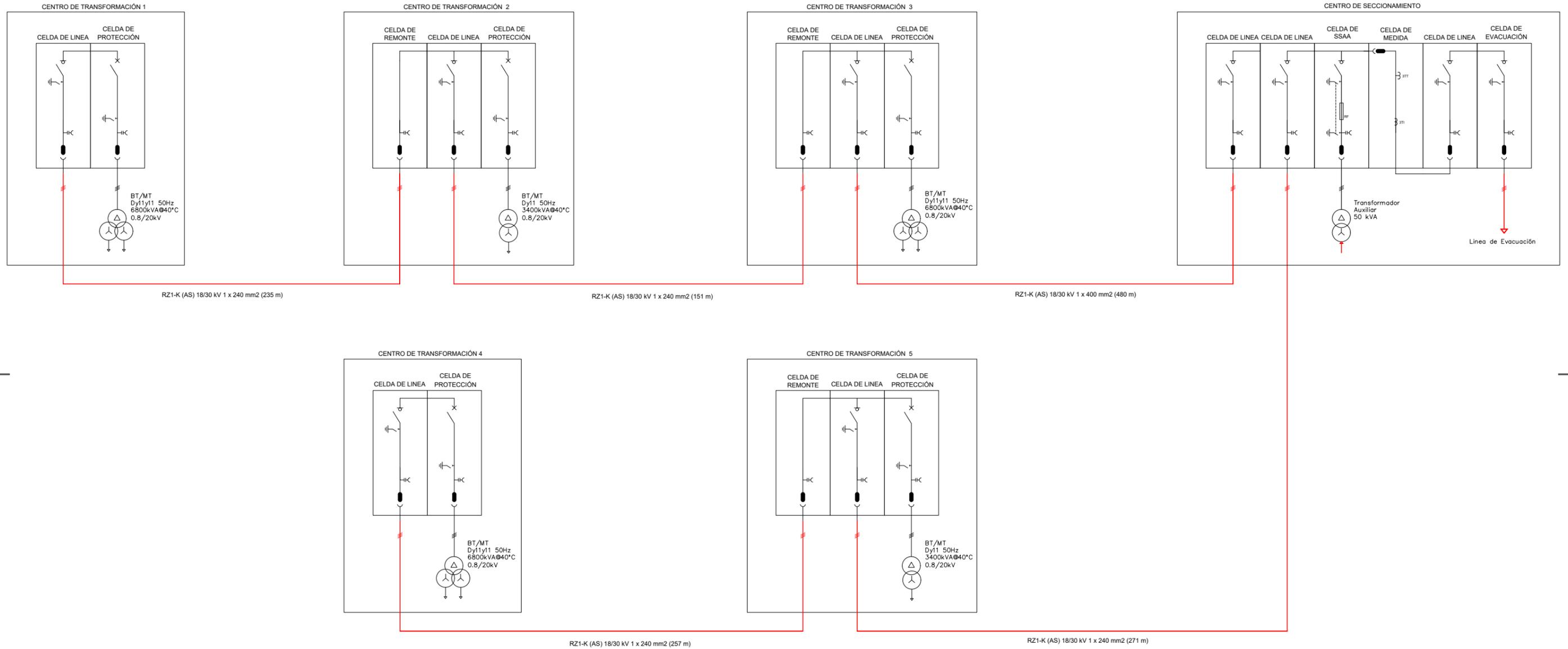
 Detector de Tensión

PROYECTO: TRABAJO FIN DE MASTER

CLIENTE: - FECHA: ENERO 2024

LOCALIZACIÓN: - ESCALA: S/E

DIBUJO NOMBRE: ESQUEMA UNIFILAR MEDIA TENSIÓN Plano No.: H HOJA: 08



LEYENDA:



Interruptor Seccionador



Interruptor Automático



Transformador de Tensión



Ruptofusible



Seccionador



Seccionador PAT

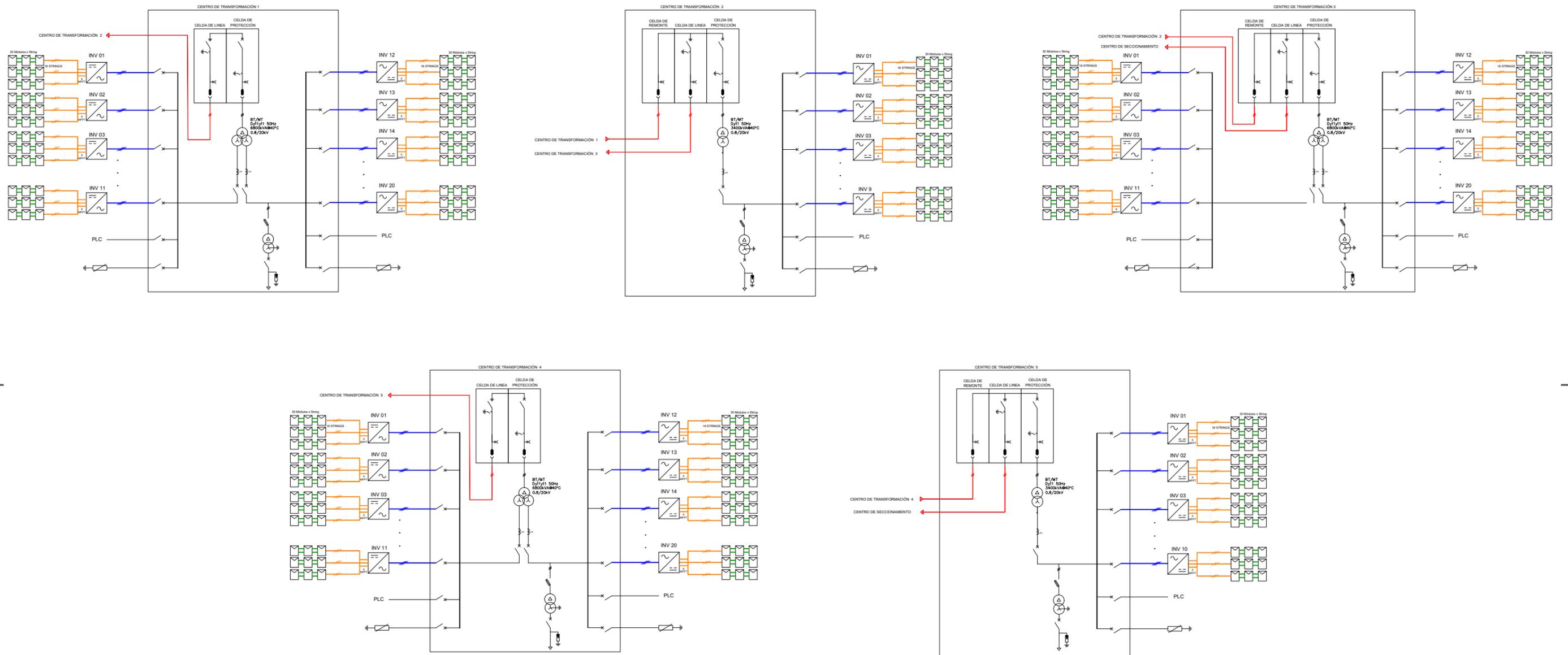


Transformador de Intensidad



Detector de Tensión

PROYECTO:	TRABAJO FIN DE MASTER	
CLIENTE:	-	FECHA: ENERO 2024
LOCALIZACIÓN:	-	ESCALA: S/E
DIBUJO NOMBRE:	DETALLE CELDAS MEDIA TENSION	Plano No.: I HOJA: 09



LEYENDA:

Interruptor Seccionador

Interruptor Automático

Transformador de Tensión

Ruptofusible

Cable Latiguillos Conexión de Módulos

Seccionador

Seccionador PAT

Transformador de Intensidad

Detector de Tensión

Cable CC [Cu XLPE 2x6mm²]

Cable CA [Al XLPE 3x240mm²]

Cable MT

PROYECTO:

TRABAJO FIN DE MASTER

CLIENTE:

FECHA:
ENERO 2024

LOCALIZACIÓN:

ESCALA:
S/E

DIBUJO NOMBRE:

ESQUEMA UNIFILAR BAJA TENSIÓN

Plano No.:
J

HOJA:
10