

PROYECTO



**Sistema de Almacenamiento en Baterías de la Planta
Fotovoltaica PEGASO SOLAR**

**Municipio de Valladolid, Provincia de Valladolid
(España)**

TITULO

**HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO
EN BATERÍAS PEGASO
(31 MW - 124 MWh)**

PROYECTO DE EJECUCIÓN

Nº DE DOCUMENTO

PEGA-SOL-AL-PE-PRY-0001

Nº REVISION	00	DOCUMENTO	LEGALIZACIÓN
FECHA EMISIÓN	11/07/2025	EMITIDO PARA:	

M.R.L.	L.G.C.	J.S.G.V.
Preparado por	Revisado por	Aprobado por

Este documento, así como los contenidos y los signos distintivos aparecidos en el mismo, excepto indicación expresa en contrario, son propiedad expresa de Solaria Energía y Medio Ambiente, S.A., o dispone de las licencias necesarias, por lo que se encuentran protegidos por los derechos de propiedad industrial e intelectual conforme a la legislación española. Se autoriza su reproducción exclusivamente para uso privado y se prohíbe, salvo autorización expresa, la reproducción de todo o parte del mismo en cualquier forma.



VISADO

VISADO: 0416/25 - Fecha: 15/07/2025
Documento sellado con firma electrónica

**COLEGIO DE
INGENIEROS
DEL ICAI**



	HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS PEGASO (31 MW - 124 MWh)	PEGA-SOL-AL-PE-PRY-0001					
	PROYECTO DE EJECUCIÓN	Rev.:	00	Página	2	de	3

RESUMEN DE REVISIONES

Revisión	Fecha	Descripción de los cambios
00	11/07/2025	Documento nuevo

	HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS PEGASO (31 MW - 124 MWh)		PEGA-SOL-AL-PE-PRY-0001					
	PROYECTO DE EJECUCIÓN		Rev.:	00	Página	3	de	3

ÍNDICE GENERAL

DOCUMENTO Nº0: ÍNDICE GENERAL	PEGA-SOL-AL-PE-PRY-0001
DOCUMENTO Nº1: MEMORIA DESCRIPTIVA	PEGA-SOL-AL-PE-MEM-0001
ANEXO I. FICHAS TÉCNICAS DE EQUIPOS	PEGA-SOL-AL-PE-MEM-0001-A01
ANEXO II. RELACIÓN DE BIENES Y DERECHOS AFECTADOS	PEGA-SOL-AL-PE-MEM-0001-A02
ANEXO III. CUMPLIMIENTO DE LAS PRESCRIPCIONES DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS	PEGA-SOL-AL-PE-MEM-0001-A03
ANEXO IV. ESTUDIO DE EMISIONES ACÚSTICAS	PEGA-SOL-AL-PE-MEM-0001-A04
DOCUMENTO Nº2: CÁLCULOS	PEGA-SOL-AL-PE-CAL-0001
ANEXO I. CÁLCULOS ELÉCTRICOS - BAJA TENSIÓN	PEGA-SOL-AL-PE-CAL-0001-A01
ANEXO II. CÁLCULOS ELÉCTRICOS - MEDIA TENSIÓN	PEGA-SOL-AL-PE-CAL-0001-A02
ANEXO III. CÁLCULOS ELÉCTRICOS – RED DE TIERRAS	PEGA-SOL-AL-PE-CAL-0001-A03
ANEXO IV. CÁLCULOS ELÉCTRICOS – CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS	PEGA-SOL-AL-PE-CAL-0001-A04
ANEXO V. CÁLCULOS DE MOVIMIENTO DE TIERRAS	PEGA-SOL-AL-PE-CAL-0001-A05
DOCUMENTO Nº3: PLANOS	PEGA-SOL-AL-PE-DRW-0001
DOCUMENTO Nº4: PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS	PEGA-SOL-AL-PE-PCT-0001
DOCUMENTO Nº5: PRESUPUESTO	PEGA-SOL-AL-PE-PRS-0001
DOCUMENTO Nº6: ESTUDIOS DE ENTIDAD PROPIA	PEGA-SOL-AL-PE-EST-0001
ANEXO I. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD	PEGA-SOL-AL-PE-ESS-0001-A01
ANEXO II. ESTUDIO DE GESTIÓN DE RESIDUOS	PEGA-SOL-AL-PE-EGR-0001-A02
DOCUMENTO Nº7: PLAN DE DESMANTELAMIENTO	PEGA-SOL-AL-PE-PDM-0001

PROYECTO



**Sistema de Almacenamiento en Baterías de la Planta
Fotovoltaica PEGASO SOLAR**

**Municipio de Valladolid, Provincia de Valladolid
(España)**

TITULO

**HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO
EN BATERÍAS PEGASO
(31 MW - 124 MWh)**

PROYECTO DE EJECUCIÓN MEMORIA

Nº DE DOCUMENTO

PEGA-SOL-AL-PE-MEM-0001

Nº REVISION	00	DOCUMENTO	LEGALIZACIÓN
FECHA EMISIÓN	11/07/2025	EMITIDO PARA:	

M.R.L.	L.G.C.	J.S.G.V.
Preparado por	Revisado por	Aprobado por

Este documento, así como los contenidos y los signos distintivos aparecidos en el mismo, excepto indicación expresa en contrario, son propiedad expresa de Solaria Energía y Medio Ambiente, S.A., o dispone de las licencias necesarias, por lo que se encuentran protegidos por los derechos de propiedad industrial e intelectual conforme a la legislación española. Se autoriza su reproducción exclusivamente para uso privado y se prohíbe, salvo autorización expresa, la reproducción de todo o parte del mismo en cualquier forma.



	HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS PEGASO (31 MW - 124 MWh)	PEGA-SOL-AL-PE-MEM-0001					
	PROYECTO DE EJECUCIÓN MEMORIA						
		Rev.:	00	Página	2	de	82

RESUMEN DE REVISIONES

Revisión	Fecha	Descripción de los cambios
00	11/07/2025	Documento nuevo

	HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS PEGASO (31 MW - 124 MWh)	PEGA-SOL-AL-PE-MEM-0001					
	PROYECTO DE EJECUCIÓN MEMORIA						
		Rev.:	00	Página	3	de	82

ÍNDICE

1	JUSTIFICACIÓN DE LA INSTALACIÓN	7
2	ANTECEDENTES	9
3	TITULAR	10
4	NORMATIVA	11
5	COMPATIBILIDAD ELECTROMAGNÉTICA.....	18
6	CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DEL PROYECTO.....	19
6.1	CLASIFICACIÓN DEL SISTEMA DE ALMACENAMIENTO	21
6.2	CONEXIÓN A LA RED ELÉCTRICA.....	21
6.3	SERVICIOS EXISTENTES	22
6.3.1	CARRETERAS	22
7	DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA	23
7.1	EMPLAZAMIENTO	23
7.2	ACCESO	24
7.3	IMPLANTACIÓN DEL PROYECTO	24
7.4	GENERADOR FOTOVOLTAICO (MÓDULO FOTOVOLTAICO)	25
7.5	ESTRUCTURA SOPORTE DE MÓDULOS (SEGUIDOR SOLAR O TRACKER).....	26
7.6	INVERSOR FOTOVOLTAICO	28
7.7	CENTRO DE TRANSFORMACIÓN	30
7.7.1	TRANSFORMADOR DE POTENCIA	31
7.7.2	CELDAS DE MEDIA TENSIÓN (MT)	31
8	DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO DE ALMACENAMIENTO ENERGÉTICO	33



HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS PEGASO (31 MW - 124 MWh)

PROYECTO DE EJECUCIÓN MEMORIA

PEGA-SOL-AL-PE-MEM-0001

Rev.:	00	Página	4	de	82
-------	----	--------	---	----	----

8.1	EMPLAZAMIENTO	33
8.2	DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO.....	35
8.3	SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA.....	36
8.3.1	CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES	36
8.3.2	SISTEMA DE BATERÍAS.....	36
8.3.3	SISTEMA DE CONVERSIÓN DE POTENCIA (PCS)	39
8.3.4	ESTACIÓN DE TRANSFORMACIÓN.....	41
8.3.5	CUADRO DE PROTECCIÓN Y ALIMENTACIÓN SERVICIOS AUXILIARES	42
8.3.6	SISTEMAS AUXILIARES	43
8.3.7	INSTALACIÓN ELÉCTRICA.....	43
8.3.8	PUESTA A TIERRA	44
8.3.9	PROTECCIONES.....	44
8.4	OBRA CIVIL.....	45
8.4.1	CÁLCULO DEL VIAL DE LA ZONA DE ALMACENAMIENTO DE BATERÍAS.....	45
8.4.2	CERRAMIENTO.....	49
8.4.3	SISTEMA DE DRENAJE.....	50
8.4.4	CANALIZACIONES	51
8.4.5	CIMENTACIONES	51
8.4.6	CAMINOS DE ACCESO.....	51
8.5	SISTEMA CONTRA INCENDIO	52
8.5.1	DESCRIPCIÓN GENERAL.....	52
8.5.2	SISTEMA DE DETECCIÓN.....	53





**HIBRIDACIÓN SISTEMA DE
ALMACENAMIENTO
EN BATERÍAS PEGASO
(31 MW - 124 MWh)**

**PROYECTO DE EJECUCIÓN
MEMORIA**

PEGA-SOL-AL-PE-MEM-0001

Rev.: 00 Página 5 de 82

8.5.3	SISTEMA DE EXTINCIÓN	53
8.5.4	LÓGICA DE CONTROL.....	54
8.6	SISTEMA DE MONITORIZACIÓN.....	54
8.7	SISTEMA DE CONTROL COORDINADO DE INSTALACIÓN HÍBRIDA	55
8.7.1	POWER PLANT CONTROLER (PPC) Y ENERGY MANAGEMENT SYSTEM (EMS)	55
8.7.2	CONFIGURACIÓN DE MEDIDA PARA INSTALACIONES CON HIBRIDACIÓN DE TECNOLOGÍA Y ALMACENAMIENTO	56
8.8	SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS.....	58
8.9	SISTEMA DE VENTILACIÓN Y REFRIGERACIÓN	58
8.10	ARMÓNICOS Y COMPATIBILIDAD ELECTROMAGNÉTICA.....	58
8.11	MEDIDA DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA	58
9	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS HABILITADORAS PARA LA INTEGRACIÓN DE RENOVABLES	59
10	CONEXIÓN A SUBESTACIÓN	64
10.1	CARACTERÍSTICAS CELDAS 30 kV	64
10.2	CONEXIÓN DE CABLES.....	66
10.3	ENCLAVAMIENTOS.....	66
10.4	CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS	66
11	LINEAS DE EVACUACIÓN 30 kV	68
11.1	CIRCUITOS EVACUACIÓN 30 kV	68
11.2	CARACTERÍSTICAS GENERALES	68
11.3	MATERIALES DE LOS TRAMOS DE LÍNEA SUBTERRÁNEA.....	69
11.3.1	CABLE AISLADO DE POTENCIA.....	69





**HIBRIDACIÓN SISTEMA DE
ALMACENAMIENTO
EN BATERÍAS PEGASO
(31 MW - 124 MWh)**

**PROYECTO DE EJECUCIÓN
MEMORIA**

PEGA-SOL-AL-PE-MEM-0001

Rev.: 00 Página 6 de 82

11.3.2	CABLE DE COMUNICACIONES	71
11.3.3	TERMINALES	72
11.3.4	CAJAS DE CONEXIÓN	72
11.3.5	EMPALMES	73
11.3.6	DIMENSIONES DE LA CANALIZACIÓN	74
11.4	PUESTA A TIERRA	74
11.4.1	ELEMENTOS A CONECTAR A TIERRA	74
11.4.2	CONEXIONES DE LA PANTALLA DE LOS CABLES	74
11.4.3	DISPOSICIÓN DE LA PUESTA A TIERRA	75
11.5	ENSAYOS ELÉCTRICOS DESPUÉS DE LA INSTALACIÓN	76
12	RELACIÓN DE ORGANISMOS AFECTADOS	77
13	ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD	78
14	PROGRAMA DE EJECUCIÓN	79
15	PRESUPUESTO	80
16	CONCLUSIONES	82



	HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS PEGASO (31 MW - 124 MWh)	PEGA-SOL-AL-PE-MEM-0001				
	PROYECTO DE EJECUCIÓN MEMORIA	Rev.:	00	Página	7	de 82

1 JUSTIFICACIÓN DE LA INSTALACIÓN

GRUPO SOLARIA, ENERGÍA Y MEDIO AMBIENTE es una empresa multinacional española dedicada, junto con sus subsidiarias, al sector de la energía renovable cuyo modelo operativo está centrado en la explotación del negocio de generación eléctrica basada en la energía solar fotovoltaica.

De acuerdo con el Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC), las energías renovables en el 2030 representarán el 74% de la energía eléctrica producida, y su crecimiento estará liderado la energía solar fotovoltaica (+683%) y por la energía eólica (+114%).

El Decreto Ley 16/2019, de medidas urgentes para la emergencia climática y el impulso a las energías renovables supuso un avance importante para el desarrollo de las renovables con grandes cambios regulatorios, en especial para la fotovoltaica.

Este cambio de paradigma en la generación eléctrica supone un reto en la operación del sistema eléctrico, tradicionalmente acostumbrado a la generación síncrona y no dependiente del recurso natural como es la energía solar o eólica. Ante este reto, se ha identificado la necesidad de introducir en el sistema eléctrico capacidad de respaldo que aporte flexibilidad, firmeza y disponibilidad.

Por este motivo, se hace presente la necesidad de dotar a los sistemas de generación de energía renovable de un sistema de almacenamiento que permita no sólo una gestión óptima de la energía producida sino de la capacidad de respaldo anteriormente mencionada.

Las necesidades de almacenamiento en España, derivadas tanto de los objetivos del PNIEC, de la Estrategia de Descarbonización a Largo Plazo (ELP) para 2050 y la Estrategia de Almacenamiento energético, han ascendido a un valor de alrededor de 20GW en 2030 y de 30GW en 2050.

Dentro de todas las opciones de almacenamiento existentes, las baterías ion litio lideran el mercado debido a la flexibilidad de ubicación, elevada eficiencia, escalabilidad y rápida instalación.

La expansión en la capacidad de fabricación de baterías y la disminución de sus costes ha favorecido al mercado de almacenamiento de energía en baterías y ha acelerado el despliegue de proyectos de almacenamiento energético a nivel mundial en los que ha quedado demostrada la versatilidad de estos sistemas para dar soporte a la red en servicios de balance.

Así, el objeto del presente documento es definir la integración de un sistema de almacenamiento de energía basado en baterías de ion litio en la planta solar fotovoltaica Pegaso Solar de 82,50

	HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS PEGASO (31 MW - 124 MWh)	PEGA-SOL-AL-PE-MEM-0001					
	PROYECTO DE EJECUCIÓN MEMORIA						
		Rev.:	00	Página	8	de	82

MWp y de 77,35 MW de potencia instalada en inversores. Esta planta se encuentra construida y en operación.

El sistema de almacenamiento de potencia nominal 31 MW tendrá capacidad de almacenar energía durante cuatro horas (124 MWh) y se conectará a la Subestación elevadora (Subestación Pegaso 30/66 kV) desde donde se evacuará la energía almacenada utilizando la línea de evacuación de la planta fotovoltaica.

El sistema de almacenamiento se compondrá del sistema de baterías de ion litio, de un sistema de conversión de potencia DC/AC y del elemento transformador que eleve la tensión hasta 30 kV. Además, se realizará la ampliación de las celdas y aparellaje de media tensión en la subestación de la planta para la conexión del sistema de almacenamiento.

El sistema de almacenamiento tiene un sistema de gestión y control de la energía propio que se integrará con el sistema SCADA de la planta fotovoltaica para, en todo momento, controlar la producción, carga y descarga de las baterías según consignas y asegurar que no se supera el límite en el punto de inyección.

	HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS PEGASO (31 MW - 124 MWh)	PEGA-SOL-AL-PE-MEM-0001					
	PROYECTO DE EJECUCIÓN MEMORIA						
		Rev.:	00	Página	9	de	82

2 ANTECEDENTES

Mediante la resolución el 21 abril de 2022 de la Dirección General de Política Energética y Minas por la que se otorga a Planta FV 112 S.L. la autorización administrativa previa y la autorización administrativa de construcción para la instalación fotovoltaica Pegaso Solar, las líneas subterráneas a 30 kV, la subestación eléctrica 30/66 kV, la línea subterránea a 66 kV e infraestructuras comunes para evacuación de energía eléctrica, en los términos municipales de Valladolid y La Mudarra (Valladolid).

Con fecha 16 de abril de 2024 la Dirección General de Política Energética y Minas emitió resolución por la que se autoriza la explotación de puesta en marcha definitiva de la PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA “PEGASO SOLAR”.

Por otro lado, para iniciar la tramitación del sistema de almacenamiento con baterías, PLANTA FV112 deposito el Seguro de Caución en la Caja General de Depósitos por importe de SEISCIENTOS VEINTE MIL EUROS (620.000 €). Dicha garantía es para OBTENCIÓN DE LA AUTORIZACIÓN DE EXPLOTACIÓN DE LA INSTALACIÓN DE PRODUCCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA DENOMINADA PROYECTO PEGASO SOLAR DE 31 MW DE POTENCIA DE ALMACENAMIENTO CON BATERÍAS, DE LA HIBRIDACIÓN PEGASO SOLAR DE 108.35 MW (31 MW ALMACENAMIENTO BATERÍAS Y 77.35 MW FOTOVOLTAICO), SITO EN EL MUNICIPIO DE VALLADOLID (VALLADOLID), acorde con el artículo 27.2 del Real Decreto 1183/2020, de 29 de diciembre, de acceso y conexión a las redes de transporte y distribución de energía eléctrica.

Con fecha 12/12/2024 fue notificado a PLANTA FV112 comunicación de aceptación de garantía para la tramitación del procedimiento de actualización del acceso y conexión de la instalación híbrida con almacenamiento.

Con fecha 13/02/2025, PLANTA FV112 recibió el Documento de aceptación de actualización de acceso y conexión por parte de REE para la hibridación de la instalación de generación en relación con el Proyecto de PEGASO SOLAR (31 MW de Almacenamiento con Batería y 77.35 MW Fотоволтаicos).

En paralelo, se aclara que en estos momentos se ha solicitado la actualización del permiso de acceso y conexión para capacidad de demanda, cuestión que aún no se encuentra aprobada.

En cualquiera de los casos, la posibilidad de adjudicación de la demanda y, por tanto, la capacidad de carga de la batería de la red, no modifica la instalación, ni desde el punto de vista técnico, pues tanto la instalación como el sistema de conexionado permanecería invariable, ni desde el punto de vista ambiental, puesto que no se incorpora ningún elemento adicional.

	HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS PEGASO (31 MW - 124 MWh)	PEGA-SOL-AL-PE-MEM-0001					
	PROYECTO DE EJECUCIÓN MEMORIA						
		Rev.:	00	Página	10	de	82

3 TITULAR

A continuación, se resumen los datos principales del titular y a la vez promotor del Proyecto:

- Sociedad: PLANTA FV 112, S.L.
- CIF: B - 88241377
- Domicilio social: C/ Princesa 2, 4ª planta, 28008 Madrid

	HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS PEGASO (31 MW - 124 MWh)	PEGA-SOL-AL-PE-MEM-0001					
	PROYECTO DE EJECUCIÓN MEMORIA						
		Rev.:	00	Página	11	de	82

4 NORMATIVA

Tanto en la redacción del presente proyecto como durante la ejecución de las obras descritas se tendrán en cuenta las siguientes disposiciones y reglamentaciones:

NORMATIVA TÉCNICA:

- Real Decreto-ley 7/2025, de 24 de junio, por el que se aprueban medidas urgentes para el refuerzo del sistema eléctrico (BOE nº 152, de 25 de junio de 2025).
- Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico (BOE nº 310, de 27 de diciembre, de 2013).
- Ley 21/1992, de 16 de julio, de Industria (BOE nº 176, de 23/7/92).
- Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico. (BOE núm. 310, de 27 de noviembre de 2013).
- Ley 17/2007, de 4 de Julio, por la que se modifica la Ley 54/1997, de 27 de noviembre, del Sector Eléctrico, para adaptarla a los dispuesto en la Directiva 2003/54/CE, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 26 de junio de 2003, sobre normas comunes para el mercado interior de la electricidad (BOE 05/07/07).
- Real Decreto 1955/2000, de 1 de diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica (BOE núm. 310, de 27 de diciembre de 2000; con corrección de errores en BOE núm. 62, de 13 de marzo de 2001).
- Real Decreto 337/2014 Reglamento sobre centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación.
- Real Decreto 842/2002, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión (BOE nº 224, de 18/09/2002).
- Orden de 5 de septiembre de 1985 para la que se establecen normas administrativas y técnicas para el funcionamiento y conexión a las redes eléctricas de centrales hidroeléctricas de hasta 5000 kVA y centrales de autogeneración eléctrica (BOE nº 219, de 12 de septiembre de 1985).





**HIBRIDACIÓN SISTEMA DE
ALMACENAMIENTO
EN BATERÍAS PEGASO
(31 MW - 124 MWh)**

**PROYECTO DE EJECUCIÓN
MEMORIA**

PEGA-SOL-AL-PE-MEM-0001

Rev.: 00 Página 12 de 82

- Real Decreto 413/2014, de 6 de junio, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables, cogeneración y residuos. (BOE nº 140, de 10 de junio de 2014).
- Pliego de condiciones técnicas para instalaciones conectadas a la red PCT-C, IDAE 2002.
- Real Decreto 1110/2007, de 24 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento unificado de puntos de medida del sistema eléctrico (BOE nº 224, de 18 de septiembre de 2007).
- Orden de 12 de abril de 1999 por la que se dictan las instrucciones técnicas complementarias al Reglamento de Puntos de Medida de los Consumos y Tránsitos de Energía Eléctrica (BOE 95, 21-04-1999).
- Real Decreto 223/2008, de 15 de febrero, por el que se aprueba 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 68, 19-03-2008).
- Corrección de errores del Real Decreto 337/2014, de 9 de mayo, por el que se aprueban el reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión y sus instrucciones técnicas complementarias ITC-RAT 01 a 23 (BOE 09.06.14).
- Real Decreto 560/2010, de 7 de mayo, por el que se modifican diversas normas reglamentarias en materia de seguridad industrial para adecuarlas a la Ley 17/2.009, de 23 de noviembre, sobre el libre acceso a las actividades de servicios y su ejercicio, y a la Ley 25/2.009, de 22 de diciembre, de modificación de diversas leyes para su adaptación a la Ley sobre el libre acceso a las actividades de servicios y su ejercicio (BOE 22.05.10).
- Modificaciones posteriores al Real Decreto 1.955/2.000 (RD 2351/2.004).
- Normativa Europea EN.
- Normativa CENELEC.
- Normativa CEI.
- Normativa UNE establecidas como Obligado Cumplimiento en la Reglamentación Vigente y sus actualizaciones.
- Normas NLT del CEDEX (Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas).
- Otras normas y recomendaciones (IEEE, MF, ACI, CIGRE, ANSI, AISC, etc.).

	HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS PEGASO (31 MW - 124 MWh)	PEGA-SOL-AL-PE-MEM-0001					
	PROYECTO DE EJECUCIÓN MEMORIA						
		Rev.:	00	Página	13	de	82

- Orden de 9 de marzo de 1971 por la que se aprueba la Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo.
- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales. (BOE núm. 269, de 10 de noviembre de 1995).
- Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las Disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.
- Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las Disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo y modificaciones posteriores.
- Real Decreto 487/1997, de 14 de abril, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la manipulación manual de cargas que entrañe riesgos, en particular dorsolumbares, para los trabajadores.
- Real Decreto 773/1997, de 30 de mayo, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual, corrección de errores y modificaciones posteriores.
- Real Decreto 614/2001, de 8 de junio, sobre Disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.
- Real Decreto 164/2025, de 4 de marzo, por el que se aprueba el Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales.
- Recomendaciones UNESA.
- Real Decreto 1627/1997 de 24 de octubre de 1.997 sobre Disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en las obras.
- Condiciones impuestas por los Organismos Públicos afectados y Ordenanzas Municipales.
- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.
- Prescripciones de seguridad para trabajos y maniobras en Instalaciones Eléctricas, de la Comisión Técnica Permanente de la Asociación de Medicina y Seguridad en el Trabajo de UNESA.
- Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.

	HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS PEGASO (31 MW - 124 MWh)	PEGA-SOL-AL-PE-MEM-0001					
	PROYECTO DE EJECUCIÓN MEMORIA						
		Rev.:	00	Página	14	de	82

- Real Decreto 732/2019, de 20 de diciembre, por el que se modifica el Código Técnico de la Edificación, aprobado por el Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo.
- Instrucciones técnicas de los fabricantes y suministradores de equipos.
- Normas particulares y de normalización de la Cía. Suministradora de Energía Eléctrica.
- UNE 20432-3/1994: Ensayo de cables eléctricos.
- UNE 20460-4-41/1998: Instalaciones eléctricas en edificios.
- UNE 21081/1999: Interruptores automáticos de corriente alterna para alta tensión.
- UNE 21127/1991: Tensiones normales.
- UNE 21587/1996: Transformadores de medida.
- UNE EN 60909-0/2002: Corrientes de cortocircuito.
- UNE EN 61330/1997: Centros de transformación prefabricados.
- Instrucción de Servicio 2-CT/2003 sobre el mantenimiento obligatorio para los Centros de Transformación.
- Instrucción de Servicio 1-AT/2004 de la Dirección General de Industria y Energía sobre modelos de Certificados de inspección de instalaciones de alta tensión.
- Normas particulares compañía eléctrica para instalaciones de alta tensión (hasta 30 kV) y baja tensión.
- Pliego de Condiciones Técnicas para instalaciones conectadas a red (IDAE).
- Directiva 2014/30/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 26 de febrero de 2014, sobre la armonización de las legislaciones de los Estados miembros en materia de compatibilidad electromagnética (refundición).
- Normas Urbanísticas del municipio
- Demás condiciones impuestas por los Organismos públicos afectados y ordenanzas Municipales.

LEGISLACIÓN INTERNACIONAL

- IEC 60228: International Standard of the International Electrotechnical Commission for insulated cable conductors



HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS PEGASO (31 MW - 124 MWh)

PROYECTO DE EJECUCIÓN MEMORIA

PEGA-SOL-AL-PE-MEM-0001

Rev.:	00	Página	15	de	82
-------	----	--------	----	----	----

- IEC 60502-1: International Standard of the International Electrotechnical Commission for cables rated at 1 kV ($U_{max} = 1.2 \text{ kV}$) and 3 kV ($U_{max} = 3.6 \text{ kV}$)
- IEC 60304: International Standard of the International Electrotechnical Commission for standard insulation colors for cables and low frequency networks.
- IEC 60216: International Standard of the International Electrotechnical Commission – Materials for Electrical Insulation – Thermal Properties and Durability
- IEC 60229: International Standard of the International Electrotechnical Commission for tests of exterior coverings with a special protection function and that are applied by extrusion.
- IEC 60230: International Standard of the International Electrotechnical Commission for impulse testing on cables and their accessories
- IEC 60811: International Standard of the International Electrotechnical Commission for Common test methods for insulation materials and electrical cable coverage
- IEEE 48: Standard of the Institute of Electrical and Electronics Engineers for terminals of medium and high voltage cables

NORMATIVA MEDIOAMBIENTAL:

- Real Decreto 1432/2008, de 29 de agosto, por el que se establecen medidas para la Protección de la avifauna contra la colisión y la electrocución en líneas eléctricas de alta tensión (BOE nº 222, 13/09/2008).
- Ley 9/2018, de 5 de diciembre, por la que se modifica la Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de evaluación ambiental
- Ley 21/2015, de 20 de julio, por la que se modifica la Ley 43/2003, de 21 de noviembre, de Montes.

NORMATIVA PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES:

- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, corrección de errores y modificaciones posteriores.
- Orden de 9 de marzo de 1971 por la que se aprueba la Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo.



	HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS PEGASO (31 MW - 124 MWh)	PEGA-SOL-AL-PE-MEM-0001				
	PROYECTO DE EJECUCIÓN MEMORIA	Rev.:	00	Página	16	de 82

- Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las Disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.
- Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las Disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo y modificaciones posteriores.
- Real Decreto 487/1997, de 14 de abril, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la manipulación manual de cargas que entrañe riesgos, en particular dorsolumbares, para los trabajadores.
- Real Decreto 773/1997, de 30 de mayo, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual, corrección de errores y modificaciones posteriores.
- Real Decreto 614/2001, de 8 de junio, sobre Disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.
- Real Decreto 164/2025, de 4 de marzo, por el que se aprueba el Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales.
- Prescripciones de seguridad para trabajos y maniobras en Instalaciones Eléctricas, de la Comisión Técnica Permanente de la Asociación de Medicina y Seguridad en el Trabajo de UNESA.

NORMATIVA URBANÍSTICA:

- Condiciones técnicas que deberán incluirse en los proyectos que se presenten en cumplimiento del reglamento de actividades y calificados como molestas por producción de ruidos y vibraciones.
- Ordenanzas Municipales
- Real Decreto Legislativo 7/2015, de 30 de octubre, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Suelo y Rehabilitación Urbana.
- Real Decreto 1093/1997, de 4 de julio, por el que se aprueban las normas complementarias al Reglamento para la ejecución de la Ley Hipotecaria sobre inscripción en el Registro de la Propiedad de actos de naturaleza urbanística.
- Real Decreto 1346/1976, de 9 de abril, por el que se aprueba el Texto Refundido de la Ley sobre el Régimen del Suelo y Ordenación Urbana.



	HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS PEGASO (31 MW - 124 MWh)	PEGA-SOL-AL-PE-MEM-0001				
	PROYECTO DE EJECUCIÓN MEMORIA	Rev.:	00	Página	17	de 82

- Real Decreto 2159/1978, de 23 de junio, por el que se aprueba el Reglamento de Planeamiento para desarrollo de la Ley sobre Régimen del Suelo y Ordenación Urbana.
- Real Decreto 3288/1978, de 25 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento de Gestión Urbanística.
- Real Decreto 2187/1978, de 23 de junio, por el que se aprueba el Reglamento de Disciplina Urbanística para el desarrollo de la Ley sobre Régimen del Suelo y Ordenación Urbana.
- Real Decreto Legislativo 7/2015, de 30 de octubre, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Suelo y Rehabilitación Urbana. (BOE núm. 261, de 31 de octubre de 2015).
- Decreto 1006/1966, de 7 de abril, por el que se aprueba el Reglamento de Reparcelaciones de suelo afectado por Planes de Ordenación Urbana.
- Real Decreto 1169/1978, de 2 de mayo, sobre creación de Sociedades Urbanísticas por el Estado, los organismos autónomos y las Corporaciones Locales de acuerdo con el artículo 115 de la Ley del Suelo.

	HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS PEGASO (31 MW - 124 MWh)	PEGA-SOL-AL-PE-MEM-0001				
	PROYECTO DE EJECUCIÓN MEMORIA					
		Rev.:	00	Página	18	de 82

5 COMPATIBILIDAD ELECTROMAGNÉTICA

La instalación estará asegurada para cumplir con la compatibilidad electromagnética, considerando que los equipos de control y protecciones serán digitales, basados en microprocesadores cuyas características se muestran a continuación:

- La rigidez dieléctrica de los equipos será de 2 kV, 50 Hz, 1 minuto y el nivel de impulso de 5 kV, 1,2/50 μ s, 0,5 J, según norma UNE EN 60255-27:2014.
- De acuerdo con la norma UNE EN 60255-26:2013:
 - El nivel de protección frente a interferencias de A.F (onda oscilatoria de 1 MHz) será de 2,5 kV en modo común y 1 kV en modo diferencial.
 - Para las descargas electrostáticas, la tensión de salida (modo de descarga en el aire) será de 8 kV.
 - El nivel de inmunidad de los equipos frente a radio interferencias cumplirá con lo indicado en esta norma y se ensayará según la norma UNE EN 60255-26.
 - Los equipos serán de clase A frente a transitorios rápidos.

	HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS PEGASO (31 MW - 124 MWh)		PEGA-SOL-AL-PE-MEM-0001				
	PROYECTO DE EJECUCIÓN MEMORIA		Rev.:	00	Página	19	de 82

6 CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DEL PROYECTO

El sistema de almacenamiento se utilizará para hibridar la Planta Solar Fotovoltaica Pegaso Solar de 82,50 MWp y de 77,35 MW de potencia instalada en inversores. Esta planta está formada por 150.960 paneles fotovoltaicos, 105.360 paneles de 545Wp y 45.600 paneles de 550 Wp, dispuestos en seguidores solares, y Centros de Transformación que se conectan mediante tendido eléctrico de 30 kV soterrado en zanja con la Subestación Transformadora Pegaso 30/66 kV, donde se eleva la tensión a 66 kV para entrar en la red de alta tensión que le llevará, mediante una línea de 66 kV, hasta la Subestación Transformadora Oliva 66/400 kV y posteriormente, mediante una línea de 400 kV, hasta la Subestación La Mudarra 400 kV, donde se conecta a la red de transporte (REE) en la Subestación La Mudarra 400 kV.

A continuación, se resumen las características principales de la planta solar fotovoltaica ya construida y en funcionamiento:

Tabla 1. Características planta solar FV

CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE LA INSTALACIÓN FV	
DENOMINACIÓN	PLANTA FOTOVOLTAICA PEGASO SOLAR
PROMOTOR	SOLARIA PROMOCIÓN Y DESARROLLO FOTOVOLTAICO S.L.U
EMPLAZAMIENTO	U.T.M. (X): 345.220 / U.T.M. (Y): 4.627.542
Localidad	Término Municipal Valladolid
Provincia	Valladolid (Castilla y León)
Tipo de Instalación	Fotovoltaica
MÓDULO FOTOVOLTAICO	
Fabricante y modelo	TONGWEI TH545-550PMB6-58SDC
Potencia panel media (Wp)	546,51
Número total de paneles	150.960
Número total de paneles 545 Wp	105.360
Número total de paneles 550 Wp	45.600
Potencia Pico total (kWp)	82.501,20
Nº de módulos por string	30
ESTRUCTURA DE SOPORTE DE MÓDULOS	
Estructura	Seguidor Soltec SFOne Tandem (Bifila)
Tipo de estructura	1Vx60
Nº de módulos FV por estructura	60
Nº de estructuras	1.258
Pitch	5,5 m
INVERSORES	
Fabricante y modelo	SINENG EP-3125-HC-UD
Potencia nominal/inversor (kVA) a 25°C	3.594
Potencia nominal/inversor (kVA) a 35°C	3.516
Potencia nominal/inversor (kVA) a 45°C	3.125



HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS PEGASO (31 MW - 124 MWh)

PROYECTO DE EJECUCIÓN MEMORIA

PEGA-SOL-AL-PE-MEM-0001

Rev.: 00 Página 20 de 82

Número de inversores	22
Potencia nominal total (kW a temperatura diseño)	77.352
Ratio DC/AC de la instalación	1.07
CENTROS DE TRANSFORMACIÓN	
Tipo	10 Twin Skid y 2 Simple Skid
Potencia unitaria / relación / tipo	6,25 MVA (10) y 3,125 MVA (2) - 0,6/30kV
Número de centros de transformación	12
Potencia total instalada en transformadores (MVA)	68,75
Transformador servicios auxiliares por centro de transformación	1
LÍNEAS SUBTERRÁNEAS DE MT 30 kV	
Tipo de montaje	Directamente enterrada en zanja según RAT
Tipo de conductor	Al XLPE 18/30 kV
Sección	240mm ² / 400mm ² / 630mm ²
Número de circuitos	5

A continuación, se resumen las características principales del sistema de almacenamiento:

Tabla 2. Características sistema almacenamiento

CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE LA INSTALACIÓN DE ALMACENAMIENTO	
EMPLAZAMIENTO	Sistema de Almacenamiento (ETRS89 Zona 30): 342391 ; 4627408
Localidad	Término Municipal Valladolid
Provincia	Valladolid
TIPO DE INSTALACIÓN	Almacenamiento
SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA	
Fabricante	Sungrow o similar
Potencia almacenamiento para generación (MW)	31
Energía almacenamiento para generación (MWh)	124
Potencia dimensional (MW)	31,14
Energía dimensional (MWh)	160,48
Baterías	Ion litio - LFP
Contenedor de Baterías 5,015 MWh	Sungrow o similar
Número de contenedores de baterías	32
Convertidor Bidireccional (PCS)	Sungrow o similar
Número de PCS	192 (84 de SC210HX y 108 de SC125HX)
Estaciones de Transformación 5,14 MVA	Sungrow o similar
Número de estaciones de transformación	8
Acoplamiento	Lado CA
Capacidad de almacenamiento	4 horas

Valores sujetos a posibles modificaciones dependiendo del avance de la tecnología, nunca superiores a las limitaciones establecidas en la legislación vigente

En base a lo anteriormente expuesto, se concluye (referencias a criterios internos de diseño):

	HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS PEGASO (31 MW - 124 MWh)	PEGA-SOL-AL-PE-MEM-0001					
	PROYECTO DE EJECUCIÓN MEMORIA						
		Rev.:	00	Página	21	de	82

- Se trata de un proyecto de almacenamiento energético híbrido con instalación de generación eléctrica a partir de fuentes de energía renovable (solar fotovoltaica) en territorio nacional, siendo la instalación solar fotovoltaica ya existente.
- Se supera la potencia mínima exigida de 1MW o 1MWh de capacidad de almacenamiento.
- Se cumple la capacidad de almacenamiento igual o superior a 4 horas.
- No se supera el ratio de 1 MW de potencia del sistema de almacenamiento por 1 MW de potencia de la instalación de producción de energía renovable con la que se hibrida.
- Se cumple que la potencia de almacenamiento de la instalación esté dimensionada, al menos, un 40% de la potencia de generación de la planta solar FV con la que se hibrida en el punto de conexión.

Nótese que la potencia/energía instalada del sistema se ha sobredimensionado para poder garantizar el proveer al menos un 40% de la potencia de generación de la planta FV durante cuatro horas y cumplir otros requisitos técnicos como el factor de potencia 0.9284 (40% Q/P).

6.1 CLASIFICACIÓN DEL SISTEMA DE ALMACENAMIENTO

Se considera de acuerdo con la Norma técnica de supervisión de la conformidad de los módulos de generación de electricidad según el Reglamento UE 2016/631, la instalación estaría clasificada como tipo C, ya que su punto de conexión es inferior a 110 kV y su capacidad máxima es superior a 5 MW e igual o inferior a 50 MW.

En el apartado 4.6.4 de la Norma técnica de supervisión de la conformidad de los módulos de generación de electricidad según el Reglamento UE 2016/631 se establece que “los sistemas de almacenamiento por baterías de un MGE híbrido, les serán de aplicación todos los requisitos correspondientes a una UGE de MPE detallados en el apartado 5 de esta Norma Técnica”.

6.2 CONEXIÓN A LA RED ELÉCTRICA

Para realizar la conexión a la red de evacuación de la energía almacenada en el sistema de almacenamiento hasta el punto de conexión a la red de transporte, se conectará a la subestación de la planta SE Pegaso 30/66 kV. Desde ahí, se conecta con la Subestación Transformadora SE Oliva 66/400 kV mediante línea de 66 kV, donde se eleva la tensión a 400 kV para entrar en la red de alta tensión que le llevará mediante una línea de 400 kV hasta la Subestación de REE La Mudarra 400 kV donde se conecta en la red de transporte.

	HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS PEGASO (31 MW - 124 MWh)	PEGA-SOL-AL-PE-MEM-0001				
	PROYECTO DE EJECUCIÓN MEMORIA	Rev.: 00	Página 22	de	82	



PLANTA FOTOVOLTAICA PEGASO SOLAR

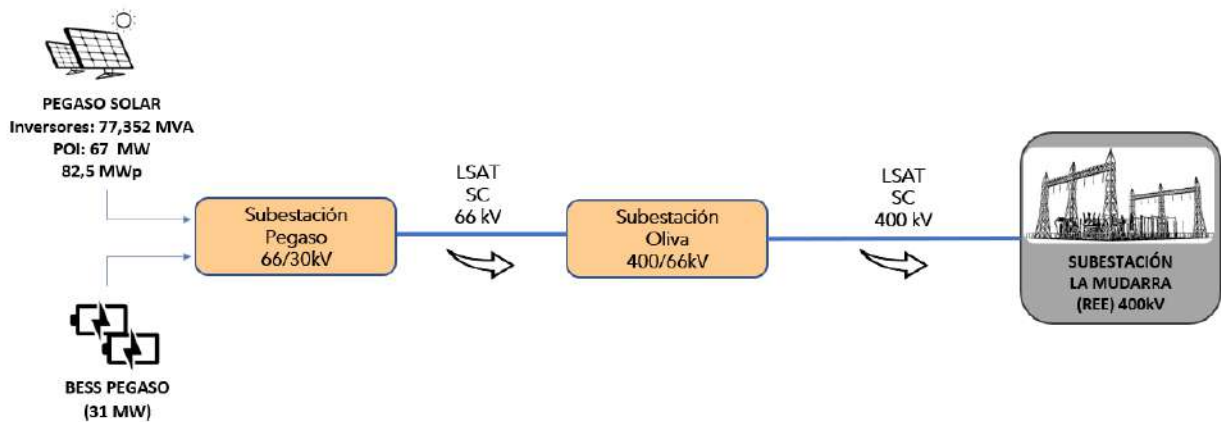


Imagen 1. Esquema General Hibridación

6.3 SERVICIOS EXISTENTES

6.3.1 CARRETERAS

La carretera VA-VP4502 pasa por la localidad de Valladolid, provincia de Valladolid en la Comunidad Autónoma de Castilla y León. El camino de acceso a la subestación y a la instalación de almacenamiento se conecta a la carretera VA-VP4502 en el km 4 en el punto X: 344271 / Y: 4627514.

7 DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA

La Planta Solar Fotovoltaica Pegaso Solar cuenta con una potencia pico de 82,50 MWp y una potencia instalada en inversores de 77,35 MW.

7.1 EMPLAZAMIENTO

La planta fotovoltaica Pegaso Solar se sitúa en la provincia de Valladolid, en el término municipal de Valladolid.

Las coordenadas UTM ETRS89-30N del proyecto son las siguientes:

- E: 345220
- N: 4627542

El emplazamiento de la planta es el que se puede observar en la siguiente imagen:



Imagen 2. Localización de la planta FV

7.2 ACCESO

El Parque Solar Fotovoltaico cuenta con cinco accesos diferentes en diversos puntos del recinto.

Los tres accesos de las zonas de implantación del área oeste se realizan usando un vial paralelo al camino con referencia catastral 47900A029090030000YE con las coordenadas referentes a Acceso 1, Acceso 2 y Acceso 3. El cuarto y quinto accesos se ubican en las zonas valladas del área este, y se utiliza para el acceso el camino con referencia catastral 47900A029090020000YJ denominado “Camino de la casa de la venta a Mucientes”. Las coordenadas de acceso son las siguientes:

Tabla 3. Coordenadas de los accesos al parque fotovoltaico

COORDENADAS ACCESOS EN ETRS89 UTM 30N		
ACCESO	ESTE	NORTE
1	343.235	4.627.540
2	343.248	4.627.542
3	343.670	4.627.556
4	344.643	4.628.340
5	345.259	4.627.867

7.3 IMPLANTACIÓN DEL PROYECTO

La siguiente imagen muestra la implantación de la planta Solar Fotovoltaica.

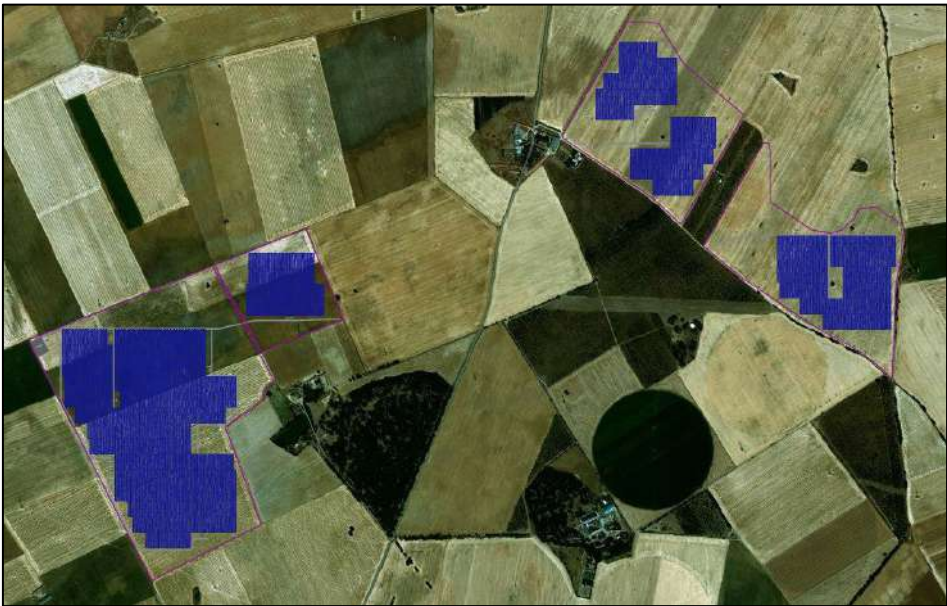


Imagen 3. Layout planta FV

7.4 GENERADOR FOTOVOLTAICO (MÓDULO FOTOVOLTAICO)

Para este proyecto se han seleccionado módulos fotovoltaicos de silicio, que con componentes sobradamente probados e instalados en numerosas instalaciones de generación a lo largo del mundo.



Imagen 4. Módulo FV

El fabricante del módulo será TONGWEI, y tendrá las siguientes características:

Tabla 4. Características técnicas principales del módulo fotovoltaico en condiciones STC

Datos eléctricos (en condiciones estándar STC)	
Modelo	TH545/550PMB6-58SDC
Potencia máxima, Wp	545/550
Tolerancia de potencia nominal (W)	0~+5%
Tensión en circuito abierto-Voc (V)	47,0/ 47,1
Corriente de cortocircuito-Isc (A)	14,86 / 14,97
Tensión en el punto Pmáx-Vmp (V)	39,0 / 39,1
Corriente en el punto Pmáx-Imp (A)	13,98 / 14,07
Eficiencia del módulo ηm (%)	20,9 / 21,0
Dimensiones (mm)	2234mm x 1096mm x 30mm

	HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS PEGASO (31 MW - 124 MWh)	PEGA-SOL-AL-PE-MEM-0001				
	PROYECTO DE EJECUCIÓN MEMORIA	Rev.:	00	Página	26	de 82

La potencia pico (potencia nominal de los módulos fotovoltaicos) está sobredimensionada respecto a la potencia nominal de los inversores con el fin de minimizar pérdidas y mejorar el punto de trabajo del inversor.

La elección del factor de dimensionado viene determinada, principalmente, por las características de irradiancia y temperatura de la ubicación, la disposición de los módulos sobre las estructuras considerando las afecciones y el parcelario, las características de los equipos empleados y la retribución por la generación de energía.

También se consideran las posibles pérdidas de energía que puedan aparecer en el tramo comprendido entre el generador fotovoltaico y el inversor (temperatura de operación, sombreados parciales, suciedad de los módulos, dispersión de parámetros, efecto Joule en el cableado de CC.

7.5 ESTRUCTURA SOPORTE DE MÓDULOS (SEGUIDOR SOLAR O TRACKER)

Los módulos fotovoltaicos se instalarán sobre estructuras denominadas seguidores, que se mueven sobre un eje horizontal orientado de Norte a Sur y realizan un seguimiento automático de la posición del Sol en sentido Este-Oeste a lo largo del día, maximizando así la producción de los módulos en cada momento.

La estructura donde se sitúan los módulos está fijada al terreno y constituida por diferentes perfiles y soportes, con un sistema de accionamiento para el seguimiento solar y un autómata que permita optimizar el seguimiento del sol todos los días del año. Además, disponen de un sistema de control frente a ráfagas de viento superiores a 60 km/h que coloca los paneles fotovoltaicos en posición horizontal para minimizar los esfuerzos debidos al viento excesivo sobre la estructura.

Los principales elementos de los que se compone el seguidor son los siguientes:

- Cimentaciones: perfiles hincados con perforación o sin perforación previa.
- Estructura de sustentación: formada por diferentes tipos de perfiles de acero galvanizado y aluminio.
- Elementos de sujeción y tornillería.
- Elementos de refuerzo.
- Equipo de accionamiento para el seguimiento solar el cual contará con un cuadro de Baja Tensión.

	HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS PEGASO (31 MW - 124 MWh)		PEGA-SOL-AL-PE-MEM-0001				
	PROYECTO DE EJECUCIÓN MEMORIA						
			Rev.:	00	Página	27	de

- Autómata astronómico de seguimiento con sistema de retroseguimiento integrado.
- Sistema de comunicación interna mediante PLC.

Con el fin de optimizar la superficie disponible, se ha adoptado como solución la implantación de una estructura tipo seguidor bifila. Las ventajas de este sistema en comparación con un seguidor multifila son un menor mantenimiento de la planta y una mayor flexibilidad de implantación.

La estructura mantendrá las siguientes características:

- La composición mínima (mesa) será de 60 módulos FV (1Vx60).
- La distancia máxima de la estructura al terreno será menor de 2,5m.
- Los seguidores serán autoalimentados mediante conjunto panel fotovoltaico.
- Los seguidores portarán comunicación Wireless.



Imagen 5. Seguidor bifila

Los seguidores proyectados para la planta son del fabricante Soltec, modelo SF7. En total se instalarán 1.258 seguidores. Las principales características de la estructura solar son las indicadas a continuación:

	HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS PEGASO (31 MW - 124 MWh)	PEGA-SOL-AL-PE-MEM-0001				
	PROYECTO DE EJECUCIÓN MEMORIA					
		Rev.:	00	Página	28	de 82

Tabla 5. Características principales del seguidor

Características	Estructura
Nº módulos por estructura	60
Ángulo rotación	$\pm 60^\circ$
Longitud de la fila	~ 67,515 m
Paso entre filas (pitch)	5,5 m

La tornillería de la estructura podrá ser de acero galvanizado o inoxidable.

Las piezas de fijación de módulos serán siempre de acero inoxidable. El elemento de fijación garantizará las dilataciones térmicas necesarias, sin transmitir cargas que puedan afectar a la integridad de los módulos. Como elementos de unión entre paneles se emplearán unas pletinas/grapas de fijación metálicas.

La fijación al terreno se realizará siguiendo las recomendaciones establecidas en el estudio geotécnico. Para un terreno medio, la estructura irá fijada mediante el hincado de perfiles directamente al terreno, siempre que sea posible. La cimentación de la estructura ha de resistir los esfuerzos derivados de:

- Sobrecargas del viento en cualquier dirección.
- Peso propio de la estructura y módulos soportados.
- Sobrecargas de nieve sobre la superficie de los módulos (en el caso que aplique).
- Solicitaciones por sismo según la normativa de aplicación.

7.6 INVERSOR FOTOVOLTAICO

El inversor fotovoltaico es el equipo encargado de la conversión de la corriente continua en baja tensión generada por los módulos fotovoltaicos en corriente alterna en baja tensión a la misma frecuencia de la red eléctrica del punto de interconexión.

Los inversores de conexión a red disponen de un sistema de control que permite un funcionamiento completamente automatizado. Debido a la característica de intermitencia y dependencia del recurso solar para variar la tensión e intensidad del módulo, el inversor debe contar con un rango de tensiones de entrada amplio que permita obtener la máxima eficiencia posible en el rango más amplio de funcionamiento.

La potencia de los inversores, así como el factor de potencia se controla y limita mediante los equipos de control de la planta, en concreto a través del sistema de monitorización (SCADA) y del controlador de los inversores (Power Plant Controller o PPC por sus siglas en inglés). Esto permite de forma dinámica reducir el nivel de potencia activa o variar la potencia reactiva para ayudar en la gestión de la red eléctrica en el punto de interconexión.

Se justifica lo siguiente según la Disposición Adicional Primera del RD 1183/2020:

“Las instalaciones de generación de electricidad cuya potencia total instalada supere la capacidad de acceso otorgada en su permiso de acceso deberán disponer de un sistema de control, coordinado para todos los módulos de generación e instalaciones de almacenamiento que la integren, que impida que la potencia activa que esta pueda inyectar a la red supere dicha capacidad de acceso”

En la planta solar fotovoltaica la potencia total instalada supera la capacidad de acceso otorgada en su permiso de acceso y por esta razón la planta dispone de un sistema de control (Power Plant Controller o PPC) coordinado para todos los módulos de generación, que impide que la potencia activa que esta pueda inyectar a la red supere la capacidad de acceso otorgada en este caso en concreto de 40 MW.

En la salida del inversor al transformador, irá equipado con un interruptor magnetotérmico de capacidad adecuada a la potencia. El inversor incluye fusibles en la entrada de CC e interruptor automático en la salida CA.

Los inversores del Proyecto son del fabricante SINENG modelo EP-3125-HC-UD. Las principales características son las indicadas en la siguiente tabla:

Tabla 6. Características eléctricas del inversor.

VALORES DE ENTRADA (CC)	
Rango de tensión MPP	875 – 1.500 V
Tensión máxima	1.500 V
Corriente máxima	4.191 A
Nº entradas con porta-fusibles	22
Entradas MPPT independientes	1
PROTECCIONES DE ENTRADA	
Protecciones de sobretensión	Descargadores de sobretensiones atmosféricas tipo 2 en AC y tipo 2 DC, inversor y auxiliares.
Protección DC	Fusibles + Seccionador de corte en carga
Protección fallo a tierra	Interruptor de detección de fallo a tierra y vigilante de aislamiento



HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS PEGASO (31 MW - 124 MWh)

PROYECTO DE EJECUCIÓN MEMORIA

PEGA-SOL-AL-PE-MEM-0001

Rev.: 00 Página 30 de 82

VALORES DE SALIDA (CA)	
Potencia	3.594kVA@25°C / 3.516kVA@35°C / 3.125kVA@50°C
Corriente nominal	3.008 A
Tensión nominal	600 V
Frecuencia nominal	50 +/-10%
Coseno Phi	>0,99
Coseno Phi ajustable	0,8
THD (Distorsión Armónica Total)	<3% por IEEE519
PROTECCIONES DE SALIDA	
Protecciones de sobretensión	Descargadores de sobretensiones atmosféricas tipo 2 en AC y tipo 1 y 2 DC, inversor y auxiliares.
Protección CA	Interruptor automático
PRESTACIONES	
Consumo máximo	<4 kW
DATOS GENERALES	
Dimensiones (ancho x alto x fondo)	2650x2205x1760 mm
Temperatura de funcionamiento	-30 °C a +60 °C / >50°C Disminución pot. act.
Humedad relativa (sin condensación)	0 - 100%
Grado de protección	IP54
Altitud máxima	1.000 m; > 1.000 m (opcional)
Emisión acústica	≤80 dB (A) a 1 m

7.7 CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

Los centros de transformación albergan los equipos encargados de elevar la tensión de la energía generada a través de un transformador.

La salida del inversor se conecta al transformador del centro de transformación, que será el encargado de elevar a la tensión hasta el nivel de media tensión de la planta.

Un centro de transformación contiene el transformador de potencia, los cuadros de baja tensión, las celdas de MT y el transformador de Servicios Auxiliares (SSAA).

Todos los centros de transformación estarán asociados a las celdas de MT necesarias para su protección y distribución de energía en un sistema de 30 kV y cumplirá con lo establecido en la normativa nacional de Instalaciones Eléctricas, la cual establece las especificaciones técnicas que



	HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS PEGASO (31 MW - 124 MWh)	PEGA-SOL-AL-PE-MEM-0001					
	PROYECTO DE EJECUCIÓN MEMORIA						
		Rev.:	00	Página	31	de	82

deben cumplir con el fin de garantizar la seguridad tanto en el uso de la energía eléctrica, como de las personas.

7.7.1 TRANSFORMADOR DE POTENCIA

Con el fin de elevar la tensión alterna en la salida del inversor hasta la red de MT, cada centro de transformación cuenta con un transformador de 0,69/30 kV.

Los transformadores de potencia serán de tres fases, con regulación en carga (en lado de alta tensión), aislados en baño de aceite y enfriamiento natural/enfriamiento seco encapsulado en resina epoxi. En el caso de transformadores con aislamiento en aceite existirá un cubeto de retención del aceite cuya capacidad será tal que pueda almacenar toda la cantidad de aceite utilizada. Los transformadores serán de baja pérdida eléctrica, especialmente diseñados para instalaciones fotovoltaicas y diseñadas para un funcionamiento continuo a una carga nominal sin exceder los límites de temperatura.

El devanado primario estará marcado permanentemente con U, V y W y el devanado secundario con u, v y w.

7.7.2 CELDAS DE MEDIA TENSIÓN (MT)

Cada estación transformadora albergará celdas de MT que incorporarán la aparamenta necesaria de maniobra y protección en 30 kV, así como un dispositivo de detección de voltaje que deberá mostrar la presencia o ausencia de voltaje de las tres fases de la red de MT. Este detector proveerá señales independientes de cada fase, evitando el uso de transformadores de tensión.

Se instalarán celdas compactas debido a que, entre otras ventajas, permiten una operación segura y sencilla, tienen pequeñas dimensiones y poco peso, aumentan la protección frente a condiciones ambientales y accidentes, y generalmente la manipulación e instalación es rápida y sencilla.

En cada centro de transformación habrá 3 o 4 celdas: de línea (entrada y salida) con interruptor o seccionador en carga y 2 celdas de protección del transformador. Las características constructivas y de diseño de las celdas responden a los siguientes valores nominales:

Tabla 7. Características celdas media tensión

Tensión nominal	30 kV
Tensión máxima de servicio	36 kV
Tensión de ensayo a frecuencia industrial, 50 Hz	70 kV
Tensión de ensayo a onda de choque tipo rayo	170 kV
Corriente admisible asignada de corta duración	20 kA
Corriente asignada en servicio continuo del embarrado	630 A
Corriente asignada en servicio continuo de las derivaciones	200/630 A
Frecuencia	50 Hz

8 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO DE ALMACENAMIENTO ENERGÉTICO

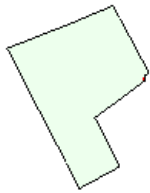
8.1 EMPLAZAMIENTO

El sistema de almacenamiento energético se ubicaría junto a la Subestación Pegaso, como se indica en la siguiente imagen:



Imagen 6. Emplazamiento

Los datos catastrales de las parcelas afectadas por la implantación de la BESS son los siguientes:

DATOS DESCRIPTIVOS DEL INMUEBLE	
Referencia catastral	47900A028000030000YS  
Localización	Polígono 28 Parcela 3 CORDERO. VALLADOLID (VALLADOLID)
Clase	Rústico
Uso principal	Agrario
PARCELA CATASTRAL	
	Localización Polígono 28 Parcela 3 CORDERO. VALLADOLID (VALLADOLID)
	Superficie gráfica 768.162 m²

El proyecto está formado por una zona con su correspondiente vallado perimetral de 2 metros de altura. Las coordenadas que definen el vallado perimetral de la zona del proyecto de almacenamiento se muestran en la siguiente tabla:

Coordenadas del Vallado (ETRS89 - U.T.M. 30N)		
Vértice	X	Y
1	342399	4627483
2	342416	4627491
3	342435	4627443
4	342435	4627353
5	342381	4627325
6	342342	4627402
7	342383	4627423
8	342385	4627434
9	342380	4627444
10	342386	4627448

La superficie ocupada por la implantación es de 9.005 m², definida como la superficie del vallado perimetral. La longitud del vallado es igual a 422 m.

Superficie catastral de las parcelas ocupadas: 768.162 m²

	HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS PEGASO (31 MW - 124 MWh)	PEGA-SOL-AL-PE-MEM-0001				
	PROYECTO DE EJECUCIÓN MEMORIA					
		Rev.:	00	Página	35	de 82

8.2 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

El Proyecto consiste en un sistema de almacenamiento de energía conectado a una planta solar fotovoltaica (hibridación) que permite gestionar la generación renovable de la planta mediante la carga de la batería durante las horas diurnas y descargar la misma (produciendo energía para su inyección en la red) en otro momento posterior.

El sistema de energía del Proyecto se basa en baterías de ion litio. Las baterías son dispositivos que almacenan energía eléctrica mediante la conversión de dicha energía eléctrica en energía química (carga). Esta energía química almacenada puede ser reconvertida en energía eléctrica (descarga) de manera reversible y con alta eficiencia en el caso de los sistemas basados en ion litio.

Tanto la energía eléctrica en la carga como en la descarga es en corriente continua de baja tensión. Mediante inversores bidireccionales se convierte en corriente alterna también en baja tensión, que posteriormente es elevada en tensión mediante un transformador hasta la conexión a la subestación/centro de seccionamiento de la planta fotovoltaica. A esta tipología de conexión se la denomina “conexión en AC”.

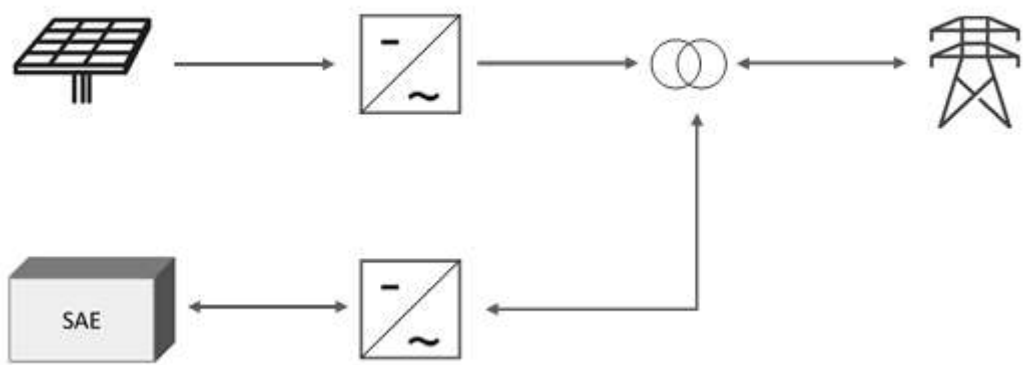


Imagen 7. Esquema de interconexión

Así, la energía eléctrica para la carga de la batería procede de la planta fotovoltaica a través de la conexión del sistema de almacenamiento en la subestación/centro de seccionamiento de planta. La energía obtenida en la descarga del sistema de almacenamiento se evacúa a la red a través de dicha subestación/centro de seccionamiento.





HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS PEGASO (31 MW - 124 MWh)

PROYECTO DE EJECUCIÓN MEMORIA

PEGA-SOL-AL-PE-MEM-0001

Rev.: 00 Página 36 de 82

La subestación/centro de seccionamiento se completa con las celdas y protecciones necesarias en la conexión del sistema de almacenamiento para evacuar la energía en condiciones de seguridad. Además de los componentes principales, el sistema de almacenamiento consta de los elementos de control y seguridad necesarios (sistema de gestión de las baterías, sistema de monitorización y control, sistema antincendios, sistema de climatización y ventilación).

La instalación posee elementos de protección como el interruptor automático de la interconexión o interruptor general manual que permite aislar el sistema de almacenamiento de la planta fotovoltaica y del resto de la red. Asimismo, incorpora los elementos necesarios para garantizar la protección física de la persona, la calidad de suministro y no provocar averías en la red.

Ya que en la subestación/centro de seccionamiento de la planta fotovoltaica se evacúa tanto la energía producida mediante la planta solar fotovoltaica como el sistema de almacenamiento y habida cuenta de la limitación en la potencia en el punto de inyección, se hace necesario de un sistema de control y monitorización integrado de ambos sistemas. Este sistema se describe en detalle en un apartado posterior.

8.3 SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA

El sistema BESS 31 MW/124 MWh de este Proyecto se define en los siguientes apartados.

8.3.1 CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

Tabla 8. Características del Sistema de Almacenamiento de Energía

SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA	
Potencia almacenamiento para generación (MW)	31
Energía almacenamiento para generación (MWh)	124
Potencia dimensional (MW)	31,14
Energía dimensional (MWh)	160,48
Baterías	LFP
Número de contenedores de baterías 5,015 MWh	32
Número de convertidores bidireccionales PCS 210 kVA	84
Número de convertidores bidireccionales PCS 125 kVA	108
Número de estaciones de transformación 5,140 MVA	8

8.3.2 SISTEMA DE BATERÍAS

La batería, que es el sistema donde se almacena la energía, se compone a su vez de distintas partes. La unidad menor es la celda de ion-litio. Estas celdas pueden tener distintas

	HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS PEGASO (31 MW - 124 MWh)	PEGA-SOL-AL-PE-MEM-0001				
	PROYECTO DE EJECUCIÓN MEMORIA	Rev.:	00	Página	37	de 82

configuraciones (prismática, cilíndrica o pouch) y ser diferentes en cuanto a la química que utilizan. En los sistemas de almacenamiento estacionarios los dos tipos más comunes son NMC (litio, níquel, manganeso y cobalto) y LFP (litio, hierro y fosfato).

Las celdas de ion litio se agrupan en módulos y cada uno de estos módulos lleva asociado un BMS (battery managment system) que controla el estado de las distintas celdas. A continuación, estos módulos se conectan en serie, formando racks.

En la configuración más extendida, estos *racks* se instalan, conectados en paralelo, en contenedores de 20 o 40 pies.

Para este Proyecto, se usarán contenedores de baterías Sungrow o similar.



Imagen 8. Configuración exterior

Se trata de contenedores de 20 pies prefabricados y preinstalados. Este tipo de diseño simplifica los trabajos necesarios para instalación, lo que implica un ahorro significativo. El sistema consta de un compartimento de baterías, un compartimento de PCS, otro de cabinas de cableado y otro de control. Cuenta también con aire acondicionado y un control de temperatura, alumbrado, detección de fuego, sistema automático de extinción de incendios, protección contra sobretensiones, detección de faltas a tierras, etc.

A continuación, se muestran las principales características de un contenedor doble de baterías.



HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS PEGASO (31 MW - 124 MWh)

PROYECTO DE EJECUCIÓN MEMORIA

PEGA-SOL-AL-PE-MEM-0001

Rev.: 00 Página 38 de 82

Tabla 9. Características del Sistema de Baterías

PARÁMETROS DE BATERÍA	
Material de las celdas	LFP
Capacidad nominal DC	5.015 kWh
Capacidad de uso de la batería EOL	5.015 kWh aprox.
Tensión nominal	1.123,2 V
PARÁMETROS DEL SISTEMA	
Tamaño contenedor doble (W*H*D)	6,058 x 2,896 x 2,438 m
Peso contenedor	< 42,5 t
Nivel protección	IP55
Interfaz de comunicación	Ethernet
Protocolo de comunicación	CAN, Modbus RTU, Modbus TCP/IP
RENDIMIENTO	
Refrigeración líquida	Sí
Sistema de ventilación anti-explosión	Sí
Supresión de fuego	FACP, FK5112, Detector de gas inflamable, Detector de humo, Detector de calor, Sirena con baliza, Campana de alarma, Señal de advertencia, Pulsador de paro de agente extintor, Sistema de ventilación, Puerto de alivio de presión, Dispositivo de conmutación manual/automática y arranque de emergencia.
CERTIFICADOS	
Certificados	IEC 61000, IEC 62619, IEC 62933, G99, UN 38.3 / UN 3536, CE, IEC 62477

Por otro lado, el sistema de gestión de baterías (Battery Management System – BMS) es el componente principal de un sistema de almacenamiento de energía. Normalmente es un sistema embebido en tarjetas electrónicas y sus funciones fundamentales son:

- Equilibrar el sistema. Todas las celdas del sistema deben estar equilibradas y mantener siempre el mismo nivel de energía.
- Monitorizar todas las variables: temperaturas, voltaje, corriente, SOC, SOH.
- Autoprotección en caso de funcionamiento anormal del EMS.

Como se ha anticipado anteriormente, el BMS se encuentra en varios niveles del sistema, siguiendo una estructura jerárquica de control:



	HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS PEGASO (31 MW - 124 MWh)	PEGA-SOL-AL-PE-MEM-0001				
	PROYECTO DE EJECUCIÓN MEMORIA	Rev.:	00	Página	39	de 82

- Tarjeta Máster BMS: controla y monitorea el sistema completo.
- Tarjetas BMS a nivel de rack: controla y monitorizan cada rack. Es típico en algunos fabricantes que una de las BMS de rack actúe como máster del sistema completo.
- Tarjetas BMS a nivel de módulo: dependiendo del fabricante, suelen existir tarjetas BMS a nivel de módulo.

Cada Máster BMS y el número de racks que es capaz de controlar, valor que depende del fabricante, determina el número de sistemas de baterías dentro de un sistema BESS. Este número también viene a veces determinado por la propia disposición física en contenedores de los racks.

8.3.3 SISTEMA DE CONVERSIÓN DE POTENCIA (PCS)

El sistema de baterías almacena y entrega energía en CC. Mediante inversores bidireccionales se convierte esta corriente continua en corriente alterna.

El sistema de conversión de potencia PCS es un dispositivo de electrónica de potencia que permite transformar la energía eléctrica almacenada en forma de corriente continua por las baterías en corriente alterna y viceversa ejecutando el control de corriente adecuado para descargar y cargar las baterías. Es un sistema muy similar a un inversor fotovoltaico a nivel de hardware, salvo por su condición de funcionamiento bidireccional, del hecho de disponer de un sistema de control de carga y descarga de las baterías en lugar de un sistema MPPT, y de integrar protecciones de mayor calibre en corriente continua debido a que la corriente de cortocircuito es mayor que la de los módulos.

La operación de los PCS estará gestionada por el sistema de control EMS, recibiendo consignas de potencias activa y reactiva y controlando la intensidad y voltaje del bus de corriente continua para llevar a cabo las operaciones de carga y descarga. Por ende, el EMS sería el encargado de comunicar con el sistema BMS de las baterías y con el PCS. No obstante, suele ser habitual que además el PCS también tenga programados los estados de las baterías en su control de carga.

Para este Proyecto se usarán PCS de Sungrow modelo SC210HX/SC125HX o similar.





Imagen 9. PCS

Este modelo de PCS es modular y se instala en un contenedor de protección, reduciendo costes de instalación y facilitando labores de O&M. Además, se equipa con protecciones avanzadas.

Tabla 10. Características del PCS

EFICIENCIA	
Eficiencia máxima	99%
SALIDA	
Potencia	210/125 kVA
Tensión de salida nominal	690 V
Frecuencia nominal	50 Hz
Distorsión armónica	<3%
PROTECCIONES	
Protección CC	Protección contra cambio de polaridad y sobretensiones Tipo II
Protección CA	Protección contra cortocircuito y sobretensiones Tipo II
COMUNICACIONES	
Conexión	Ethernet
GENERAL	
Dimensiones (WxHxD)	790 x 235 x 880 mm
Peso	85kg +- 5kg
Rango de temperatura de operación	-30°C a 60°C



HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS PEGASO (31 MW - 124 MWh)

PROYECTO DE EJECUCIÓN MEMORIA

PEGA-SOL-AL-PE-MEM-0001

Rev.: 00 Página 41 de 82

Máxima altitud de operación	4000 m
Certificados	CE, IEC 62477-1, IEC 61000-6-2, IEC61000-6-4

El convertidor podrá funcionar en dos modos diferenciados:

- Modo conectado: cuando la red esté presente, ésta marcará las referencias de tensión y frecuencia, el convertidor deberá funcionar en modo PQ, esto es capaz de proporcionar una salida de P y de Q bajo consigna del sistema de control supervisor de la instalación.
- Modo aislado: ante una falta en la red y tras el proceso de desconexión, el convertidor deberá funcionar como una fuente de tensión creando la red en isla de la que se alimentarán las cargas conectadas aguas abajo del punto de desconexión.

La calidad de la energía del inversor a la red cumplirá con los requisitos armónicos indicados en IEC61400-21 y IEC61000-4-7.

8.3.4 ESTACIÓN DE TRANSFORMACIÓN

La estación de transformación constará, como mínimo, del transformador de potencia y las celdas de media tensión. Puede estar integrado todo dentro de un mismo contenedor, como en el caso de este Proyecto, donde los transformadores se ubican a la intemperie, junto con la cabina de baja tensión y las celdas de media tensión.

8.3.4.1 TRANSFORMADOR DE POTENCIA

Los transformadores de potencia serán de tres fases, de tipo exterior, refrigeración ONAN.

Tabla 11. Características del Transformador de Potencia

TRANSFORMADOR DE POTENCIA	
Refrigeración	ONAN
Potencia nominal	5140 kVA a 40°C
Tensión de salida	30 kV
Tensión de entrada	0,69 kV
Frecuencia / nº de fases	50 Hz / 3
Grupo vectorial	Dy11



	HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS PEGASO (31 MW - 124 MWh)	PEGA-SOL-AL-PE-MEM-0001					
	PROYECTO DE EJECUCIÓN MEMORIA						
		Rev.:	00	Página	42	de	82

8.3.4.2 CELDAS DE MEDIA TENSIÓN

Las celdas de media tensión incorporarán la aparamenta necesaria de maniobra y protección en 30kV, así como un dispositivo de detección de voltaje que deberá mostrar la presencia o ausencia de voltaje de las tres fases de la red de MT. Habrá celdas de protección del transformador con interruptor, celdas de línea con interruptor o seccionador en carga, y de remonte de ser necesario.

Tabla 12. Características celdas media tensión

Tensión nominal	30 kV
Tensión máxima de servicio	36 kV
Tensión de ensayo a frecuencia industrial, 50 Hz	70 kV
Tensión de ensayo a onda de choque tipo rayo	170 kV
Corriente admisible asignada de corta duración	20 kA
Corriente asignada en servicio continuo del embarrado	630 A
Frecuencia	50 Hz

8.3.5 CUADRO DE PROTECCIÓN Y ALIMENTACIÓN SERVICIOS AUXILIARES

Para la distribución de corriente alterna a 640V/400V 50 Hz del contenedor se suministrarán cuadros generales de baja tensión, grado de protección ip54, incluyendo armario de protección, interruptores automáticos, transformadores de intensidad, magnetotérmicos, relés de mínima tensión, medidores de parámetros eléctricos, etc.

Los cuadros serán con la aparamenta montada en placa de montaje y cumplirán con las partes aplicables de las normas IEC 61439.

El embarrado de los armarios se soportará con aisladores, protegido para evitar contactos involuntarios con las partes en tensión. La conexión entre el embarrado y los interruptores se realizará con cable o pletinas aisladas.

Los interruptores generales serán del tipo de caja moldeada con protección magnetotérmica ajustable y contactos auxiliares de posición abierto, cerrado y disparado. Los interruptores del tipo de caja moldeada se podrán montar en la parte frontal de los armarios, los cuales dispondrán de una puerta con perforaciones que permita una fácil operación sin necesidad de abrir la puerta.

Para alimentar los servicios auxiliares serán necesarios transformadores de servicios auxiliares 690/400-230 V



	HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS PEGASO (31 MW - 124 MWh)	PEGA-SOL-AL-PE-MEM-0001				
	PROYECTO DE EJECUCIÓN MEMORIA	Rev.:	00	Página	43	de 82

8.3.6 SISTEMAS AUXILIARES

Es el conjunto de sistemas encargado de mantener la seguridad y el rendimiento del sistema de baterías. Se compone, al menos, de los siguientes elementos:

- Sistema de climatización/refrigeración HVAC. Sistema para mantener la temperatura de la batería dentro del rango requerido por el proveedor de la batería para cumplir con la garantía en términos de rendimiento y seguridad.
- PCI: sistema de detección y extinción de incendios. Los fabricantes recomiendan varios agentes extintores.
- SAI: sistema de respaldo para abastecer las cargas esenciales del sistema de baterías en caso de ausencia de red o para realizar un apagado seguro. Normalmente alimentará al sistema de control, es decir, a todas las tarjetas BMS y en caso de disponer de ellos, al sistema de refrigeración interna de los racks de baterías, esto es, los ventiladores de los racks.

8.3.7 INSTALACIÓN ELÉCTRICA

La instalación eléctrica de baja tensión consta básicamente de:

- Conexión entre los contenedores de baterías y los PCS (corriente continua).
- Conexión entre los PCS y el devanado de BT del transformador de potencia (corriente alterna).
- Circuitos de alimentación de los transformadores de servicios auxiliares de cada contenedor de baterías.

La red de media tensión (MT) en corriente alterna (CA) es de 30 kV y conecta las estaciones de transformación con las celdas de la subestación/centro de seccionamiento. El cable será de un solo núcleo de 18/30 kV de aluminio, con capa semiconductora extruida, aislamiento XLPE, pantalla de cinta de cobre y lecho extrudido de poliolefina termoplástica e irán directamente enterrados en zanjas.

Para el cálculo de la sección de los conductores empleados en las diferentes partes de la instalación eléctrica, se tiene en consideración los criterios de intensidad máxima admisible, caída de tensión máxima y cortocircuito.

Los conductores de la instalación serán fácilmente identificables. Esta identificación se realizará por los colores que presenten sus aislamientos. En ningún caso se permitirá la unión de

	HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS PEGASO (31 MW - 124 MWh)	PEGA-SOL-AL-PE-MEM-0001					
	PROYECTO DE EJECUCIÓN MEMORIA						
		Rev.:	00	Página	44	de	82

conductores mediante conexiones y/o derivaciones por simple retorcimiento o arrollamiento entre sí de los conductores, sino que deberá realizarse siempre utilizando bornes de conexión montados individualmente o constituyendo bloques o regletas de conexión. Los conductores deberán conectarse por medio de terminales adecuados, de manera que las conexiones no queden sometidas a esfuerzos mecánicos.

El acoplamiento y sellado entre cables y equipos se efectuará por medio de prensaestopas. Estas serán las adecuadas en tipo y diámetro con objeto de asegurar una sujeción mecánica y estanqueidad adecuada.

Los cables serán manejados cuidadosamente para evitar erosiones y deterioro en sus aislamientos. Los radios de curvatura nunca serán menores de los recomendados por el fabricante.

8.3.8 PUESTA A TIERRA

Se instalará una red de tierras enterrada para proteger las instalaciones. El diseño de ésta debe considerar que el sistema tenga las características apropiadas para despejar las corrientes de faltas esperadas, de forma que se obtengan niveles seguros de potencial de paso y contacto. Esta red de tierras se conectará con la existente en el Proyecto, formando un electrodo equipotencial.

El conductor principal de malla será de cobre electrolítico según EN 60228. Todas las conexiones de la red subterránea se realizarán mediante soldadura aluminotérmica (tipo Cadwell). Se instalarán también picas de puesta a tierra metálicas de cobre. Se pondrán a tierra todas las partes metálicas de la instalación.

8.3.9 PROTECCIONES

Las protecciones eléctricas en la interconexión entre el sistema BESS y la red eléctrica aseguran una operación segura, tanto para las personas como para los equipos que participan en todo el sistema.

El sistema BESS deberá cumplir los requisitos establecidos por la normativa nacional en materia de protecciones eléctricas y la normativa internacional en el caso de que no existieran normas nacionales relacionadas.

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

- Los conductores de baja tensión en corriente continua serán dimensionados para soportar, al menos, el 125% de la corriente prevista.

	HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS PEGASO (31 MW - 124 MWh)	PEGA-SOL-AL-PE-MEM-0001					
	PROYECTO DE EJECUCIÓN MEMORIA						
		Rev.:	00	Página	45	de	82

- Los conductores de corriente alterna estarán protegidos mediante fusibles e interruptores magnetotérmicos para proteger el sistema contra sobrecargas.
- Los PCS dispondrán de un sistema de aislamiento galvánico o similar que evite el paso de corriente continua al lado de corriente alterna de manera efectiva.
- La conexión a tierra ofrece una buena protección contra sobrecargas atmosféricas, además de garantizar una superficie equipotencial que previene contactos indirectos.
- Los equipos accionados eléctricamente estarán provistos de protecciones a tierra e interruptores diferenciales.

8.4 OBRA CIVIL

La obra civil del proyecto se diseña de tal manera que minimice el impacto en el entorno y mantenga lo máximo posible las condiciones iniciales del terreno. Se considera la limpieza de la zona de ubicación del sistema BESS gestionando adecuadamente los residuos y el desbroce de zonas. El movimiento de tierras será el mínimo necesario para la correcta instalación de todos los componentes. Los viales internos serán del ancho suficiente para permitir el acceso a todas las instalaciones.

El sistema de drenaje y control de erosión garantizará la correcta evacuación de las aguas pluviales de escorrentía. Los drenajes deben proteger el paquete de firmes de los viales internos, evitar la entrada de agua en cualquier edificio o componente eléctrico, así como evitar la erosión del terreno y la acumulación de sedimentos o de agua.

Las cimentaciones de los contenedores de baterías y estaciones de transformación serán en hormigón.

El tendido de cable, tanto de baja tensión como de media tensión, se realizará mediante zanjas, que serán excavadas mediante medios mecánicos y sus dimensiones y detalles constructivos cumplirán con la normativa vigente de aplicación.

8.4.1 CÁLCULO DEL VIAL DE LA ZONA DE ALMACENAMIENTO DE BATERÍAS

Se toma como referencia el manual de diseño “Camino Naturales. Manual de aspectos constructivos. 6. Normalización de aspectos constructivos” y su apartado 6.3. Explanadas, firmes y pavimentos.

El vial que se calcula en este manual, salvo raras excepciones, se clasifican como de baja intensidad de tráfico (B.I.T.), por tener una circulación media diaria inferior a 500 vehículos.



Según la mencionada instrucción, se clasifica el vial de acceso como clase A al presentar durante la fase de operación y mantenimiento una IMD de vehículos pesados inferior a 15 (suponiendo vehículos con una carga útil superior a 1,5 toneladas).

En la fase de construcción tampoco se estiman intensidades superiores a los 15 vehículos pesados diarios. De todos modos, se prevé la opción de acondicionar el vial nuevo una vez terminada la construcción de la zona de almacenamiento de baterías.

Tabla 13. Clasificación de Intensidad de Tráfico Ábaco Peltier.

CLASE	I.M.D.
A	0-15
B	15-45
C	45-150
D	150-450

Esta clasificación proporciona la curva de referencia a considerar que, junto con el valor del índice CBR, proporcionará el espesor del firme. Se recomienda comprobar la coherencia del espesor del firme así calculado, con otro método, mediante la utilización de los valores de la norma 6.1 I-C “Secciones de firme”, de la Instrucción de Carreteras, aprobada por orden FOM 3460/2003, de 28 de noviembre.

En este caso, las categorías de tráfico según dicha Norma, atendiendo a la intensidad media diaria de vehículos pesados (en este caso, carga útil superior a 3 t), se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 14. Clasificación de Intensidad de Tráfico Norma 6.1.I.C de firmes. Fuente: Norma 6.1.I.C de Firmes.

Categoría	I.M.Dp.
T0	≥ 2.000
T1	$2.000 > \text{IMDp} \geq 800$
T2	$800 > \text{IMDp} \geq 200$
T3	$200 > \text{IMDp} \geq 50$
T41	$50 > \text{IMDp} \geq 25$
T42	$\text{IMDp} < 25$

La categoría escogida en este caso es la T42, pues se considera una IMD inferior a 25 vehículos pesados al día.

Por otro lado, para referirse a la Instrucción 6.1.I.C, es necesario establecer el tipo de explanada, (E1, E2, E3), según el índice CBR. En este caso, y por requerimientos mínimos por no conocer las

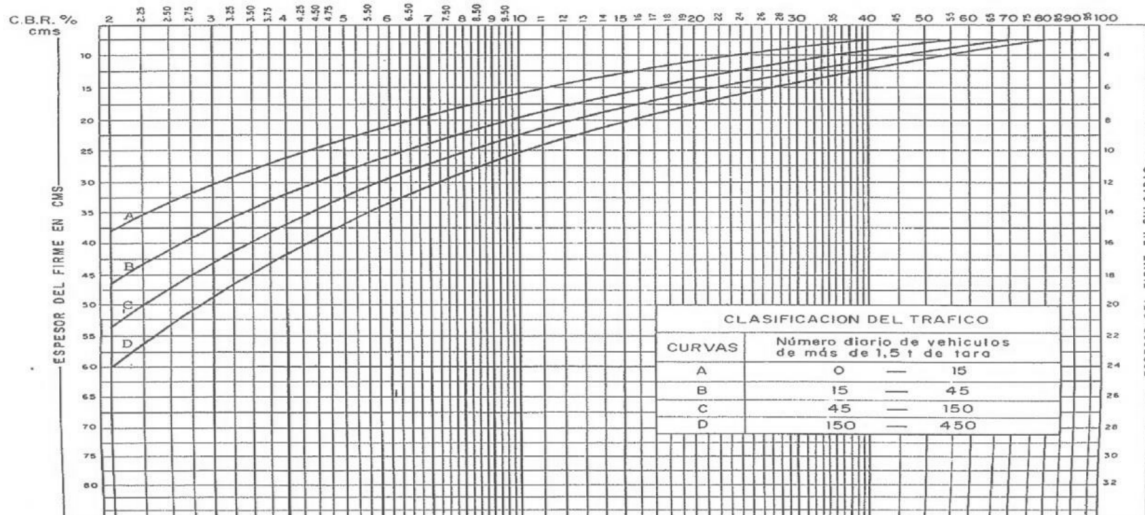
características del terreno, la explanada se considerará del tipo E1 (CBR=5) que sería la más baja permisible (se recomienda realizar un ensayo de CBR en la zona).

Tabla 15. Tipo de explanación según C.B.R. Fuente: Guía de diseño de vías ciclables de la Región de Murcia. 2011.

TIPO DE EXPLANADA SEGÚN C.B.R.	
E1	$5 \leq \text{C.B.R.} < 10$
E2	$10 \leq \text{C.B.R.} < 20$
E3	$\text{C.B.R.} \geq 20$

Una vez obtenido el valor CBR, y con el valor de Intensidad Media de Tráfico (basado en vehículo pesado equivalente a 1,5 toneladas), se han de utilizar dichos valores para la obtención del espesor de la capa de firme empleando el ábaco siguiente. Se empleará la curva A para el dimensionamiento del espesor:

Figura: Determinación del espesor de firmes flexibles en relación con el C.B.R. de la explanación y con la intensidad del tráfico referida a los vehículos de tránsito. Fuente: Ábaco de Peltier. Prontuario Forestal.



Se obtiene un espesor necesario de firme teórico de 20 cm.

Conociendo el tipo de material que va a constituir el firme, se está en disposición de calcular el espesor real, pues no todos los firmes tienen idéntica calidad, y ha de tenerse en cuenta la calidad de cada material para adoptar el espesor real. En la siguiente tabla se muestran algunos coeficientes de calidad a utilizar (coeficiente por el que se divide el espesor teórico para alcanzar el espesor real).

	HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS PEGASO (31 MW - 124 MWh)		PEGA-SOL-AL-PE-MEM-0001				
	PROYECTO DE EJECUCIÓN MEMORIA						
			Rev.:	00	Página	48	de

En este caso se opta por utilizar una zahorra ZA-20 con el siguiente coeficiente de calidad:

Tabla 16. Coeficiente de calidad según tipo de material. Fuentes: Caminos rurales proyecto y construcción.

TIPO DE MATERIAL	COEFICIENTE DE CALIDAD
CAPA DE RODADURA ASFÁLTICA EN FRÍO	1,70
GRAVA-CEMENTO	1,50
MACADAM	1,20
ESTABILIZACIÓN A 1"	1,00
ZAHORRA ARTIFICIAL ZA-0/20	1,00
SUELO-CEMENTO	1,00
ZAHORRA ARTIFICIAL ZA-0/32	0,90
ESTABILIZACIÓN A 1 ½"	0,90
ESTABILIZACIÓN A 2"	0,90
ZAHORRAS NATURALES	0,80
SUELO-CAL	0,70

De este modo, se obtiene un espesor necesario real del firme de 20 cm. Este espesor de capa de firme podría reducirse en caso de obtener un resultado más satisfactorio en el ensayo del CBR en la zona.

A continuación, se muestran los requisitos que debe cumplir la zahorra ZA-20:

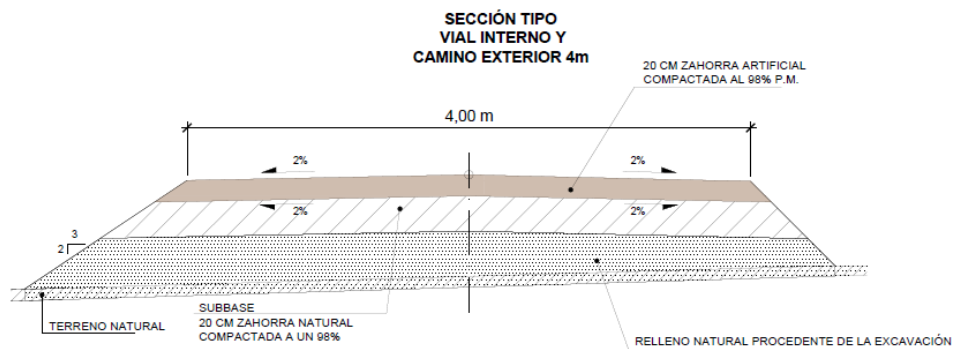
Tabla 17. Husos granulométricos de las zahorras. Fuente: Pliego de prescripciones técnicas generales para obras de carreteras y puentes.

	40	32	20	12,5	8	4	2	0,5	0,25	0,063
ZA 0/32	100	88-100	65-90	52-76	40-63	26-45	15-32	7-21	4-16	0-9
ZA 0/20		100	75-100	60-86	45-73	31-54	20-40	9-24	5-18	0-9

Tabla 18. Características de los áridos para capas de rodadura.

CARACTERÍSTICAS	NORMA UNE	ZAHORRA	RECEBO
Angulosidad. Elementos con 2 o más caras de fractura	EN 933-5	> 50	
Forma. Índice de lajas	EN 933-3	< 35	
Resistencia a la fragmentación. Desgaste Los Ángeles	EN 1097-2	< 35	
Calidad del árido fino. Equivalente de arena	EN 933-8	> 25	> 35
Límite líquido	EN UNE 103103	< 35	
Índice de plasticidad	103103-103104	≥ 4 y ≤ 9	NP

De este modo, la sección tipo del vial que habrá en el proyecto quedará de la siguiente manera:



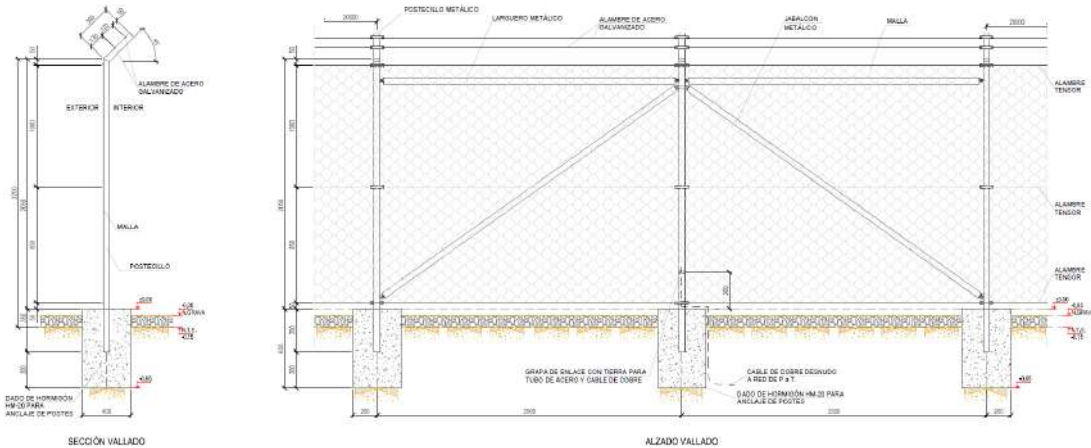
8.4.2 CERRAMIENTO

Se realizará un vallado perimetral común para el conjunto de instalación. En el recinto quedarán encerrados todos los elementos descritos de las instalaciones.

El vallado tendrá las siguientes características:

- Altura de 2 metros.
- Pilares en T de 60x60x6mm de 2,8 metros de alturas con dos riostras cada 100 o cambios de dirección, hincados 80 cm en el terreno.
- Malla de alambre de acero galvanizado en caliente que rodea el perímetro.
- Sujetado por postes metálicos, perfiles en L (40x40x4mm de 2,6m de altura) intercalados con postes perfil en T.
- En caso de que el terreno sea incoherente, este se cimentará.

Detalles del vallado se muestra en las siguientes imágenes:



El acceso se señalizará debidamente de forma que se advierta en todo momento de los riesgos existentes a todos los que trabajan o circulan por la obra. En dicho acceso, en sitio visible, se colocarán carteles prohibiendo la entrada a personas ajenas a la obra. Se deberá colocar, como mínimo, la siguiente señalización:

- Prohibido aparcar en la zona de entrada de vehículos.
- Prohibido el paso de peatones por la entrada de vehículos.
- Obligatoriedad del uso del casco en el recinto de la obra.
- Prohibición de entrada a toda persona ajena a la obra.
- Peligro, salida de camiones

No se permitirá la entrada en la obra a visitantes o personas ajenas, salvo que estén debidamente autorizados o vayan acompañados de una persona competente y lleven un equipo de protección adecuado.

8.4.3 SISTEMA DE DRENAJE

La explanación del terreno generada para la infraestructura de la implantación del sistema BESS con todas sus unidades de servicios, deben ser protegidas y mantenidas en las condiciones de diseño originales, dotándola de una red de drenaje superficial por gravedad que sea capaz de captar y conducir al exterior del recinto las aguas procedentes de las lluvias o del subsuelo para proteger contra la humedad a los edificios, viales, cimentaciones, obras de contención de tierras, depósitos de agua o aceite, etc. la red de drenaje es asimismo esencial para mantener las condiciones de compactación del terreno.

Se establece un sistema de drenaje con el objetivo de recoger y desviar los flujos de aguas pluviales o del subsuelo que puedan llegar a las infraestructuras de la subestación, de manera que garantice la seguridad y nivel de servicio del sistema BESS.

	HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS PEGASO (31 MW - 124 MWh)	PEGA-SOL-AL-PE-MEM-0001					
	PROYECTO DE EJECUCIÓN MEMORIA						
		Rev.:	00	Página	51	de	82

La finalidad perseguida con los elementos que forman parte del drenaje es principalmente la recogida de las aguas pluviales y su posterior evacuación a cauces naturales o a redes de saneamiento. Además de ello, los elementos dispuestos como drenaje longitudinal cumplirán la función de recoger el agua de escorrentía procedente de las cuencas externas que afecten a la sección mencionada.

8.4.4 CANALIZACIONES

Las zanjas para los cables de potencia, control y telecomunicaciones se construirán con relleno filtrante, constituyendo un sistema de drenaje que elimine cualquier tipo de filtración y conserve las zanjas libres de agua. Las características de estas canalizaciones se recogen en la norma vigente.

El trazado de las canalizaciones seguirá criterios de independencia en lo referente a los recorridos de los cables de potencia, control y telecomunicaciones en aras de reducir los efectos que al resto de la instalación puedan producir incidentes en los cables de potencia.

Las zanjas de cables situadas tanto en zona de acceso de vehículos como en los cruzamientos con viales serán reforzadas con hormigón y ejecutadas in situ.

8.4.5 CIMENTACIONES

Para la determinación de esfuerzos, dimensionado de secciones de los diferentes elementos, comprobación de armaduras, etc., se aplican las siguientes Instrucciones y Normas vigentes de obligado cumplimiento:

- CTE DB-SE Acciones en la Edificación.
- NCSE 02 Norma de Construcción Sismorresistente: Parte general y Edificación
- EAE-11 Instrucción de Acero Estructural
- CTE DB-SE Acero
- Código Estructural
- CTE DB-SE Cimentaciones

8.4.6 CAMINOS DE ACCESO

Respecto al acceso se tendrán en cuenta las pendientes y radios de curvatura adecuados para permitir la circulación de los transportes pesados de equipos y materiales.

Se construirán los viales interiores necesarios para permitir el acceso de los vehículos de transporte y mantenimiento requeridos para el montaje y conservación de los elementos de la instalación.

	HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS PEGASO (31 MW - 124 MWh)	PEGA-SOL-AL-PE-MEM-0001					
	PROYECTO DE EJECUCIÓN MEMORIA						
		Rev.:	00	Página	52	de	82

Los caminos de acceso se pueden ver de forma detallada en el documento.

8.5 SISTEMA CONTRA INCENDIO

A continuación, resumimos la dotación requerida para proteger los contenedores de baterías, y que éstas no se vean afectadas por un fuego de algún componente externo dentro del contenedor y en caso de ocurrir, realizar su extinción a la mayor brevedad posible, evitando cualquier daño a los equipos próximos a la instalación.

8.5.1 DESCRIPCIÓN GENERAL

En los sistemas de almacenamiento se instalarán principalmente los siguientes sistemas para protección contra el fuego;

- Sistema de detección y alarma.
- Sistema de extinción mediante agente gaseoso.
- Sistemas de escape antiexplosión.
- Sistema de rociadores de agua.

8.5.1.1 VENTILACIÓN Y PROTECCIÓN PASIVA

Con el fin de evitar la acumulación de gases que pueden ser desprendidos por las baterías debido a su química, y que se produzca atmosferas tóxicas o explosivas (según indica la NFPA), se instalará un sistema de ventilación y de protección pasiva acorde al riesgo considerado.

La ventilación será o natural o forzada, en función del tipo de instalación de baterías, para el caso de baterías en contendor la ventilación será forzada e incluirá los sistemas pasivos.

Si ocurre un evento térmico dentro del contenedor, una ventilación de alivio de presión permite que el aire y los gases escapen para mantener una diferencia de presión entre el interior y el exterior del contenedor.

Si se produce un aumento repentino de la presión, de modo que la ventilación de alivio de presión no pueda mitigarse, hay paneles de alivio de presión instalados en el techo del contenedor que están diseñados para limitar la presión dentro del contenedor a un nivel que garantice que se mantenga la integridad estructural, en caso de que se enciendan los gases de combustión liberados generados durante un evento térmico.

En el diseño del sistema de protección pasiva, los sectores y la compartimentación se incluirán de acuerdo con la NFPA y las normas aplicables.

	HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS PEGASO (31 MW - 124 MWh)	PEGA-SOL-AL-PE-MEM-0001					
	PROYECTO DE EJECUCIÓN MEMORIA						
		Rev.:	00	Página	53	de	82

8.5.1.2 SISTEMAS ACTIVOS

Los sistemas activos que se instalarán principalmente son;

- Detección y aspiración de gases
- Extinción con gas inerte.
- Extinción con agua.

El sistema de protección frente al fuego será controlado mediante una unidad de control que recibirá las señales de los diferentes sensores y activará el sistema de extinción con gas inerte o agua de forma automática en caso necesario. Así mismo, estas señales serán enviadas al centro de control de seguridad corporativa, que tendrá en todo momento información en tiempo real del estado de cada una de las instalaciones.

Los equipos portátiles de extinción se instalarán en todos los sectores con riesgo de incendio y cumplirán con los estándares y normativas locales y nacionales.

8.5.2 SISTEMA DE DETECCIÓN

- Instalación de una central en cada uno de los contenedores, integrará en CRA (Central receptora de alarmas).
- Instalación de un cuadro/caja para la ubicación de los relés requeridos.
- Dos zonas de detección (detectores ópticos de humos), con cobertura reducida al 50% por gestionar una extinción.
- Pulsadores de disparo instalados en el acceso al contenido.
- Pulsadores de paro instalados en el interior del contenedor.
- Sirena interior

8.5.3 SISTEMA DE EXTINCIÓN

Se plantea un sistema de extinción automático en base a NFPA 855.

El diseño final tendrá en cuenta las siguientes consideraciones:

- Puesto que en el proceso de combustión de la batería se genera oxígeno, el sistema de extinción local para protegerlas debe descargar en el interior de los módulos/celdas que permitan contener el agente extintor (polvo). Los fuegos posibles son metálicos y químicos, por tanto, proponemos un Fire Trace cargado por polvo tipo D. Asimismo, se recogerán las señales del sistema (presión, flujo y válvula de corte).
- Por último, se presta mucha importancia al confinamiento del incendio (dar por perdido el módulo afectado, pero evitar que se propague al resto de la instalación).

	HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS PEGASO (31 MW - 124 MWh)	PEGA-SOL-AL-PE-MEM-0001					
	PROYECTO DE EJECUCIÓN MEMORIA						
		Rev.:	00	Página	54	de	82

La NFPA 855 indica que el habitáculo ha de tener una resistencia a fuego de al menos 1 hora. Se incluirá pasivado interior de la pared del contenedor enfrentada al contiguo.

- Se dotará cada recinto con un mínimo de un extintor de polvo. Como refuerzo de los mismos y para sofocar conatos de incendio donde la proyección del polvo pueda ser perjudicial para los equipos e instrumentación, junto al extintor de polvo se instalará un extintor de CO2 de 5 kg.

8.5.4 LÓGICA DE CONTROL

Control de la alarma de incendio:

- Los detectores de humo y temperatura son instalados y conectados a las alarmas de luz y sonido mediante el módulo de entrada y salida de señal.
- Cuando la sensibilidad del humo sobrepasa los 2,5%/m o el aumento de la temperatura es mayor a 10°C por minuto, el sistema considera un riesgo de incendio y activa el sistema de alarma local con luz y sonido. A su vez reporta al sistema DMS para un aviso remoto.
- Si alguna persona encuentra algún riesgo de incendio, presiona el activador manual para activar la alarma.
- Cuando hay una alarma de incendio, una revisión visual es requerida y la alarma de incendio puede ser recuperada manualmente luego de confirmar que el riesgo de incendio ha terminado.

8.6 SISTEMA DE MONITORIZACIÓN

El sistema de control y monitorización de la planta estará basado en productos abiertos del mercado e incluirá el SCADA (*Supervisory Control and Data Acquisition*) y el sistema de control de la planta. El sistema SCADA de control y monitorización permite la supervisión y control en tiempo real de la planta; la monitorización de los parámetros de los diferentes componentes de la planta; el registro de las estaciones meteorológicas y de datos históricos; y la notificación de alarmas, faltas, eventos y disparos.

El sistema de monitorización será fácilmente accesible por el usuario, tanto desde la ubicación del Proyecto como mediante un acceso remoto (i.e. a través de internet). Para ellos usará el Protocolo IEC-60870-5-104 (u otro similar dependiendo de los requerimientos).



	HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS PEGASO (31 MW - 124 MWh)	PEGA-SOL-AL-PE-MEM-0001				
	PROYECTO DE EJECUCIÓN MEMORIA					
		Rev.:	00	Página	55	de 82

8.7 SISTEMA DE CONTROL COORDINADO DE INSTALACIÓN HÍBRIDA

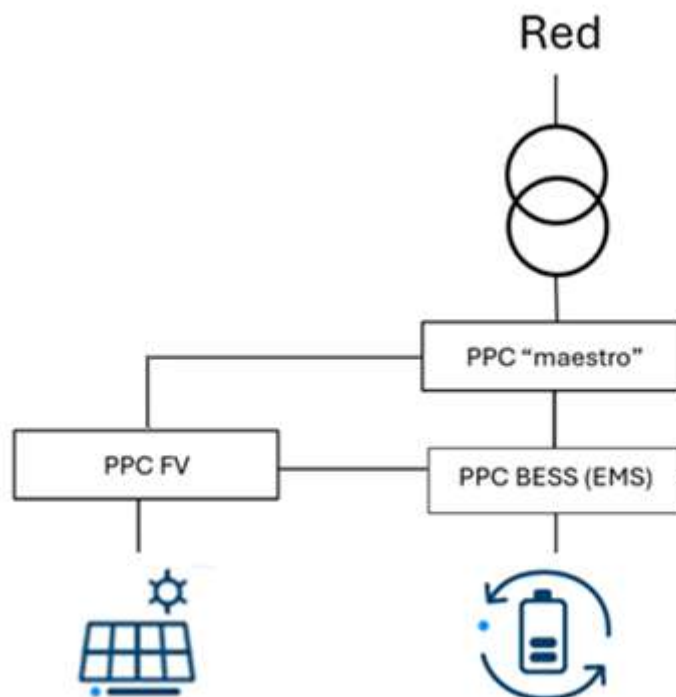
8.7.1 POWER PLANT CONTROLLER (PPC) Y ENERGY MANAGEMENT SYSTEM (EMS)

Los sistemas de generación fotovoltaico y el almacenamiento (BESS) contarán con su propio controlador o PPC (Power Plant Controller), cada controlador actuará directamente sobre el control y la gestión de cada tecnología hibridada, uno para la planta fotovoltaica y otro para el sistema de almacenamiento. A su vez, estos 2 PPC individuales estarán comunicados y coordinados con el PCC “maestro”, el cual recopilará toda la información de las instalaciones y enviará las consignas de control y gestión a los PPC de cada tecnología.

El PPC “maestro” controlará la generación/consumo energético de las diferentes tecnologías, evitando que en ningún caso se supere la capacidad de acceso de la instalación conjunta hibridada, enviando las pertinentes consignas de generación o vertido a los distintos PPC, tanto de generación como de almacenamiento (BESS), concretamente:

- En el caso de la planta fotovoltaica, si el PPC “maestro” indica reducir potencia de generación al PPC FV, este último enviara consigna a los inversores para que reduzcan la generación de energía eléctrica.
- En el caso del sistema de almacenamiento, si el PPC “maestro” indica reducir potencia de generación al PPC BESS, este último enviara consigna a los inversores para reducir o parar la descarga de las baterías.

	HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS PEGASO (31 MW - 124 MWh)	PEGA-SOL-AL-PE-MEM-0001				
	PROYECTO DE EJECUCIÓN MEMORIA					
		Rev.:	00	Página	56	de 82



La principal ventaja de la hibridación de la tecnología de generación con el almacenamiento es, que son complementarias durante el tiempo de operación. El rango de operación de la FV es mayor en verano y durante el día, en esos momentos (y en todos aquellos que por producción o capacidad de red sea viable), se utilizaría el excedente de generación en la carga del sistema de almacenamiento, completando de esta manera la sinergia energética de las tecnologías hibridadas. Además, el sistema de almacenamiento aporta las bondades intrínsecas a esta tecnología gestionable referentes al control del vertido de energía, dotando al sistema de estabilidad de red, respuesta rápida y desplazamiento de la curva de generación entre otras.

8.7.2 CONFIGURACIÓN DE MEDIDA PARA INSTALACIONES CON HIBRIDACIÓN DE TECNOLOGÍA Y ALMACENAMIENTO

La normativa del gestor de red establece qué, para verificar que la generación de las tecnologías no supere la capacidad de conexión, se instale un punto de medida principal y, si aplica, uno redundante (o comprobante) en el punto de conexión con la red (PM1 y, si aplica, PM2), y otro en cada módulo de generación y almacenamiento (para el módulo de generación 1, PM3 y, si aplica, PM4, y para el módulo de almacenamiento, PM5 y, si aplica, PM6) según se puede observar en el siguiente esquema:

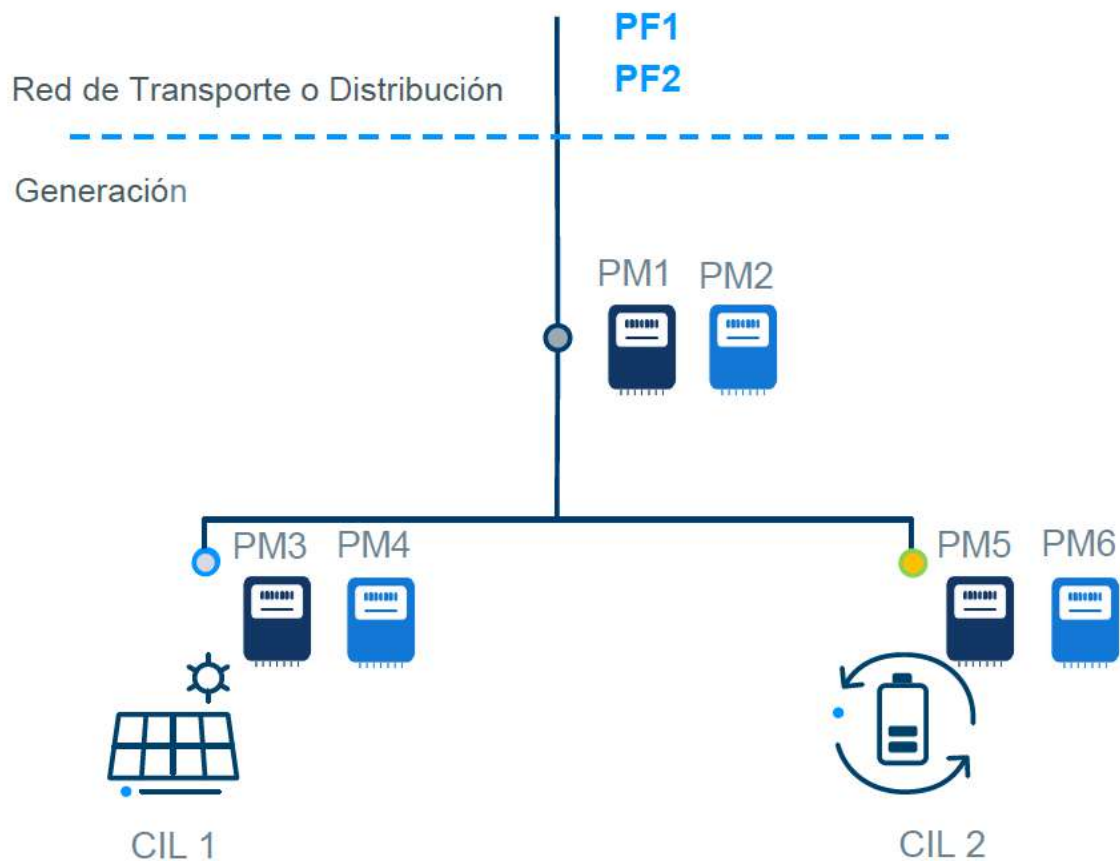


HIBRIDACIÓN SISTEMA DE
ALMACENAMIENTO
EN BATERÍAS PEGASO
(31 MW - 124 MWh)

PROYECTO DE EJECUCIÓN
MEMORIA

PEGA-SOL-AL-PE-MEM-0001

Rev.: 00 Página 57 de 82



	HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS PEGASO (31 MW - 124 MWh)	PEGA-SOL-AL-PE-MEM-0001				
	PROYECTO DE EJECUCIÓN MEMORIA					
		Rev.:	00	Página	58	de 82

8.8 SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS

El sistema protección de descargas atmosféricas de la instalación estará compuesto por estructuras metálicas y puntas Franklin.

El estudio detallado del sistema de protección contra descargas atmosféricas de la instalación se realizará en la fase de ingeniería de detalle, mediante un software adecuado, basado de un estudio de sobretensiones tipo rayo, maniobra y temporal. Con el objeto de poder analizar y establecer las medidas de protección a instalar acorde a la norma IEC 62305, que describe el proceso para evaluar el riesgo y el impacto que tienen las distintas decisiones para mitigarlo.

8.9 SISTEMA DE VENTILACIÓN Y REFRIGERACIÓN

El sistema de ventilación y refrigeración del contenedor es un sistema de manejo térmico o HVAC, compuesto por un sistema de refrigeración con las certificaciones CE. Este sistema es alimentado externamente y controlado por sensores de temperatura dentro de cada contenedor de baterías.

8.10 ARMÓNICOS Y COMPATIBILIDAD ELECTROMAGNÉTICA

Los equipos cumplen con la normativa referente a armónicos y compatibilidad electromagnética cumpliendo con lo dispuesto en el Real Decreto 1699/2011 (art. 16).

8.11 MEDIDA DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA

La subestación posee un sistema de medición que no se verá afectado, sin embargo, existiendo la necesidad de realizar la medición del sistema de almacenamiento y de los circuitos provenientes de las plantas fotovoltaicas, por un lado, se medirá la energía total que llega por la planta FV y por otro, la energía intercambiada por las baterías. En ambos casos, la medida se realizará en las celdas implantadas en el edificio de celdas de la subestación.

Para la medida de la energía generada por las baterías y para poder alimentar al PPC del sistema, se instalará un toroidal en barras de 1200/5-5 A de clase y precisión 0,2s 10 VA.

Para medir la energía intercambiada por la BESS, del transformador de intensidad se utilizará el devanado de medida de clase y precisión 0,2s 10 VA existente en la celda de reserva del transformador, que se utilizará como celda de línea de la BESS. Los otros dos devanados existentes del transformador se reemplazarán por dos transformadores de intensidad de clase y precisión 0,5-5P20 10VA.

	HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS PEGASO (31 MW - 124 MWh)	PEGA-SOL-AL-PE-MEM-0001					
	PROYECTO DE EJECUCIÓN MEMORIA						
		Rev.:	00	Página	59	de	82

9 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS HABILITADORAS PARA LA INTEGRACIÓN DE RENOVABLES

En este apartado se aportan los valores de características técnicas habilitadoras para la integración de energías renovables.

Características técnicas habilitadoras para la integración de renovables		
1	Capacidad del almacenamiento (h)	$2 \leq t < 4$
2	Eficiencia del ciclo completo de carga y descarga	Ef.>80%
3	Inercia	APE
4	Contribución a la fortaleza del sistema	APE: SCR ≤ 1.5
5	Regulación primaria (MRPF) / MRPFL-O/U/ regulación primaria rápida	APE con emulación inercia: $t_1 \leq 300$ ms; $t_2 \leq 1$ s
6	Capacidad de reactiva (curva P-Q y curva U-Q) (MVar)	$\pm 40\% \leq Q$
7	Amortiguamiento de oscilaciones (PSS/POD)	APE POD-P y POD-Q
8	Capacidad de soportar huecos de tensión y sobretensiones	$V=0$ pu $t>500$ ms y $V \geq 1.25$ pu $t>50$ ms
9	Capacidad de participar en el mercado de regulación secundaria (AFRR)	< 4 s y $T \leq 5$ min
10	Capacidad de gestión de las rampas	Control continuo
11	Velocidad máxima de carga/descarga (MW/min)	$v > 3,5$
12	Velocidad de conmutación (carga/descarga) (s)	$t \leq 15$
13	Gestión de la modificación al programa de carga/descarga	Gestión continua sin mínimo técnico
14	Capacidad de respuesta ante contingencias de la RDT	$t \leq 3$ s y $3 \text{ s} < t \leq 15$ min
15	Black start	Capacidad de energizar la red y alimentar demanda cuando se disponga de energía almacenada suficiente. Capacidad de energizar parte de la red solo con exportación MVar. Tiempo de mantenimiento del servicio <4 horas.

	HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS PEGASO (31 MW - 124 MWh)	PEGA-SOL-AL-PE-MEM-0001				
	PROYECTO DE EJECUCIÓN MEMORIA	Rev.:	00	Página	60	de 82

1. Capacidad del almacenamiento

La capacidad de almacenamiento de energía (medida en MWh/MW) se refiere al tiempo durante el cual el almacenamiento es capaz de proveer al sistema de manera sostenida su capacidad máxima.

2. Eficiencia del ciclo completo de carga y descarga

La eficiencia del ciclo de almacenamiento de energía debe evaluarse para un ciclo completo de toma y entrega de energía en el punto de conexión a la red manteniendo entre el final del proceso de carga y el inicio del proceso de descarga la energía almacenada durante un periodo de 24 horas. Se deben tener en cuenta adicionalmente las pérdidas del propio sistema de almacenamiento, las pérdidas asociadas a otros elementos que formen parte de la instalación, etc.

Considerando las pérdidas en transformadores (1.5% aprox.) y cableado (0.2% aprox.), la eficiencia en el lado de media tensión del transformador puede ser mayor o igual a 83.5%.

3. Inercia

Se diferencia entre la inercia provista por almacenamiento conectado a la red utilizando máquinas síncronas (AS) o mediante inversores de electrónica de potencia (APE).

La solución escogida es mediante inversores de electrónica de potencia (APE). Esto es un requerimiento funcional y no requiere de justificación de datos.

4. Contribución a la fortaleza del sistema:

Provisión de potencia de cortocircuito trifásica efectiva (S_{cc}) y niveles mínimos de S_{cc} requeridos.

Una medida de la fortaleza del sistema es evaluar la potencia de cortocircuito trifásica efectiva (S_{cc}). Dado que la solución escogida es tecnología APE, se mide el SCR, que puede alcanzar un valor $SCR < 1.2$.

5. Regulación primaria (MRPF) / MRPFL-O/U/ regulación primaria rápida

Este criterio se evalúa en función de la velocidad de respuesta de activación y/o provisión de esta regulación medida a través de los tiempos t_1 y t_2 .

Esta función se implementa principalmente por un sistema de gestión energética (EMS) de un tercero. No obstante, el tiempo de ajuste de potencia de un simple convertidor bidireccional es de 100 ms aprox.

	HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS PEGASO (31 MW - 124 MWh)	PEGA-SOL-AL-PE-MEM-0001					
	PROYECTO DE EJECUCIÓN MEMORIA						
		Rev.:	00	Página	61	de	82

6. Capacidad de reactiva (curva P-Q y curva U-Q)

Este criterio se evalúa en función de las capacidades de reactiva que el almacenamiento puede proveer, a mínimo técnico (MT) y a capacidad máxima (Pmax) en el punto de conexión. Siendo la Q la potencia reactiva, en %, sobre la potencia máxima nominal.

El número de convertidores bidireccionales se calcula para asegurar cumplimiento de factor de potencia 0.9284 (40% Q/P) en el punto de conexión a temperatura de diseño.

7. Amortiguamiento de oscilaciones (PSS/POD)

Para mitigar el riesgo de aparición o el poco amortiguamiento de estas oscilaciones se dota a las excitatrices de las máquinas síncronas de sistemas de estabilización o de controles para el amortiguamiento de las oscilaciones.

Estas funciones se deben llevar a cabo por el PPC (Power Plant Controller). Se usará un PPC/EMS compatible con los equipos seleccionados.

8. Capacidad de soportar huecos de tensión y sobretensiones

Este criterio se evalúa en función del tiempo en el que el almacenamiento es capaz de permanecer sin desconexión en situaciones de huecos de tensión y sobretensiones, por encima de los valores mínimos requeridos según la normativa vigente.

Los equipos propuestos soportan tanto huecos de tensión como sobretensiones, en las magnitudes indicadas y durante los intervalos indicados.

9. Capacidad de participar en el mercado de regulación secundaria (AFRR)

Este criterio se evalúa en función de la capacidad de disponer de un control que responda a una consigna de variación de potencia, con un tiempo máximo de activación de 5 minutos.

Este requerimiento se consigue con todo el sistema y por tanto con un PPC/EMS compatible.

10. Capacidad de gestión de las rampas

Este criterio se evalúa en función de la capacidad de disponer de un control de limitación de rampas.

En el caso de que el almacenamiento no tuviese capacidad técnica para implementar la limitación de rampa con un control continuo, se permitirá cumplimentar este requisito mediante escalones de tiempo discreto de hasta 15 minutos.

	HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS PEGASO (31 MW - 124 MWh)	PEGA-SOL-AL-PE-MEM-0001					
	PROYECTO DE EJECUCIÓN MEMORIA						
		Rev.:	00	Página	62	de	82

Para los equipos seleccionados, el sistema de control continuo puede realizar control suave continuo desde carga a descarga.

11. Velocidad máxima de carga/descarga

La velocidad máxima de carga/descarga representa los MW/min que el almacenamiento puede alcanzar en su funcionamiento.

Los sistemas electrónicos de carga y descarga de las baterías son del orden de ms, muy superiores en valor a lo requerido en este criterio.

12. Velocidad de conmutación (carga/descarga)

La velocidad de conmutación entre el ciclo de carga y ciclo de descarga se evalúa en términos de tiempo mínimo que requiere el almacenamiento para pasar del modo carga (consumo de potencia) al modo descarga (inyección de potencia) o viceversa.

El tiempo de velocidad de conmutación para los equipos es inferior a 100 ms.

13. Gestión de la modificación al programa de carga/descarga

Capacidad del almacenamiento para gestionar las modificaciones de su programa de carga/descarga. Se distingue la capacidad de gestión teniendo en cuenta si el almacenamiento dispone o no de un mínimo técnico.

Las baterías no disponen de un mínimo técnico de operación y son capaces de tomar o proporcionar energía con la única limitación de la potencia que son capaces de proporcionar. Es decir, no se gobiernan con escalones de carga, por tanto, gestión continua sin mínimo técnico.

14. Capacidad de respuesta ante contingencias de la RDT

Capacidad del almacenamiento para recibir y cumplir consignas de carga o descarga ante contingencias de la RdT que previamente habrá definido y activado el OS.

Esta función se gestiona por un PPC/EMS compatible que cumpla con lo estipulado por el PO 7.2. para la participación en mercados secundarios. Esto implica que el sistema sea capaz de comunicar con el OS en tiempo real y poder gestionar consignas que éste desee proporcionar.

15. Black start

Se valora que la tecnología sea capaz de proveer servicios de reposición del sistema.

	HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS PEGASO (31 MW - 124 MWh)	PEGA-SOL-AL-PE-MEM-0001				
	PROYECTO DE EJECUCIÓN MEMORIA	Rev.:	00	Página	63	de 82

El sistema será capaz de proveer una señal de frecuencia, fase y tensión, esto es, un rearme de red en caso de fallo del sistema. Es capaz también de energizar parte de una red con energía reactiva. Dada la capacidad de almacenamiento, el sistema sólo sería capaz de mantener el servicio durante 2h.

	HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS PEGASO (31 MW - 124 MWh)	PEGA-SOL-AL-PE-MEM-0001				
	PROYECTO DE EJECUCIÓN MEMORIA					
		Rev.:	00	Página	64	de 82

10 CONEXIÓN A SUBESTACIÓN

Para realizar la conexión a la red de evacuación de la energía almacenada en el sistema de almacenamiento hasta el punto de conexión a la red de transporte, se conectará con la Subestación Transformadora Pegaso 30/66 kV, donde se eleva la tensión a 66 kV para entrar en la red de alta tensión que le llevará, mediante una línea de 66 kV, hasta la Subestación Transformadora Oliva 66/400 kV y posteriormente, mediante una línea de 400 kV, hasta la Subestación La Mudarra 400 kV, donde se conecta a la red de transporte (REE).

Para realizar dicha conexión se instalarán celdas de 30 kV en la sala de celdas de la subestación, las cuales realizarán la interconexión de los diferentes circuitos provenientes del sistema de almacenamiento y su posterior conexión al transformador de potencia 30/66 kV de la Subestación Pegaso donde, junto con la energía generada por la planta fotovoltaica, se elevará la tensión y se procederá a la evacuación de la energía de forma conjunta.

Todas las posiciones de 30 kV estarán debidamente equipadas con los elementos de maniobra, medida y protección necesarios para su operación segura.

10.1 CARACTERÍSTICAS CELDAS 30 kV

Las características constructivas de estas celdas son de tipo encapsulado metálico, aislamiento en SF₆, para instalación en interior. Las celdas están fabricadas de acuerdo con la norma IEC 62271-200 y cumplen con la denominación de “aparamenta blindada”. Son del tipo “fases agrupadas”, con un 95% de gas y resto, 5%, aire.

El embarrado cuenta con aislamiento sólido apantallado mientras que el interruptor automático emplea gas SF₆ como medio de aislamiento, confiriendo a estas celdas las siguientes ventajas:

- Dimensiones reducidas
- Insensibilidad a la contaminación atmosférica, polvo, insectos, etc., de todas las partes en tensión
- Alta fiabilidad derivada de la insensibilidad de los agentes externos.
- Alta disponibilidad derivada de la reducida necesidad de mantenimiento.

Las celdas están dotadas de interruptores automáticos y las diferentes funciones de cada circuito están compartimentadas para minimizar la extensión ante cualquier incidente interno, aparte de permitir realizar de forma segura trabajos de mantenimiento sin perturbar el servicio. Cada celda consta de los siguientes compartimentos:

	HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS PEGASO (31 MW - 124 MWh)	PEGA-SOL-AL-PE-MEM-0001					
	PROYECTO DE EJECUCIÓN MEMORIA						
		Rev.:	00	Página	65	de	82

- Interruptor automático.
- Barras generales.
- Salida de cables y transformadores de intensidad.
- Baja tensión y mecanismo de accionamiento.

Compartimento de interruptor:

Este compartimento utiliza gas SF6 como agente aislante y contiene el interruptor automático, está situado en la parte central de la celda y a él se conectan los cables de potencia y el embarrado general a través de pasatapas.

Compartimento de embarrado principal

Este compartimento está situado en la parte superior de la celda. Este embarrado cuenta con aislamiento sólido apantallado puesto a tierra. El compartimento cuenta en su interior con los siguientes elementos:

- Embarrado interior y conexiones.
- El seccionador y seccionador de puesta a tierra.

Compartimento de baja tensión:

Este compartimento se encuentra en la parte superior de la celda y se encuentra separado de la parte de media tensión. Contiene los equipos y los elementos auxiliares de protección y control en baja tensión.

Compartimento de conexión de cables:

Está situado en la parte baja de la celda, con acceso desde la zona trasera y contiene:

- Zócalos adecuados para la conexión de los conectores de media tensión.
- Conectores rectos.
- Bridas de sujeción individual de cada cable de potencia.
- Zócalo para transformadores de tensión enchufables.
- Transformadores toroidales de intensidad.



	HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS PEGASO (31 MW - 124 MWh)	PEGA-SOL-AL-PE-MEM-0001					
	PROYECTO DE EJECUCIÓN MEMORIA						
		Rev.:	00	Página	66	de	82

La chapa frontal de las celdas presenta diferentes mandos e indicadores, así como un esquema sinóptico.

Las características constructivas y de diseño de las celdas responden a los siguientes valores nominales:

Tensión nominal	30 kV
Tensión máxima de servicio	36 kV
Tensión de ensayo a frecuencia industrial, 50 Hz	70 kV
Tensión de ensayo a onda de choque tipo rayo	170 kV

10.2 CONEXIÓN DE CABLES

La conexión de cables se realiza desde la parte frontal mediante unos pasatapas estándar.

10.3 ENCLAVAMIENTOS

La función de los enclavamientos incluidos en las celdas supone que:

- No se pueda conectar el seccionador de puesta a tierra con el interruptor cerrado, y recíprocamente, no se pueda cerrar el interruptor si el seccionador de puesta a tierra está conectado.
- No se pueda quitar la tapa frontal si el seccionador de puesta a tierra está abierto, y a la inversa, no se pueda abrir el seccionador de puesta a tierra cuando la tapa frontal ha sido extraída.

10.4 CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS

Las características generales de las celdas son las siguientes:

- Tensión asignada 36 kV
- Intensidad asignada: 400/630 A

	HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS PEGASO (31 MW - 124 MWh)	PEGA-SOL-AL-PE-MEM-0001					
	PROYECTO DE EJECUCIÓN MEMORIA	Rev.:	00	Página	67	de	82

- Intensidad de corta duración (1 o 3 s): 25 kA
- Nivel de aislamiento
- Frecuencia industrial (1 min)
 - a tierra y entre fases 70 kV
 - a la distancia de seccionamiento: 80 kV
- Impulso tipo rayo
 - a tierra y entre fases 170 kV
 - a la distancia de seccionamiento: 195 kV

En la descripción de cada celda se incluyen los valores propios correspondientes a las intensidades nominales, térmica y dinámica, etc.



HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS PEGASO (31 MW - 124 MWh)

PROYECTO DE EJECUCIÓN MEMORIA

PEGA-SOL-AL-PE-MEM-0001

Rev.: 00 Página 68 de 82

11 LINEAS DE EVACUACIÓN 30 kV

El sistema colector consistirá en una red subterránea a 30 kV que se encargará de la evacuación de la energía hasta la Subestación elevadora Pegaso, la línea de 30 kV soterrada entre el sistema de almacenamiento y la subestación elevadora, que son objeto del presente documento.

11.1 CIRCUITOS EVACUACIÓN 30 kV

La red de evacuación estará constituida por dos (2) circuitos subterráneos aislados a 30 kV.

Los circuitos evacuarán la energía almacenada en las Baterías hasta la subestación de planta y posteriormente, y de manera conjunta con la energía generada en la planta fotovoltaica, hasta la subestación elevadora, tal y como se indica en el cuadro siguiente:

CIRCUITO EVACUACIÓN 30 kV

CIRCUITO SUBTER, 30 kV	CIRCUITO 30 kV (ORIGEN)	CIRCUITO 30 kV (FINAL)	Potencia de la línea (MW)	Longitud de la línea (m)
L1	Baterías	Subestación	31	183,66
L2 (reserva)	Baterías	Subestación	31	183,66

11.2 CARACTERÍSTICAS GENERALES

La red de media tensión del presente Anteproyecto, consta de las siguientes características:

Frecuencia	50 Hz
Tensión nominal de la red Un	30 kV
Tensión más elevada de la red Us	36 kV
Categoría	Tercera
Icc de la red (kA)	31,5
Tiempo de accionamiento protección del cable	0,5
Origen	Baterías
Final	Subestación
Longitud total de líneas (m)	183,66

Tipo de tramo	Subterráneo
Disposición de los cables	2 Terna al tresbolillo
Denominación	L1 y L2
Tipo de Conductor	RHZ1-OL 18/30kV 1x630 K Al H25
Nº de conductores por fase	1
Aislamiento	XLPE
Tipo de terminales	Conector enchufable
Tipo de conexión de pantallas	Puesta a tierra directa en extremos
Cable de acompañamiento de tierras	-
Cable unipolar	RZ1 1x50 mm ²
Cable de FO	2 x PKP 128 FO
Tipos de canalización	Directamente enterrada/Entubada hormigonada/Perforación horizontal dirigida
Profundidad de la canalización (base de la excavación) /anchura (m)	Directamente enterrada-Entubada hormigonada-Perforación horizontal dirigida según plano de zanjas de MT
Resistividad térmica del terreno (K·m/W)	1,5
Temperatura del terreno (°C)	25
Resistividad térmica del hormigón (K·m/W)	0,9

11.3 MATERIALES DE LOS TRAMOS DE LÍNEA SUBTERRÁNEA

Los materiales y su montaje cumplirán con los requisitos y ensayos de las normas UNE aplicables de entre las incluidas en la ITC-LAT 02 y demás normas y especificaciones técnicas aplicables.

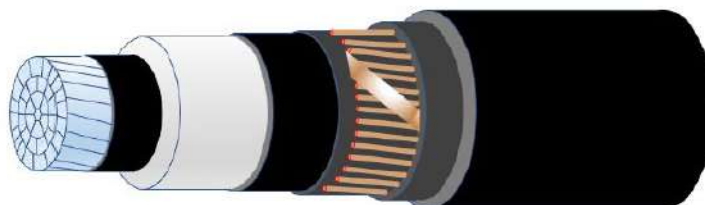
En el caso de que no exista norma UNE, se utilizarán las Normas Europeas (EN o HD) correspondientes y, en su defecto, se recomienda utilizar la publicación CEI correspondiente (Comisión Electrotécnica Internacional).

11.3.1 CABLE AISLADO DE POTENCIA

11.3.1.1 Características constructivas

Se instalará cable unipolar no armado con aislamiento extruido RHZ1-OL 18/30kV 1x630 K Al H25 según IEC 60502.

	HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS PEGASO (31 MW - 124 MWh)	PEGA-SOL-AL-PE-MEM-0001					
	PROYECTO DE EJECUCIÓN MEMORIA						
		Rev.:	00	Página	70	de	82



Sus principales características son:

Cable aislado de potencia	
Denominación	RHZ1-OL 18/30kV 1x630 K Al H25
Material	Aluminio
Sección (mm ²)	630
Clase	Clase 2, circular cableado compactado
Resistencia conductor cc 20°C (Ohm/km)	0,0469
Aislamiento: material y espesor (mm)	Polietileno reticulado (XLPE) 8 mm
Pantalla: material y sección (mm ²)	Pantalla de hilos de cobre de 25,1 mm ² de sección nominal
Cubierta exterior: material y diámetro exterior (mm)	Polietileno (PE) ST7 con recubrimiento semiconductor extruido / 54,7 mm
Peso del cable aproximado (kg/m)	3,6
Diámetro exterior (mm)	57,6
Máxima temperatura de servicio del cable (°C)	90
Intensidad ccto admisible I (kA) conductor	84,181 kA / 0,5 segundos
Intensidad ccto admisible I (kA) pantalla	4,667 kA / 0,5 segundos

	HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS PEGASO (31 MW - 124 MWh)	PEGA-SOL-AL-PE-MEM-0001				
	PROYECTO DE EJECUCIÓN MEMORIA					
		Rev.:	00	Página	71	de 82

11.3.1.2 Características eléctricas

Cable aislado de potencia	
Normativa de referencia	IEC 60502
Tensión asignada U_0/U (kV)	18/30
Tensión más elevada de la red (U_s)	36
Frecuencia (Hz)	50
Nivel aislamiento a impulsos tipo rayo (kV)	170
Nivel aislamiento a frecuencia industrial 30 min. (kV)	70
Temperatura máxima del conductor en régimen permanente ($^{\circ}\text{C}$)	90
Temperatura máxima del conductor en cortocircuito ($^{\circ}\text{C}$)	250
Temperatura máxima de la pantalla en régimen permanente ($^{\circ}\text{C}$)	>80
Temperatura máxima pantalla en cortocircuito ($^{\circ}\text{C}$)	250
Intensidad cortocircuito admisible 0,5 s en conductor (kA)	84,181
Intensidad cortocircuito admisible 0,5 s en pantalla (kA)	4,667

11.3.2 CABLE DE COMUNICACIONES

El cable estará constituido por un núcleo óptico que a su vez estará formado por un elemento central de naturaleza dieléctrica, alrededor del cual se cablearán los tubos que contienen las fibras con protección holgada; los tubos irán rellenos con un compuesto antihumedad. Este componente cumplirá la norma IEC 60794 en cuanto a densidad, viscosidad y penetración del cono.

El conjunto descrito estará preparado de modo que evite la penetración/propagación del agua por el interior del cable y la acción de los iones de hidrógeno y estará protegido por una cubierta plástica.

Encima de esta cubierta se colocarán cintas o capas resistentes, de materiales de protección, que actúen como barrera ante la acción de los roedores. Las cintas o capas podrán ser dieléctricas.

Sobre el conjunto así formado se extruirá una cubierta exterior de material termoplástico.

El cable estará garantizado contra la no propagación del agua bajo la primera cubierta, es decir, la cubierta del núcleo óptico, según CEI 794-1.



	HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS PEGASO (31 MW - 124 MWh)	PEGA-SOL-AL-PE-MEM-0001				
	PROYECTO DE EJECUCIÓN MEMORIA	Rev.:	00	Página	72	de 82

11.3.3 TERMINALES

La conexión del cable con la aparamenta del sistema de almacenamiento y las celdas de 30 kV de la subestación se realizará mediante una botella terminal unipolar enchufable en “T” por fase con las siguientes características eléctricas:

Terminales	
Tensión nominal de la red (kV)	30
Tensión nominal del cable Uo/U (kV)	18/30
Tensión más elevada en el cable y sus accesorios Um (kV)	36
Tensión soportada a impulsos tipo rayo (kV cresta)	170

11.3.3.1 Características de los terminales

Terminales en T: Los terminales serán unipolares enchufables en “T” y sus características técnicas serán compatibles con los cables en los que se instalen, así como con el sistema subterráneo global y condiciones de operación de la instalación a la que van destinados.

La capacidad de transporte, así como la corriente de cortocircuito soportada deberá ser al menos igual a la del cable de la instalación a la que va destinado.

11.3.4 CAJAS DE CONEXIÓN

Para poder realizar las conexiones a tierra de las pantallas metálicas según los tipos de conexionado de las pantallas se instalarán cajas unipolares o tripolares de conexión a tierra que dispondrán de una envoltura acero inoxidable. En el interior de las cajas las conexiones a tierra se realizarán mediante pletinas desmontables de cobre o cobre estañado.

Las cajas de puesta a tierra de los empalmes en caso de ser necesarias se instalarán en el interior de las cámaras de empalme o en arquetas fuera de la cámara de empalmes si éstas no son visitables.

El cable de tierra que conecta los empalmes con las cajas de puesta tierra no podrá tener una longitud superior a 10 metros.

	HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS PEGASO (31 MW - 124 MWh)	PEGA-SOL-AL-PE-MEM-0001				
	PROYECTO DE EJECUCIÓN MEMORIA					
		Rev.:	00	Página	73	de 82

Para la línea proyectada se instalarán los siguientes tipos de cajas de conexión:

Cajas de conexión	
Ubicación	Tipo
Sistema de Almacenamiento y Subestación	Caja unipolar intemperie de puesta a tierra directa
Cámaras de empalmes alternas (si fuera necesario)	Caja tripolar enterrada de puesta a tierra directa

11.3.4.1 Cajas de conexión unipolares para conexión puesta a tierra directa. Instalación al aire.

Las cajas de conexión unipolares serán de acero inoxidable, dispondrán de un grado de protección IP-66. Deberán soportar un defecto de arco interno de 40kA durante 0,1 segundos y un cortocircuito de $\geq 40\text{kA}$ durante 1 segundo. Y serán para cable unipolar. Estas cajas de conexión se colocarán en el sistema de almacenamiento.

11.3.4.2 Cajas de conexión tripolares de puesta a tierra directa. Instalación enterrada

Las cajas de conexión tripolares para instalación enterrada serán de acero inoxidable, dispondrán de un grado de protección IP-68. Deberán soportar un defecto de arco interno de 40kA durante 0,1 segundo y un cortocircuito de 50kA durante 1 segundo. Y serán para cable coaxial o para cable unipolar. Estas cajas de conexión se colocarán cámaras de empalmes alternas.

11.3.5 EMPALMES

Las características técnicas de los empalmes deberán ser compatibles con los cables que unen, así como con el sistema subterráneo global y condiciones de operación de la instalación a la que van destinados.

Los empalmes serán premoldeados para cruzamiento de pantallas y proporcionarán al menos las mismas características eléctricas y mecánicas que los cables que unen, teniendo al menos la En la línea proyectada se ha previsto el siguiente tipo de canalización:

- Directamente enterrada, con cable agrupados en contacto al tresbolillo
- Entubada hormigonada

Los detalles de la canalización se muestran en el documento “Planos”.



	HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS PEGASO (31 MW - 124 MWh)	PEGA-SOL-AL-PE-MEM-0001					
	PROYECTO DE EJECUCIÓN MEMORIA						
		Rev.:	00	Página	74	de	82

Para el tendido de los cables aislados en canalización entubada hormigonada, se instalará 1 tubo de polietileno de alta densidad corrugado de doble pared de 250 mm de diámetro exterior.

Para el tendido de los cables de telecomunicaciones, se instalará para cada circuito 1 tubo de polietileno liso de alta densidad de simple capa de 63 mm de diámetro.

11.3.6 DIMENSIONES DE LA CANALIZACIÓN

Las dimensiones de las distintas zanjas vienen condicionadas por los distintos niveles de tensión, por el número de ternas a tender, y el diámetro de los tubos necesarios.

En la línea proyectada se tiene:

Dimensiones de la canalización	
Número de ternas	1
Profundidad de la canalización (base de excavación) (mm)	1050 (terreno normal) 1550 (terreno de cultivo)
Anchura de la canalización (mm)	1 terna: 500 2 ternas: 600

Las profundidades y anchuras mencionadas se modificarán, en caso necesario, cuando se encuentren otros servicios en el trazado, a fin de mantener las distancias mínimas en cruzamientos y paralelismos.

11.4 PUESTA A TIERRA

11.4.1 ELEMENTOS A CONECTAR A TIERRA

Se conectarán a tierra los siguientes elementos:

- Bastidores de los elementos de protección.
- Pantallas metálicas de los cables, empalmes y terminales.

11.4.2 CONEXIONES DE LA PANTALLA DE LOS CABLES

Los cables disponen de una pantalla metálica sobre la que se inducen tensiones.

Dependiendo del sistema de conexión a tierra de estas pantallas, o bien pueden aparecer corrientes inducidas que disminuyen la intensidad máxima admisible en el cable, o bien aparecen



	HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS PEGASO (31 MW - 124 MWh)	PEGA-SOL-AL-PE-MEM-0001					
	PROYECTO DE EJECUCIÓN MEMORIA						
		Rev.:	00	Página	75	de	82

tensiones inducidas que pueden alcanzar valores peligrosos. En la línea proyectada se ha previsto el siguiente sistema de puesta a tierra:

11.4.2.1 Conexión en ambos extremos (Both-Ends)

En este tipo de conexión las pantallas de los cables son continuas y se conectan a tierra en ambos extremos de la línea. En caso de precisarse grandes longitudes, se dispondrá de puestas a tierra intermedias en alguno de los empalmes.

No es necesario instalar un cable equipotencial de continuidad de tierras.

11.4.3 DISPOSICIÓN DE LA PUESTA A TIERRA

Los elementos que constituyen la puesta a tierra son:

- Elementos de conexión a tierra de las pantallas
- Línea de tierra
- Electrodo de puesta a tierra

11.4.3.1 Elementos de conexión a tierra de las pantallas

Los elementos de conexión de las pantallas a tierra son los que se detallan a continuación:

Conexión rígida: La conexión directa de las pantallas a tierra se hará mediante cable unipolar con conductor de cobre y aislamiento 0,6/1 kV.

La sección del cable será calculada para permitir la conducción de corriente total de falta especificada para la pantalla en cada nivel de tensión.

En el caso de la línea proyectada se utilizará cable unipolar con una sección de 50 mm².

11.4.3.2 Línea de tierra

Es el conductor que une el electrodo de puesta a tierra con el punto de la instalación que ha de conectarse a tierra, es decir, las cajas de puesta a tierra de empalmes y terminales.

La puesta a tierra de servicio conectará a tierra los extremos de los descargadores de tensiones.

La puesta a tierra de protección conectará a tierra los elementos metálicos de la instalación.

	HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS PEGASO (31 MW - 124 MWh)	PEGA-SOL-AL-PE-MEM-0001				
	PROYECTO DE EJECUCIÓN MEMORIA	Rev.:	00	Página	76	de 82

11.4.3.3 Electrodo de puesta a tierra

Los electrodos de puesta a tierra están constituidos, bien por picas de acero-cobre, bien por conductores de cobre desnudo enterrados horizontalmente, o bien por combinación de ambos.

Puesta a tierra de terminaciones en sistema de almacenamiento y subestaciones: En las terminaciones del sistema de almacenamiento y las subestaciones, se empleará el electrodo de puesta a tierra propio de la instalación.

11.5 ENSAYOS ELÉCTRICOS DESPUÉS DE LA INSTALACIÓN

Una vez que la instalación ha sido concluida, es necesario comprobar que el tendido del cable y el montaje de los accesorios (empalmes, terminales, etc.) se ha realizado correctamente, para lo cual serán de aplicación los ensayos especificados al efecto en las normas correspondientes y según se establece en la Norma UNE 211006 y según se establece en la ITC-LAT 05.

	HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS PEGASO (31 MW - 124 MWh)	PEGA-SOL-AL-PE-MEM-0001					
	PROYECTO DE EJECUCIÓN MEMORIA						
		Rev.:	00	Página	77	de	82

12 RELACIÓN DE ORGANISMOS AFECTADOS

- AYUNTAMIENTO DE VALLADOLID.
- SOCIEDAD PLANTA FV 112 S.L.

	HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS PEGASO (31 MW - 124 MWh)	PEGA-SOL-AL-PE-MEM-0001				
	PROYECTO DE EJECUCIÓN MEMORIA	Rev.:	00	Página	78	de 82

13 ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

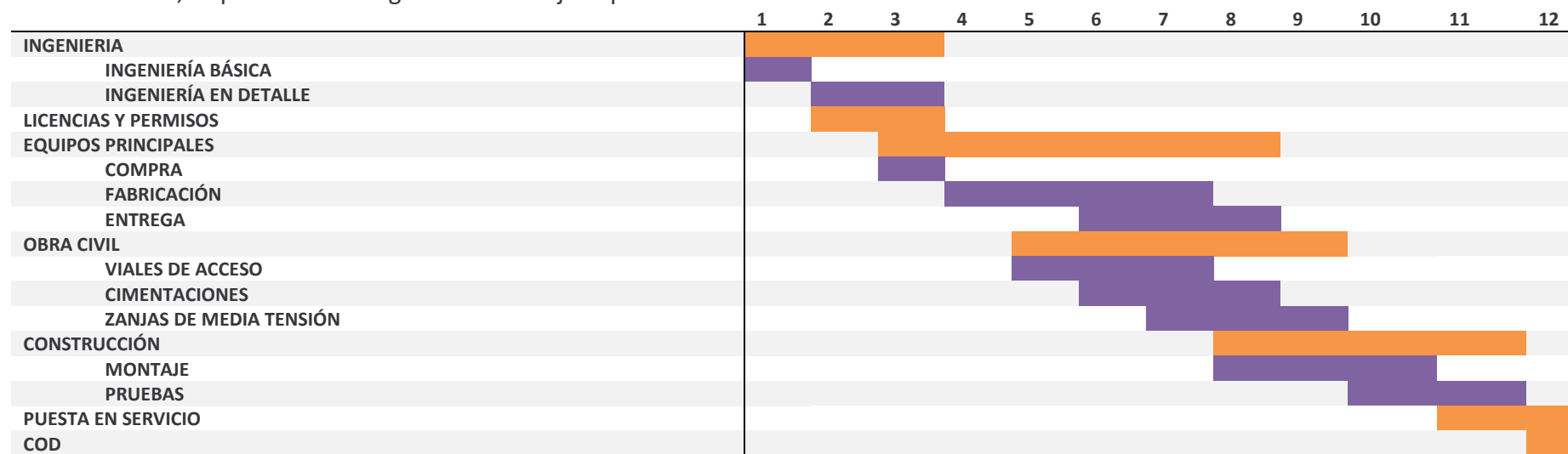
En cumplimiento con el RD1627/1997, de 24 de octubre, relativo a las disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción, se establece la obligatoriedad de elaborar un estudio de seguridad y salud que se adjunta en el proyecto de ejecución en el documento PEGA-SOL-AL-PE-ESS-0001-A01.

	HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS PEGASO (31 MW - 124 MWh)		PEGA-SOL-AL-PE-MEM-0001					
	PROYECTO DE EJECUCIÓN MEMORIA							
	Rev.:	00	Página	79	de	82		

14 PROGRAMA DE EJECUCIÓN

La ingeniería, el suministro, la construcción y la puesta en marcha de este Proyecto se realizarán en un plazo aproximado de 12 meses.

A continuación, se presenta cronograma de trabajo expresado en meses:





HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS PEGASO (31 MW - 124 MWh)

PROYECTO DE EJECUCIÓN MEMORIA

PEGA-SOL-AL-PE-MEM-0001

Rev.: 00 Página 80 de 82

15 PRESUPUESTO

A continuación, se describe el presupuesto:

EQUIPOS PRINCIPALES				TOTAL	11.014.294,40 €
SUMINISTRO DE CONTENEDORES DE 20 PIES CON LAS CELULAS DE BATERÍAS, BMS, GABINETES DE RACK, PCS Y EQUIPOS AUX INCLUIDO PCI.	Ud	32	315.759,20 €	10.104.294,40 €	
SUMINISTRO DE SKID O CONTENEDOR DE 20 PIES QUE INCLUYE TRANSFORMADOR, CABINAS DE MT, UPS, ILUMINACIÓN, CABLEADO INTERNO Y EQUIPOS AUX INCLUIDO PCI.	Ud	8	110.000,00 €	880.000,00 €	
SUMINISTRO DE CELDAS DE MT Y MODIFICACIONES EN CUADRO ELECTRICO EXISTENTE EN LA SUBESTACIÓN PARA INTERCONEXIÓN	Ud	1	30.000,00 €	30.000,00 €	

OBRA CIVIL				TOTAL	394.743,13 €
DESBROCE Y PUESTA A PUNTO DEL TERRENO	m ²	9.005,33	3,25 €	29.267,32 €	
ACCESOS Y CAMINOS INTERNOS	m	387,06	21,00 €	8.128,26 €	
ZANJAS MT	m	183,66	245,00 €	44.996,70 €	
ZANJAS BT	m	344,55	125,00 €	43.068,75 €	
ZANJAS TIERRAS	m	1.372,22	30,00 €	41.166,60 €	
CIMENTACIONES DE HORMIGÓN Y LOSAS PARA EQUIPOS EXTERIORES	Ud	40	5.175,00 €	207.000,00 €	
CERCA PERIMETRAL INCLUIDAS PUERTAS	m	422,31	50,00 €	21.115,50 €	

SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE EQUIPAMIENTO ELÉCTRICO				TOTAL	49.347,02 €
CABLEADO DE BT	m	861,38	16,00 €	13.782,08 €	
CABLEADO DE MT	m	606,08	41,00 €	24.849,28 €	
RED DE TIERRAS	m	1.372,22	6,90 €	9.468,32 €	
CABLEADO DE COMUNICACIONES (FO)	m	1.467,46	0,85 €	1.247,34 €	

MONTAJE Y PUESTA EN MARCHA				TOTAL	673.785,00 €
INSTALACIÓN Y CONEXIONADO DE EQUIPOS			645.655,37 €	645.655,37 €	
PUESTA EN MARCHA			28.129,63 €	28.129,63 €	

GESTIÓN DE RESIDUOS				TOTAL	2.948,00 €
1 SACA DE 1 M3	Ud	1	50,00 €	50,00 €	
1 CONTENEDOR DE ALTA CAPACIDAD (MÁS DE 12 M3)	Ud	1	300,00 €	300,00 €	
TRAYECTOS DE CAMIONES DE 20 Tn (TIERRAS DE EXCAVACIÓN)	Ud	1	58,00 €	58,00 €	
CONTENEDOR DE 4,5 M3 HORMIGÓN	Ud	1	40,00 €	40,00 €	
RESIDUOS PELIGROSOS				2.500,00 €	

	HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS PEGASO (31 MW - 124 MWh)	PEGA-SOL-AL-PE-MEM-0001					
	PROYECTO DE EJECUCIÓN MEMORIA						
		Rev.:	00	Página	81	de	82

SEGURIDAD Y SALUD	TOTAL	22.671,00 €
PROTECCIONES INDIVIDUALES Y COLECTIVAS		5.009,00 €
PREVENCIÓN DE INCENDIOS		1.860,00 €
PROTECCIÓN DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA		2.430,00 €
INSTALACIONES DE HIGIENE Y BIENESTAR		11.397,00 €
MEDICINA PREVENTIVA Y PRIMEROS AUXILIOS		1.975,00 €

PRESUPUESTO TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL ALMACENAMIENTO	12.132.169,55 €
	21% IVA 2.547.755,61 €
TOTAL PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN CON IVA	14.679.925,16 €

PRESUPUESTO TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL ALAMCENAMIENTO + GEST. RESIDUOS + SyS	12.157.788,55 €
	21% IVA 2.553.135,60 €
TOTAL PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN CON IVA	14.710.924,15 €

El presente presupuesto de ejecución material pertenece al **PROYECTO DE EJECUCIÓN HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS PEGASO (31 MW – 124 MWh)** y asciende a la cantidad de DOCE MILLONES CIENTO TREINTA Y DOS MIL CIENTO SESENTA Y NUEVE EUROS CON CINCUENTA Y CINCO CÉNTIMOS DE EURO (12.132.169,55 €).

El presente presupuesto de ejecución material es una estimación del coste de los materiales y la mano de obra necesarios para la ejecución de la obra, a la fecha de redacción del proyecto. No incluye otros costes, como los gastos generales (6%), el beneficio industrial (>13%), los gastos de ingeniería y el impacto de la inflación.

	HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS PEGASO (31 MW - 124 MWh)	PEGA-SOL-AL-PE-MEM-0001				
	PROYECTO DE EJECUCIÓN MEMORIA	Rev.:	00	Página	82	de 82

16 CONCLUSIONES

Con la presente Memoria y demás documentos que se adjuntan y componen este Proyecto de Ejecución, se considera haber descrito las instalaciones de referencia, esperando el Peticionario las autorizaciones solicitadas sin perjuicio de cualquier ampliación, modificación o aclaración que las autoridades competentes o partes interesadas considerasen oportunas.

Madrid, a la fecha de la firma electrónica
Juan Sebastián Gámez Valenzuela

Colegiado nº 4935/4165
Colegio Nacional de Ingenieros del ICAI

PROYECTO



**Sistema de Almacenamiento en Baterías de la Planta
Fotovoltaica PEGASO SOLAR**

**Municipio de Valladolid, Provincia de Valladolid
(España)**

TITULO

**HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO
EN BATERÍAS PEGASO
(31 MW - 124 MWh)**

PROYECTO DE EJECUCIÓN FICHAS TÉCNICAS DE EQUIPOS

Nº DE DOCUMENTO

PEGA-SOL-AL-PE-MEM-0001-A01

Nº REVISION	00	DOCUMENTO EMITIDO PARA:	LEGALIZACIÓN
FECHA EMISIÓN	11/07/2025		

M.R.L.	L.G.C.	J.S.G.V.
Preparado por	Revisado por	Aprobado por

Este documento, así como los contenidos y los signos distintivos aparecidos en el mismo, excepto indicación expresa en contrario, son propiedad expresa de Solaria Energía y Medio Ambiente, S.A., o dispone de las licencias necesarias, por lo que se encuentran protegidos por los derechos de propiedad industrial e intelectual conforme a la legislación española. Se autoriza su reproducción exclusivamente para uso privado y se prohíbe, salvo autorización expresa, la reproducción de todo o parte del mismo en cualquier forma.



	HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS PEGASO (31 MW - 124 MWh)	PEGA-SOL-AL-PE-MEM-0001- A01				
	PROYECTO DE EJECUCIÓN FICHAS TÉCNICAS DE EQUIPOS	Rev.:	00	Página	2	de 11

RESUMEN DE REVISIONES

Revisión	Fecha	Descripción de los cambios
00	11/07/2025	Documento nuevo



**HIBRIDACIÓN SISTEMA DE
ALMACENAMIENTO
EN BATERÍAS PEGASO
(31 MW - 124 MWh)**

**PROYECTO DE EJECUCIÓN
FICHAS TÉCNICAS DE EQUIPOS**

**PEGA-SOL-AL-PE-MEM-0001-
A01**

Rev.:	00	Página	3	de	11
-------	----	--------	---	----	----

ANEXO I

MEMORIA DESCRIPTIVA

FICHAS TÉCNICAS DE EQUIPOS

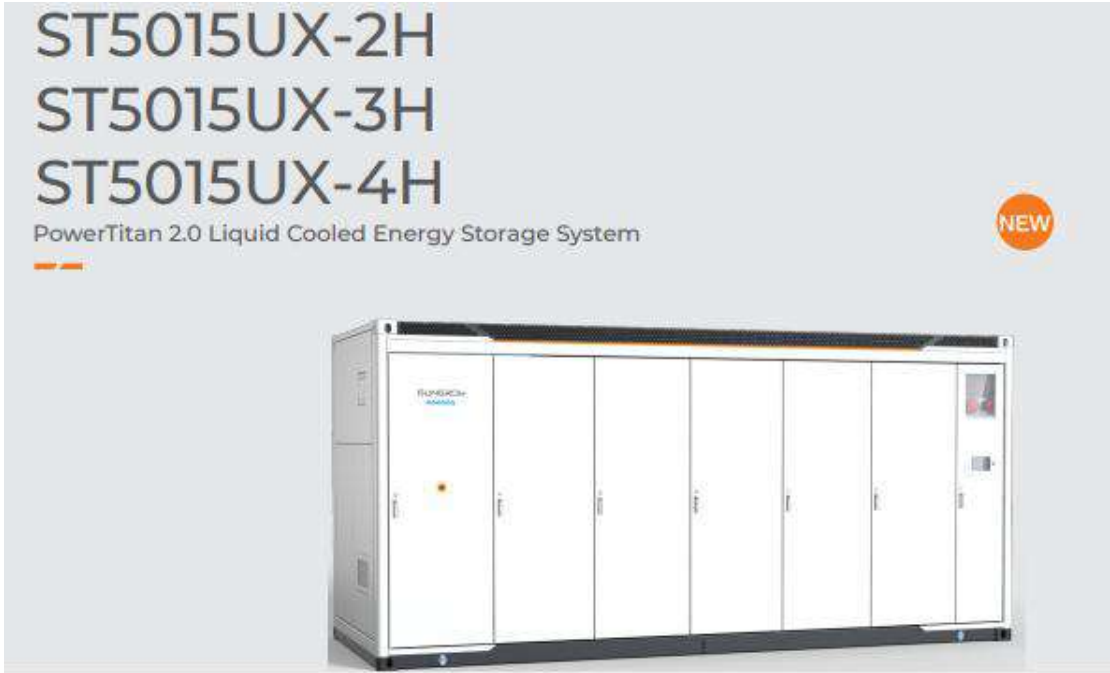


	HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS PEGASO (31 MW - 124 MWh)		PEGA-SOL-AL-PE-MEM-0001- A01					
	PROYECTO DE EJECUCIÓN FICHAS TÉCNICAS DE EQUIPOS		Rev.:	00	Página	4	de	11

ÍNDICE

1	BATERÍAS.....	5
2	SKID DE MEDIA TENSIÓN	7
3	PCS	8

1 BATERÍAS



-  **OPTIMAL COST**

 - Intelligent liquid-cooled temperature control system to optimize the auxiliary power consumption
 - Pre-assembled, no battery module handling on site, transportation of complete system
-  **SAFE AND RELIABLE**

 - Electrical safety management, overcurrent fast breaking and arc extinguishing protection
 - The electrical cabinet and battery cabinet are separated to prevent thermal runaway
-  **EFFICIENT AND FLEXIBLE**

 - High-efficiency heat dissipation, increase battery life and system discharge capacity
 - Front single-door-open design, supporting back to back layout drawing
 - Function test in factory, limited on-site work, accelerate commissioning process
-  **CONVENIENT O&M**

 - One-click system upgrade
 - Automatic coolant refilling design
 - Online intelligent monitoring





HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS PEGASO (31 MW - 124 MWh)

PROYECTO DE EJECUCIÓN FICHAS TÉCNICAS DE EQUIPOS

PEGA-SOL-AL-PE-MEM-0001-A01

Rev.: 00 Página 6 de 11



Product name	ST5015UX-2H			ST5015UX-3H	ST5015UX-4H
DC side					
Cell type	LFP				
Battery configuration	3.2 V / 314 Ah				
Nominal capacity	416S12P				
Nominal voltage range	5015 kWh				
	1123.2 V ~ 1497.6 V				
AC side					
Nominal AC power	210 kVA * 12		127 kVA * 12		210 kVA * 6
AC current distortion rate	< 3 % (Nominal Power)				
DC component	< 0.5 %				
Nominal AC voltage	690 V				
AC voltage range	621 V ~ 759 V				
Termination (LV)	352 A * 3 Phase * 6		212 A * 3 Phase * 6		352 A * 3 Phase * 3
Power factor	> 0.99 (Nominal Power)				
Adjustable range of reactive power	-100 % ~ 100 %				
Nominal frequency	50 Hz / 60 Hz				
Isolation method	Transformerless				
System parameter					
Dimension (W * H * D)	6058 mm * 2896 mm * 2438 mm				
Weight	42500 kg		42500 kg		42000 kg
Degree of protection	IP55				
Anti-corrosion degree	C4				
Operation temperature range	-30 ℃ ~ 50 ℃ (> 45 ℃ Derating)				
Operation humidity range	0 % ~ 100 %				
Max. operation altitude	4500 m				
Temperature control method	Intelligent Liquid Cooling				
Fire suppression system	Default: FACP, FK5112, Flammable gas detector, Smoke detector, Heat detector, Sounder beacon, Alarm bell, Warning sign, Extinguishant abort button, Ventilation system, Pressure relief port, Manual automatic switching and emergency starting device Optional: Sprinkler, Explosion vent panel, Aerosol				
Communication	Ethernet				
Standard	IEC 61000, IEC 62619, IEC 62933, G99, UN 38.3 / UN 3536, CE, IEC 62477				



HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS PEGASO (31 MW - 124 MWh)

PROYECTO DE EJECUCIÓN FICHAS TÉCNICAS DE EQUIPOS

PEGA-SOL-AL-PE-MEM-0001-A01

Rev.:	00	Página	8	de	11
-------	----	--------	---	----	----

3 PCS



HIGH YIELD

- Advanced three-level technology, max. efficiency 99%
- Effective liquid cooling, no derating up to 45°C
- Wide DC voltage operation window, full power operation at 1500 V

FLEXIBLE APPLICATION

- Bidirectional power conversion system with full four-quadrant operation
- Compatible with high voltage battery system, low system cost
- Battery charge & dis-charge management and black start function integrated

SMART O&M

- Modular design, easy for maintenance
- IP66 protection degree
- Optional C5 anti-corrosion degree, adjust to applications close to the sea

GRID SUPPORT

- Compliant with CE, IEC 62477, IEC 61000 and grid regulations
- Fast active/reactive power response
- L/HVRT,VSG, FRT, soft start/stop, specified power factor control and reactive power support



HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS PEGASO (31 MW - 124 MWh)

PROYECTO DE EJECUCIÓN FICHAS TÉCNICAS DE EQUIPOS

PEGA-SOL-AL-PE-MEM-0001-
A01

Rev.: 00 Página 9 de 11



Type designation	SC210HX
DC side	
Maximum DC voltage	1500 V
Minimum DC voltage	1000 V
DC voltage range	1000 V - 1500 V
Maximum DC current	212.8 A
Number of DC inputs	1
AC side (On-Grid)	
AC output power	210 kVA @ 45 °C / 231 kVA @ 30 °C
Converter port maximum AC output current	176 A @ 45 °C / 193 A @ 30 °C
Converter port nominal AC voltage	690V
Converter port AC voltage range	621 V - 759 V
Nominal grid frequency / Grid frequency range	50 Hz / 45 - 55 Hz, 60 Hz / 55 - 65 Hz
Harmonic (THD)	< 3 % (at nominal power)
Power factor at nominal power / Adjustable power factor	> 0.99 / 1 leading - 1 lagging
Adjustable reactive power range	-100 % - 100 %
Feed-in phases / AC connection	3 / 3
AC side (Off-Grid)	
Converter port nominal AC voltage	690 V
Converter port AC voltage range	621 V - 759 V
AC voltage distortion	< 3% (Linear load)
DC voltage component	< 0.5 % Un (Linear balance load)
Unbalance load Capacity	100 %
Nominal Voltage frequency / Voltage frequency range	50 Hz / 48 - 52 Hz ; 60 Hz / 58 - 62 Hz
Efficiency	
Maximum efficiency	99 %
Protection	
DC reverse connection protection	Yes
AC short circuit protection	Yes
Leakage current protection	Yes
Surge protection	DC Type II / AC Type II
Grid monitoring	Yes
Insulation monitoring	Yes
Overheat protection	Yes
General Data	
Dimensions (W * H * D)	790 mm * 235 mm * 880 mm
Weight	85 kg ± 5 kg
Isolation method	Transformerless
Degree of protection	IP 66
Operating ambient temperature range	-30 °C - 60 °C (> 45 °C derating)
Operation humidity range	0 % - 100 % (non-condensing)
Cooling method	Liquid cooling
Maximum operation altitude	4000 m
Display	APP
Communication	Ethernet
Compliance	CE, IEC 62477-1, IEC 61000-6-2, IEC 61000-6-4
Grid support	L/HVRT, VSG, FRT, active & reactive power control and power ramp rate control, Volt-var, Volt-watt, Frequency-watt





**HIBRIDACIÓN SISTEMA DE
ALMACENAMIENTO
EN BATERÍAS PEGASO
(31 MW - 124 MWh)**

**PROYECTO DE EJECUCIÓN
FICHAS TÉCNICAS DE EQUIPOS**

**PEGA-SOL-AL-PE-MEM-0001-
A01**

Rev.: 00 Página 10 de 11

SC125HX

Power Conversion System

NEW



HIGH YIELD

- Advanced three-level technology,max. efficiency 99%
- Effective liquid cooling,no derating up to 45°C
- Wide DC voltage operation window,full power operation at 1500V



FLEXIBLE APPLICATION

- Bidirectional power conversion system with full four-quadrant operation
- Compatible with high voltage battery system,low system cost
- Battery charge&dis-charge management and black start function integrated



SMART O&M

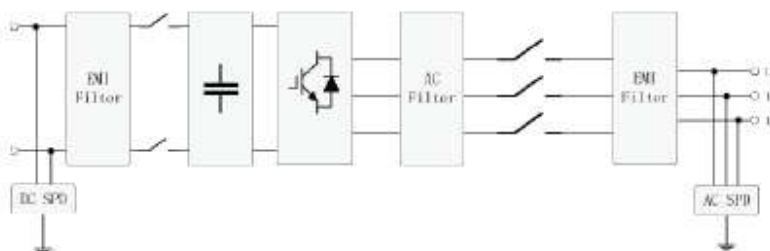
- Modular design,easy for maintenance
- IP66 protection degree
- Optional C5 anti-corrosion degree,adjust to applications close to the sea



GRID SUPPORT

- Compliant with CE,IEC 62477,IEC 61000 and grid regulations
- Fast active/reactive power response
- L/HVRT,VSG,FRT,soft start/stop,specified power factor control and reactive power support

CIRCUIT DIAGRAM



© 2024 Sungrow Power Supply Co., Ltd. All rights reserved. Subject to change without notice. Version 1





HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS PEGASO (31 MW - 124 MWh)

PROYECTO DE EJECUCIÓN FICHAS TÉCNICAS DE EQUIPOS

PEGA-SOL-AL-PE-MEM-0001-
A01

Rev.: 00 | Página 11 de 11



Type designation	SC125HX
DC side	
Max. DC voltage	1500 V
Min. DC voltage	1000 V
DC voltage range for nominal power	1000 V - 1500 V
Max. DC current	143 A
Number of DC inputs	1
AC side	
Nominal power	127 kVA
Max.AC current	117.2 A
Nominal voltage	690 V
Voltage range	621 V ~ 759 V
Nominal frequency / frequency range	50 Hz / 45 Hz ~ 55 Hz 60 Hz / 55 Hz ~ 65 Hz
Max.THd of current	< 3 % (at nominal power)
Power factor range	1.0 leading ~ 1.0 lagging
Feed-in phases / AC connection	3 / 3
Efficiency	
Converter max. efficiency	99 %
Protection	
DC reverse connection protection	Yes
AC short circuit protection	Yes
Leakage current protection	Yes
Surge protection	DC Type II / AC Type II
Grid monitoring / Ground fault monitoring	Yes
Insulation monitoring	Yes
Overheat protection	Yes
General data	
Dimensions (W * H * D)	790 mm * 235 mm * 880 mm
Weight	85 kg ± 5 kg
Isolation method	Transformerless
Degree of protection	IP 66
Operating temperature range	-30 °C ~ 60 °C (> 45 °C derating)
Operating humidity range	0 % ~ 100 %
Temperature control method	Liquid cooling
Max.operating altitude	4000 m (> 4000 m derating)
Display	APP
Communication	Ethernet
Compliance	CE, IEC 62477-1, EN55011
Grid support	L / HVRT, VSG, FRT, active & reactive power control and power ramp rate control, Volt-var, Volt-watt, Frequency-watt

PROYECTO



**Sistema de Almacenamiento en Baterías de la Planta
Fotovoltaica PEGASO SOLAR**

**Municipio de Valladolid, Provincia de Valladolid
(España)**

TITULO

**HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO
EN BATERÍAS PEGASO
(31 MW - 124 MWh)**

**PROYECTO DE EJECUCIÓN RBDA
RELACIÓN DE BIENES Y DRECHOS AFECTADOS**

Nº DE DOCUMENTO

PEGA-SOL-AL-PE-MEM-0001-A02

Nº REVISIÓN	00	DOCUMENTO	LEGALIZACIÓN
FECHA EMISIÓN	11/07/2025	EMITIDO PARA:	

M.R.L.	L.G.C.	J.S.G.V.
Preparado por	Revisado por	Aprobado por

Este documento, así como los contenidos y los signos distintivos aparecidos en el mismo, excepto indicación expresa en contrario, son propiedad expresa de Solaria Energía y Medio Ambiente, S.A., o dispone de las licencias necesarias, por lo que se encuentran protegidos por los derechos de propiedad industrial e intelectual conforme a la legislación española. Se autoriza su reproducción exclusivamente para uso privado y se prohíbe, salvo autorización expresa, la reproducción de todo o parte del mismo en cualquier forma.



	HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS PEGASO (31 MW - 124 MWh)	PEGA-SOL-AL-PE-MEM-0001- A02				
	PROYECTO DE EJECUCIÓN RBDA					
		Rev.:	00	Página	2	de 5

RESUMEN DE REVISIONES

Revisión	Fecha	Descripción de los cambios
00	11/07/2025	Documento nuevo

	HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS PEGASO (31 MW - 124 MWh)	PEGA-SOL-AL-PE-MEM-0001- A02				
	PROYECTO DE EJECUCIÓN RBDA	Rev.:	00	Página	3	de 5

ANEXO II

RELACIÓN DE BIENES Y DERECHOS AFECTADOS

	HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS PEGASO (31 MW - 124 MWh)	PEGA-SOL-AL-PE-MEM-0001- A02				
	PROYECTO DE EJECUCIÓN RBDA	Rev.:	00	Página	4	de 5

ÍNDICE

1	RELACIÓN DE BIENES Y DERECHOS AFECTADOS	5
---	---	---

	HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS PEGASO (31 MW - 124 MWh)	PEGA-SOL-AL-PE-MEM-0001- A02				
	PROYECTO DE EJECUCIÓN RBDA					
		Rev.:	00	Página	5	de 5

1 RELACIÓN DE BIENES Y DERECHOS AFECTADOS

Según lo establecido en el art. 54.1 de la Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico y en el artículo 149 del Real Decreto 1955/2000 de 1 de diciembre, la Declaración de Utilidad Pública, lleva implícita la necesidad de ocupación de los bienes o de adquisición de los derechos afectados e implica la urgente ocupación a los efectos del artículo 52 de la Ley de Expropiación Forzosa. Por todo ello como anexo a este Proyecto de Ejecución se incluye el documento Relación de Bienes y Derechos afectados donde se describen las parcelas afectadas por la situación de la línea y las distintas superficies de ocupación.

A continuación, se indica la relación de bienes y derechos afectados por la construcción del Sistema de Almacenamiento en Baterías Pegaso, la línea eléctrica de evacuación de 30 kV entre el Sistema de Almacenamiento en Baterías y la Subestación Pegaso.

En la siguiente tabla se indica la relación de bienes y derechos afectados por la construcción del sistema de baterías:

Tabla 1. *Relación de Bienes y Derechos Afectados*

RELACION DE PARCELAS AFECTADAS POR EL SISTEMA DE ALMACENAMIENTO						
Provincia	Termino Municipal	Polígono	Parcela	Referencia Catastral	Clase	Uso Principal
Valladolid	Valladolid	28	3	47900A02800003	Rústico	Agrario



PROYECTO



**Sistema de Almacenamiento en Baterías de la Planta
Fotovoltaica PEGASO SOLAR**

**Municipio de Valladolid, Provincia de Valladolid
(España)**

TITULO

**HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO
EN BATERÍAS PEGASO
(31 MW - 124 MWh)**

**PROYECTO DE EJECUCIÓN - PCI
CUMPLIMIENTO DE LAS PRESCRIPCIONES DE PROTECCIÓN
CONTRA INCENDIOS**

Nº DE DOCUMENTO

PEGA-SOL-AL-PE-MEM-0001-A03

Nº REVISIÓN	00	DOCUMENTO	LEGALIZACIÓN
FECHA EMISIÓN	11/07/2025	EMITIDO PARA:	

M.R.L.	L.G.C.	J.S.G.V.
Preparado por	Revisado por	Aprobado por

Este documento, así como los contenidos y los signos distintivos aparecidos en el mismo, excepto indicación expresa en contrario, son propiedad de Solaria Energía y Medio Ambiente, S.A., o dispone de las licencias necesarias, por lo que se encuentran protegidos por los derechos de propiedad industrial e intelectual conforme a la legislación española. Se autoriza su reproducción exclusivamente para uso privado y se prohíbe cualquier otra reproducción sin la autorización expresa, la reproducción de todo o parte del mismo en cualquier forma.



	HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS PEGASO (31 MW - 124 MWh)	PEGA-SOL-AL-PE-MEM-0001- A03					
	PROYECTO DE EJECUCIÓN - PCI						
		Rev.:	00	Página	2	de	7

RESUMEN DE REVISIONES

Revisión	Fecha	Descripción de los cambios
00	11/07/2025	Documento nuevo

	HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS PEGASO (31 MW - 124 MWh)	PEGA-SOL-AL-PE-MEM-0001- A03					
	PROYECTO DE EJECUCIÓN - PCI						
		Rev.:	00	Página	3	de	7

ANEXO III

CUMPLIMIENTO DE LAS PRESCRIPCIONES DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS SEGÚN EL RD 337/2014 DE 9 DE MAYO

	HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS PEGASO (31 MW - 124 MWh)	PEGA-SOL-AL-PE-MEM-0001- A03					
	PROYECTO DE EJECUCIÓN - PCI	Rev.:	00	Página	4	de	7

ÍNDICE

1	OBJETO DEL DOCUMENTO	5
2	Real Decreto 337/2014, de 9 de mayo	5

	HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS PEGASO (31 MW - 124 MWh)	PEGA-SOL-AL-PE-MEM-0001- A03					
	PROYECTO DE EJECUCIÓN - PCI	Rev.:	00	Página	5	de	7

1 OBJETO DEL DOCUMENTO

Se redacta el presente documento con el objetivo de justificar el cumplimiento de las prescripciones de protección contra incendios conforme el R.D. 337/2014, de 9 de mayo.

2 Real Decreto 337/2014, de 9 de mayo

El Real Decreto 337/2014, de 9 de mayo, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITC-RAT 01 a 23.

Por lo tanto, los centros de transformación del sistema de almacenamiento en baterías han de cumplir el R.D. 337/2014, de 9 de mayo y las instrucciones técnicas complementarias que le sean de aplicación.

En caso de los Skid de MT, al ser instalaciones de exterior es de aplicación la ITC-RAT-15 “Instalaciones eléctricas de exterior”, en la cual, en lo que se refiere a protección contra incendios, en el punto 6.1 determina específicamente lo siguiente:

Sistemas contra incendios

1. Se deberán adoptar las medidas de protección pasiva y activa que eviten en la medida de lo posible la aparición o la propagación de incendios en las instalaciones eléctricas de alta tensión teniendo en cuenta:

- La propagación del incendio a otras partes de la instalación.
- La posibilidad de propagación del incendio al exterior de la instalación por lo que respecta a daños a terceros.
- La gravedad de las consecuencias debidas a los posibles cortes de servicio.

2. Los riesgos de incendio se particularizan principalmente en los transformadores o reactancias aislados con líquidos combustibles, en los que se tomarán una o varias de las siguientes medidas, según proceda:

- Dispositivos de protección rápida que corten la alimentación de todos los arrollamientos del transformador. No es necesario el corte en aquellos arrollamientos que no tengan posibilidad de alimentación de energía eléctrica.
- Elección de distancias suficientes para evitar que el fuego se propague a instalaciones próximas a proteger, o colocación de paredes cortafuegos.



	HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS PEGASO (31 MW - 124 MWh)	PEGA-SOL-AL-PE-MEM-0001- A03					
	PROYECTO DE EJECUCIÓN - PCI	Rev.:	00	Página	6	de	7

- c) En el caso de instalarse juntos varios transformadores, y a fin de evitar el deterioro de uno de ellos por la proyección de aceite u otros materiales al averiarse otro próximo, se instalará una pantalla entre ambos de las dimensiones y resistencia mecánica apropiadas.
- d) La construcción de fosas colectoras del líquido aislante. Las instalaciones deberán disponer de cubas o fosas colectoras. Cuando la instalación disponga de un único transformador la fosa colectora debe tener capacidad para almacenar la totalidad del fluido y si hubiera más de un transformador la fosa debe estar diseñada para recibir, al menos, la totalidad del fluido del transformador más grande. No obstante, cuando el transformador contenga líquido aislante, pero su potencia sea menor o igual de 250 kVA, la fosa podrá suprimirse. Asimismo, también podrá suprimirse cuando se utilice líquido aislante biodegradable que no puede derramarse a cauces superficiales o subterráneos o a canalizaciones de abastecimiento de aguas o de evacuación de aguas residuales. Para los transformadores de distribución ubicados en el interior de una envolvente al pie de un apoyo les será de aplicación lo indicado en la ITC-RAT 14.
- e) Instalación de dispositivos de extinción apropiados, cuando las consecuencias del incendio puedan preverse como particularmente graves, tales como la proximidad de los transformadores a inmuebles habitados.

En las instalaciones dotadas de sistemas de extinción de tipo fijo, automático o manual, deberá existir un plano detallado de dicho sistema, así como instrucciones de funcionamiento. Los extintores, si existen, estarán situados de forma racional, según las dimensiones y disposición del recinto que alberga la instalación y sus accesos. En la elección de aparatos o equipos extintores móviles o fijos se tendrá en cuenta si van a ser usados en instalaciones en tensión o no, y en el caso de que sólo puedan usarse en instalaciones sin tensión se colocarán los letreros de aviso pertinentes. El proyectista deberá justificar que ha adoptado las medidas suficientes en cada caso.

Se han adoptado medidas de protección pasiva mediante caminos perimetrales al sistema de almacenamiento en baterías y sus centros de transformación que actuarán como cortafuegos para, en caso de incendio, evitar la propagación del fuego al exterior de la instalación.

En base a estos requerimientos solicitados en la ITC-RAT-15 se cumplen mediante los sistemas pasivos y activos integrados en los Skid de MT y los contenedores de baterías que a su vez integran los PCS, estos contenedores cuentan con distintas soluciones:

- a) Detectores de humo y gas.
- b) Sistema de ventilación forzada que disipa atmósferas peligrosas en caso de escapes de gases inflamables y/o explosivos.



	HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS PEGASO (31 MW - 124 MWh)	PEGA-SOL-AL-PE-MEM-0001- A03					
	PROYECTO DE EJECUCIÓN - PCI						
		Rev.:	00	Página	7	de	7

- c) Paneles de alivio de explosión en la parte superior del contenedor.
- d) Aspersores de agua para la extinción y el enfriamiento de un incendio.
- e) Extintores de incendio mediante el gas en aerosol.
- f) Módulo de lógica y gestión de control que coordina estos sistemas.
- g) Alarmas acústicas para permitir una intervención manual.
- h) Aislamiento ignifugo en los paneles del contenedor, para soportar durante largos periodos las altas temperaturas y evitar la propagación del incendio al resto de equipos.

Por otro lado, los centros de transformación se han instalado manteniendo unas distancias suficientes para evitar la propagación del fuego, por ello no se podría dar la situación de que se propague el fuego de una estación a otra. Por otro lado, la pavimentación perimetral será un cortafuegos para su propagación a otras partes de la instalación.

En relación con los requerimientos específicos para los transformadores, que son los elementos en los que el riesgo de incendio es más elevado se incluye un tanque de recogida de aceite para su instalación en planta. Estos tanques están especialmente diseñados para la recogida del aceite de los centros de transformación porque se tiene en cuenta la disposición de los orificios de salida de aceite para el guiado de las posibles fugas hacia el tanque de recogida de aceite. Con esto evitamos la propagación del incendio a otras partes de la instalación o a terceros.

PROYECTO



**Sistema de Almacenamiento en Baterías de la Planta
Fotovoltaica PEGASO SOLAR**

**Municipio de Valladolid, Provincia de Valladolid
(España)**

TITULO

**HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO
EN BATERÍAS PEGASO
(31 MW - 124 MWh)**

PROYECTO DE EJECUCIÓN ESTUDIO DE EMISIONES ACÚSTICAS

Nº DE DOCUMENTO

PEGA-SOL-AL-PE-MEM-0001-A04

Nº REVISION	00	DOCUMENTO	LEGALIZACIÓN
FECHA EMISIÓN	11/07/2025	EMITIDO PARA:	

M.R.L.	L.G.C.	J.S.G.V.
Preparado por	Revisado por	Aprobado por

Este documento, así como los contenidos y los signos distintivos aparecidos en el mismo, excepto indicación expresa en contrario, son propiedad expresa de Solaria Energía y Medio Ambiente, S.A., o dispone de las licencias necesarias, por lo que se encuentran protegidos por los derechos de propiedad industrial e intelectual conforme a la legislación española. Se autoriza su reproducción exclusivamente para uso privado y se prohíbe, salvo autorización expresa, la reproducción de todo o parte del mismo en cualquier forma.



	HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS PEGASO (31 MW - 124 MWh)	PEGA-SOL-AL-PE-MEM-0001- A04				
	PROYECTO DE EJECUCIÓN ESTUDIO DE EMISIONES ACÚSTICAS	Rev.:	00	Página	2	de 14

RESUMEN DE REVISIONES

Revisión	Fecha	Descripción de los cambios
00	11/07/2025	Documento nuevo

	HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS PEGASO (31 MW - 124 MWh)		PEGA-SOL-AL-PE-MEM-0001- A04					
	PROYECTO DE EJECUCIÓN ESTUDIO DE EMISIONES ACÚSTICAS		Rev.:	00	Página	3	de	14

ANEXO IV

ESTUDIO DE

EMISIONES ACÚSTICAS

	HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS PEGASO (31 MW - 124 MWh)	PEGA-SOL-AL-PE-MEM-0001- A04					
	PROYECTO DE EJECUCIÓN ESTUDIO DE EMISIONES ACÚSTICAS	Rev.:	00	Página	4	de	14

Índice

1	DESCRIPCIÓN DE LAS EMISIONES ACÚSTICAS	5
2	EMISIONES ACÚSTICAS DEL CONTENEDOR DE BATERÍAS	7
2.1	NIVELES DE RUIDO	7
2.2	Prueba de ruido	7
2.2.1	Entorno de <i>prueba</i>	7
2.2.2	Estándares de prueba	8
2.2.3	Equipo de prueba	9
2.2.4	Condiciones de la prueba	9
2.3	RESULTADO DE LA PRUEBA.....	10
2.3.1	Resultado de la prueba de nivel de potencia sonora	10
2.3.2	Resultado de la prueba de nivel de presión sonora	11
3	EMISIONES ACÚSTICAS DEL CONTENEDOR DE MEDIA TENSIÓN	12
3.1	Entorno de prueba	12
3.2	Condiciones de la prueba	12
3.2.1	Datos de prueba	12
3.3	Resultado y conclusión de la prueba	13
3.3.1	Resultado de la prueba de nivel de potencia sonora	13
3.3.2	Resultado de la prueba de nivel de presión sonora	13
4	CONCLUSIÓN.....	14

	HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS PEGASO (31 MW - 124 MWh)	PEGA-SOL-AL-PE-MEM-0001- A04					
	PROYECTO DE EJECUCIÓN ESTUDIO DE EMISIONES ACÚSTICAS	Rev.:	00	Página	5	de	14

1 DESCRIPCIÓN DE LAS EMISIONES ACÚSTICAS

Con el objetivo de limitar el ruido originado por las instalaciones de alta tensión, éstas se dimensionarán y diseñarán de forma que los índices de ruido medidos en el exterior de las instalaciones se ajusten a los niveles de calidad acústica establecidos en el Real Decreto 1367/2007, de 19 de octubre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas.

Cuando el recinto donde se ubica la instalación de alta tensión se encuentre dentro de edificios de viviendas y no se pueda demostrar el cumplimiento de los límites mediante cálculos, se adoptarán medidas adicionales para cumplir dichos niveles.

Con objeto de verificar que en la proximidad de las instalaciones de alta tensión no se sobrepasan los límites máximos admisibles, la Administración pública competente podrá realizar, por control estadístico o a petición de parte interesada, inspecciones con sus propios medios o delegar dichas mediciones en organismos de control habilitados o laboratorios acreditados en medidas de ruido. Se comprueba por tanto los requerimientos indicados en el Real Decreto 1367/2007, de 19 de octubre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas; el Real Decreto 212/2002, de 22 de febrero, por el que se regulan las emisiones sonoras en el entorno debidas a determinadas máquinas de uso al aire libre.

El funcionamiento y mantenimiento del sistema incluye como fuentes sonoras los PCS de las baterías y los transformadores incluidos en los contenedores de media tensión debidas a tres clases de fuentes: procedentes del núcleo por efecto de las magnetostricción, que es el cambio dimensional de las láminas durante el ciclo de histéresis, por efecto de la corriente que circula por los devanados y por los accesorios como son los ventiladores de los equipos auxiliares.

A continuación, se marcan los niveles de emisión acústica de los centros de transformación del sistema de Almacenamiento:

- Nivel de emisión acústica ≤ 85 dB(A) medido a 1 metro de distancia del edificio del centro de transformación.

El límite máximo de cada instalación, maquinaria o actividad no podrá superar los 90 dB medidos a 5 metros de distancia, por lo que los centros de transformación cumplen con el requerimiento. Además, establece que ninguna instalación, establecimiento, maquinaria, actividad o comportamiento podrán transmitir al medio ambiente exterior, niveles sonoros superiores a los indicados en la siguiente tabla:

	HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS PEGASO (31 MW - 124 MWh)	PEGA-SOL-AL-PE-MEM-0001-A04					
	PROYECTO DE EJECUCIÓN ESTUDIO DE EMISIONES ACÚSTICAS	Rev.: 00	Página 6	de 14			

	DIA LAeq 5s	NOCHE LAeq 5s
Área de silencio	45	35
Área levemente ruidosa	55	45
Área tolerablemente ruidosa	65	55
Área ruidosa	70	60

Tabla 1. Valores límites de ruido acústico indicado en el Anexo de la resolución del 23 de Abril de 2002.

Los niveles sonoros deberán ser medidos en conformidad con el artículo 5 de la resolución mencionada.

En el caso específico del sistema de almacenamiento en baterías, todos los equipos encuentran a una distancia superior a 100 metros de edificaciones.

Teniendo en cuenta que el sonido se atenúa con la distancia y que el transformador de los centros de transformación se encuentra a más de 10 m del límite de la parcela, en aplicación de la siguiente expresión se obtiene que el nivel de emisión a los límites de propiedad será de <50 dB(A).

$L_p = L_w + 10 \log \Phi / 4\pi^2$									
Siendo : Lp : Nivel de presión sonora en dB(A) Lw : Nivel de potencia sonora de la fuente en dB(A) Φ : Directividad de la fuente sonora (esférica 1, semi esférica 4) r : Distancia de la fuente en metros									
d (m)	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Atenuación dB(A)	11	17	20	23	25	26	28	29	30

Tabla 2. Atenuación de la emisión acústica

En fase obra, se deberá verificar que los valores de ruido proporcionados por el Sistema de Almacenamiento en el entorno cercano para verificar que no superen los valores establecidos en la tabla anterior.

	HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS PEGASO (31 MW - 124 MWh)		PEGA-SOL-AL-PE-MEM-0001-A04					
	PROYECTO DE EJECUCIÓN ESTUDIO DE EMISIONES ACÚSTICAS		Rev.:	00	Página	7	de	14

2 EMISIONES ACÚSTICAS DEL CONTENEDOR DE BATERÍAS

2.1 NIVELES DE RUIDO

El sistema de almacenamiento con baterías es insonoro, es decir, no generan ruido por encima de los 5 dB, siendo la fuente de ruido principal el HVAC, o aire acondicionado para la refrigeración de los equipos de baterías. Dichos equipos poseen un nivel de ruido de entre 30 y 35 dB, mientras que el inversor siendo la otra fuente de ruido con un ruido máximo 66 dB (funcionando al 100%), lo equivalente a un extractor de humo a 1m de distancia.

2.2 Prueba de ruido

2.2.1 Entorno de prueba

- 1) Condiciones de instalación: Campo abierto sin planos reflectantes
- 2) Temperatura ambiente: 20°C
- 3) Humedad ambiental: 50%HR
- 4) Ruido de fondo: 58,7 dBA
- 5) Posiciones de los micrófonos de nivel sonoro:

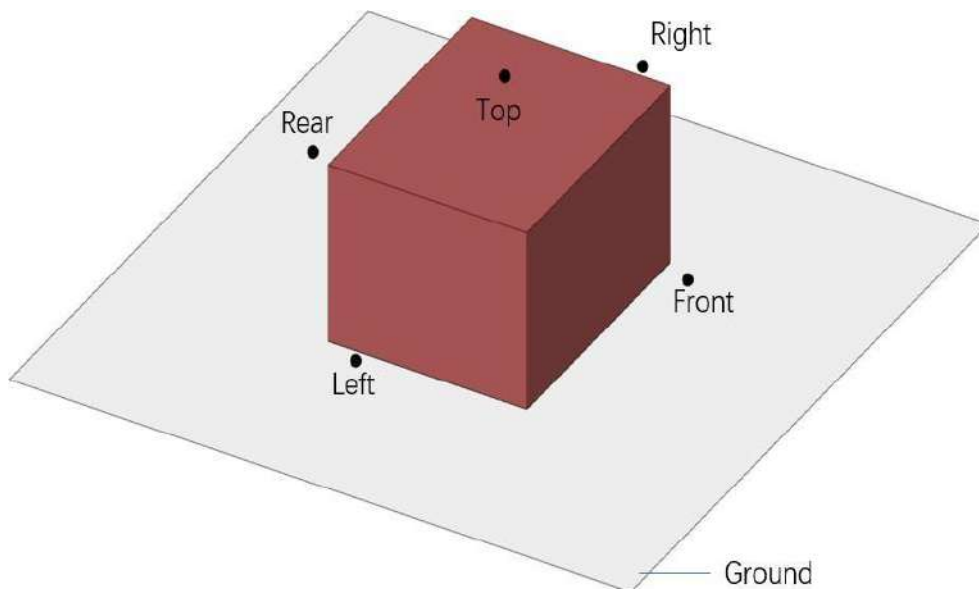


Imagen 1. Posiciones de los micrófonos de nivel de presión sonora

Ubicación del sensor en la prueba de nivel de presión sonora (distancia de prueba $d = 1$ m, se prueba el ruido en la parte delantera, trasera, izquierda, derecha y superior del producto).

	HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS PEGASO (31 MW - 124 MWh)	PEGA-SOL-AL-PE-MEM-0001- A04					
	PROYECTO DE EJECUCIÓN ESTUDIO DE EMISIONES ACÚSTICAS	Rev.:	00	Página	8	de	14

6) Entorno de prueba in situ:



Imagen 2. Entorno de pruebas

2.2.2 Estándares de prueba

- I. ISO 3744 Acústica—Determinación de los niveles de potencia sonora y los niveles de energía sonora de las fuentes de ruido utilizando la presión de sonido—Métodos de ingeniería para un campo esencialmente libre sobre un plano reflectante.
- II. ISO 3746 Acústica—Determinación de los niveles de potencia sonora y de los niveles de energía sonora de las fuentes de ruido utilizando la presión de sonido—Método de estudio utilizando un envolvente superficie de medición sobre un plano reflectante.
- III. ISO 11202 Acústica — Ruido emitido por maquinaria y equipo — Determinación de los niveles de presión sonora de emisión en una estación de trabajo y en otras posiciones especificadas aplicando correcciones ambientales aproximadas.

	HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS PEGASO (31 MW - 124 MWh)	PEGA-SOL-AL-PE-MEM-0001- A04					
	PROYECTO DE EJECUCIÓN ESTUDIO DE EMISIONES ACÚSTICAS	Rev.:	00	Página	9	de	14

2.2.3 Equipo de prueba

Preparación del equipo	Planta de Manufactura	Modelo	Fecha de aprobación	Fecha de entrada en vigor
Sistema portátil de adquisición de datos Simcenter de 12 entradas	Siemens	SC-XS12- CA	11/07/2024	10/07/2025
Calibrador de sonido	B&K	4231	20/03/2024	19/03/2025
Micrófono	PCB	378B02	18/06/2024	17/06/2025

Tabla 3. Equipo de prueba

Nota: El sistema de adquisición de datos cumple con los requisitos de Clase 1, el micrófono cumple con los requisitos de IEC61672-1, Clase 1, y el calibrador de sonido cumple con los requisitos de IEC60942.

2.2.4 Condiciones de la prueba

Número	Condiciones de trabajo
1	0,25C_45°C Temperatura Ambiente 100% de potencia
2	0,25C_45°C Temperatura Ambiente 80% de potencia
3	0,25C_45°C Temperatura Ambiente 50% de potencia
4	0,25C_35°C Temperatura Ambiente 100% de potencia
5	0,25C_35°C Temperatura Ambiente 80% de potencia
6	0,25C_35°C Temperatura Ambiente 50% de potencia
7	0,25C_30°C Temperatura Ambiente 100% de potencia
8	0,25C_30°C Temperatura Ambiente 80% de potencia
9	0,25C_30°C Temperatura Ambiente 50% de potencia
10	0,25C_25°C Temperatura Ambiente 100% de potencia
11	0,25C_25°C Temperatura Ambiente 80% de potencia
12	0,25C_25°C Temperatura Ambiente 50% de potencia

Tabla 4. Condición de la prueba

	HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS PEGASO (31 MW - 124 MWh)	PEGA-SOL-AL-PE-MEM-0001- A04					
	PROYECTO DE EJECUCIÓN ESTUDIO DE EMISIONES ACÚSTICAS	Rev.:	00	Página	10	de	14

2.3 RESULTADO DE LA PRUEBA

2.3.1 Resultado de la prueba de nivel de potencia sonora

Condiciones de trabajo	Nivel de potencia sonora LWA/dBA	Medición de incertidumbre extendida U/dB
0,25C_45°C Temperatura Ambiente 100% de potencia	82,6	2,4
0,25C_45°C Temperatura Ambiente 80% de potencia	82,6	
0,25C_45°C Temperatura Ambiente 50% de potencia	78,9*	
0,25C_35°C Temperatura Ambiente 100% de potencia	79,5*	
0,25C_35°C Temperatura Ambiente 80% de potencia	79,2*	
0,25C_35°C Temperatura Ambiente 50% de potencia	78,4*	
0,25C_30°C Temperatura Ambiente 100% de potencia	79,5*	
0,25C_30°C Temperatura Ambiente 80% de potencia	79,2*	
0,25C_30°C Temperatura Ambiente 50% de potencia	78,4*	
0,25C_25°C Temperatura Ambiente 100% de potencia	79,5*	
0,25C_25°C Temperatura Ambiente 80% de potencia	79,2*	
0,25C_25°C Temperatura Ambiente 50% de potencia	78,4*	

Tabla 5. Resultado de la prueba de nivel de potencia sonora

Nota: "*" indica que el valor representa el límite superior de la potencia sonora en las condiciones de trabajo dadas (la diferencia entre los niveles medios de presión sonora de todo el ruido de la máquina y el ruido de fondo es inferior a 3 dBA. Según ISO3746, el valor de corrección se establece en - 3 dBA).

	HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS PEGASO (31 MW - 124 MWh)			PEGA-SOL-AL-PE-MEM-0001-A04					
	PROYECTO DE EJECUCIÓN ESTUDIO DE EMISIONES ACÚSTICAS			Rev.:	00	Página	11	de	14

2.3.2 Resultado de la prueba de nivel de presión sonora

Derecho (dB/A)	Trasero (dB/A)	Izquierda (dB/A)	Superior (dB/A)	Medición de incertidumbre extendida (U/dB)
60,2*	55,8*	50,6*	69,9	2,4
60,2*	55,8*	50,6*	69,9	
59,8*	51,4*	49,4*	59,8	
59,7*	52,1*	49,4*	62,0	
60,2*	52,0*	49,9*	61,6	
60,1*	50,6*	49,3*	54,7*	
60,0*	52,1*	49,4*	62,0	
60,2*	52,0*	49,9*	61,6	
60,1*	50,6*	49,3*	54,7*	
60,0*	52,1*	49,4*	62,0	
60,2*	52,0*	49,9*	61,6	
60,1*	50,6*	49,3*	54,7*	

Tabla 6. Resultados de la prueba de nivel de presión sonora máxima de las posiciones a 1 metro de las superficies

Nota: "*" indica que el valor representa el límite superior de la potencia sonora en las condiciones de trabajo dadas (la diferencia entre los niveles medios de presión sonora de todo el ruido de la máquina y el ruido de fondo es inferior a 3 dBA. Según ISO3746, el valor de corrección se establece en - 3 dBA).

	HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS PEGASO (31 MW - 124 MWh)	PEGA-SOL-AL-PE-MEM-0001- A04					
	PROYECTO DE EJECUCIÓN ESTUDIO DE EMISIONES ACÚSTICAS	Rev.:	00	Página	12	de	14

3 EMISIONES ACÚSTICAS DEL CONTENEDOR DE MEDIA TENSIÓN

3.1 Entorno de prueba



Imagen 3. Descripción del entorno de la prueba

- 1) Colocación: Campo abierto, sin reflectores a menos de 10 m.
- 2) Temperatura ambiente: 10°C
- 3) Humedad ambiental: 50% HR

Nota: Este entorno de prueba es la condición climática local en ese momento, y toda la máquina no está funcionando a esta temperatura ambiente.

3.2 Condiciones de la prueba

Nº	Condiciones de funcionamiento
1	MVS SCC funciona a plena potencia

3.2.1 Datos de prueba

- 1) Valor de ruido de fondo: 54,7 dBA
- 2) Nivel sonoro medido en el tiempo de la fuente sonora ensayada Lp, T (corregido)
- 3) Condiciones de funcionamiento 1: 63,21 dBA

	HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS PEGASO (31 MW - 124 MWh)	PEGA-SOL-AL-PE-MEM-0001-A04					
	PROYECTO DE EJECUCIÓN ESTUDIO DE EMISIONES ACÚSTICAS	Rev.: 00	Página 13	de	14		

4) Valor de corrección de ruido de fondo K1: 0,65 dBA

5) Valor de corrección de ruido de fondo K2: 0 dBA

3.3 Resultado y conclusión de la prueba

3.3.1 Resultado de la prueba de nivel de potencia sonora

Nº	Condiciones de funcionamiento	Nivel de potencia sonora (dBA)	Incertidumbre ampliada (U/dBA)
1	MVS SCC funciona a plena potencia	83,76	2,5

Tabla 7. Resultados de las pruebas de potencia acústica en cada condición de funcionamiento

Nota: El nivel de potencia sonora del transformador de MT es de 8,64 dBA, lo que tiene poco impacto en los resultados de las pruebas del nivel de potencia sonora de toda la máquina y se puede ignorar.

3.3.2 Resultado de la prueba de nivel de presión sonora

Nº	Condiciones de funcionamiento	Frontal (dBA)	Derecha (dBA)	Trasera (dBA)	Izquierda (dBA)	Superior (dBA)	Medición de incertidumbre extendida (U/dB)
1	MVS SCC funciona a plena potencia	58,8	51,5*	70,9	61,3	62,0	2,5

Tabla 8. Resultados de la prueba de nivel de presión sonora máxima de las posiciones a 1 metro de las superficies

Nota: Los datos con * están cerca del ruido de fondo y el resultado de la corrección de ruido se da de acuerdo con el valor de prueba de -3dBA.

	HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS PEGASO (31 MW - 124 MWh)	PEGA-SOL-AL-PE-MEM-0001- A04					
	PROYECTO DE EJECUCIÓN ESTUDIO DE EMISIONES ACÚSTICAS	Rev.:	00	Página	14	de	14

4 CONCLUSIÓN

El Sistema de Almacenamiento cumple con la legislación vigente obteniendo unos datos de emisión de ruidos y presión sonora por debajo de los requeridos para este tipo de proyecto.

PROYECTO



**Sistema de Almacenamiento en Baterías de la Planta
Fotovoltaica PEGASO SOLAR**

**Municipio de Valladolid, Provincia de Valladolid
(España)**

TITULO

**HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO
EN BATERÍAS PEGASO
(31 MW - 124 MWh)**

PROYECTO DE EJECUCIÓN CÁLCULOS

Nº DE DOCUMENTO

PEGA-SOL-AL-PE-CAL-0001

Nº REVISION	00	DOCUMENTO	LEGALIZACIÓN
FECHA EMISIÓN	11/07/2025	EMITIDO PARA:	

M.R.L.	L.G.C.	J.S.G.V.
Preparado por	Revisado por	Aprobado por

Este documento, así como los contenidos y los signos distintivos aparecidos en el mismo, excepto indicación expresa en contrario, son propiedad expresa de Solaria Energía y Medio Ambiente, S.A., o dispone de las licencias necesarias, por lo que se encuentran protegidos por los derechos de propiedad industrial e intelectual conforme a la legislación española. Se autoriza su reproducción exclusivamente para uso privado y se prohíbe, salvo autorización expresa, la reproducción de todo o parte del mismo en cualquier forma.



	HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS PEGASO (31 MW - 124 MWh)	PEGA-SOL-AL-PE-CAL-0001				
	PROYECTO DE EJECUCIÓN CÁLCULOS	Rev.:	00	Página	2	de 4

RESUMEN DE REVISIONES

Revisión	Fecha	Descripción de los cambios
00	11/07/2025	Documento nuevo



**HIBRIDACIÓN SISTEMA DE
ALMACENAMIENTO
EN BATERÍAS PEGASO
(31 MW - 124 MWh)**

**PROYECTO DE EJECUCIÓN
CÁLCULOS**

PEGA-SOL-AL-PE-CAL-0001

Rev.:	00	Página	3	de	4
-------	----	--------	---	----	---

DOCUMENTO N°2 CÁLCULOS



	HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS PEGASO (31 MW - 124 MWh)	PEGA-SOL-AL-PE-CAL-0001					
	PROYECTO DE EJECUCIÓN CÁLCULOS	Rev.:	00	Página	4	de	4

ÍNDICE

ANEXO I. CÁLCULOS ELÉCTRICOS - BAJA TENSIÓN	PEGA-SOL-AL-PE-CAL-0001-A01
ANEXO II. CÁLCULOS ELÉCTRICOS - BAJA TENSIÓN	PEGA-SOL-AL-PE-CAL-0001-A02
ANEXO III. CÁLCULOS ELÉCTRICOS - MEDIA TENSIÓN	PEGA-SOL-AL-PE-CAL-0001-A03
ANEXO IV. CÁLCULOS ELÉCTRICOS - RED DE TIERRAS	PEGA-SOL-AL-PE-CAL-0001-A04
ANEXO V. CÁLCULO DE MOVIMIENTO DE TIERRAS	PEGA-SOL-AL-PE-CAL-0001-A02

PROYECTO



**Sistema de Almacenamiento en Baterías de la Planta
Fotovoltaica PEGASO SOLAR**

**Municipio de Valladolid, Provincia de Valladolid
(España)**

TITULO

**HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO
EN BATERÍAS PEGASO
(31 MW - 124 MWh)**

PROYECTO DE EJECUCIÓN CALCULOS ELÉCTRICOS BAJA TENSIÓN

Nº DE DOCUMENTO

PEGA-SOL-AL-PE-CAL-0001-A01

Nº REVISION	00	DOCUMENTO EMITIDO PARA:	LEGALIZACIÓN
FECHA EMISIÓN	11/07/2025		

M.R.L.	L.G.C.	J.S.G.V.
Preparado por	Revisado por	Aprobado por

Este documento, así como los contenidos y los signos distintivos aparecidos en el mismo, excepto indicación expresa en contrario, son propiedad expresa de Solaria Energía y Medio Ambiente, S.A., o dispone de las licencias necesarias, por lo que se encuentran protegidos por los derechos de propiedad industrial e intelectual conforme a la legislación española. Se autoriza su reproducción exclusivamente para uso privado y se prohíbe, salvo autorización expresa, la reproducción de todo o parte del mismo en cualquier forma.



	HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS PEGASO (31 MW - 124 MWh)		PEGA-SOL-AL-PE-CAL-0001- A01				
	PROYECTO DE EJECUCIÓN CALCULOS ELÉCTRICOS BAJA TENSIÓN						
	Rev.:	00	Página	2	de	20	

RESUMEN DE REVISIONES

Revisión	Fecha	Descripción de los cambios
00	11/07/2025	Documento nuevo

	HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS PEGASO (31 MW - 124 MWh)	PEGA-SOL-AL-PE-CAL-0001- A01					
	PROYECTO DE EJECUCIÓN CALCULOS ELÉCTRICOS BAJA TENSIÓN						
		Rev.:	00	Página	3	de	20

ANEXO I

CÁLCULOS ELÉCTRICOS

BAJA TENSIÓN

	HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS PEGASO (31 MW - 124 MWh)	PEGA-SOL-AL-PE-CAL-0001- A01					
	PROYECTO DE EJECUCIÓN CALCULOS ELÉCTRICOS BAJA TENSIÓN	Rev.:	00	Página	4	de	20

INDICE

1	OBJETO.....	5
2	NORMATIVA.....	6
3	CONDICIONES DE INSTALACIÓN BAJA TENSIÓN.....	7
4	DESCRIPCIÓN DEL CABLEADO.....	8
5	INTENSIDAD MÁXIMA ADMISIBLE	9
5.1	I ₂ INTENSIDAD MÁXIMA ADMISIBLE:	9
5.2	FACTOR DE CORRECCIÓN POR TEMPERATURA AMBIENTE:	11
5.3	FACTOR DE CORRECCIÓN POR TEMPERATURA DEL TERRENO:.....	12
5.4	FACTOR DE CORRECCIÓN POR RESISTIVIDAD TÉRMICA:	12
5.5	FACTOR DE AGRUPAMIENTO:.....	13
5.6	FACTOR DE PROFUNDIDAD:.....	15
6	CAÍDA DE TENSIÓN	16
7	RESULTADOS.....	18
8	CONCLUSIONES.....	20

	HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS PEGASO (31 MW - 124 MWh)	PEGA-SOL-AL-PE-CAL-0001- A01					
	PROYECTO DE EJECUCIÓN CALCULOS ELÉCTRICOS BAJA TENSIÓN	Rev.:	00	Página	5	de	20

1 OBJETO

El presente apartado tiene por objeto verificar que el dimensionamiento de los conductores de corriente continua desde los equipos PCS hasta la cabina donde se encuentran las barras del transformador es adecuado para las condiciones de funcionamiento a las que están sometidos. Los casos para verificar serán los más desfavorables de los bloques tipo de instalación de los que se compone el Sistema de Almacenamiento en Baterías.

Los cálculos se realizarán de acuerdo con la norma ITC-BT-07.

También se indican los cálculos necesarios para las caídas de tensión y pérdidas de potencia de los cables de corriente continua.

	HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS PEGASO (31 MW - 124 MWh)		PEGA-SOL-AL-PE-CAL-0001- A01					
	PROYECTO DE EJECUCIÓN CALCULOS ELÉCTRICOS BAJA TENSIÓN		Rev.:	00	Página	6	de	20

2 NORMATIVA

La instalación se diseñará y construirá con arreglo a las diversas disposiciones legales, reglamentos y demás normativa general vigentes, así como las normas técnicas particulares de los ayuntamientos implicados y la compañía que explota la red general de distribución eléctrica de la zona.

Para los cálculos eléctricos se cumplirá lo requerido en la última edición vigente de los códigos y normas que sean de aplicación de la siguiente lista, sin que esto suponga una restricción o renuncia a cualquier otro código y norma aplicable no relacionada en la misma.

- (ISO)
- International Electrotechnical Commission (IEC)
- UNE-HD 60364-5-52
- Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión.
- UNE 211435: Guía para la elección de cables eléctricos de tensión asignada superior o igual a 0,6/1 kV para circuitos de distribución de energía eléctrica.
- UNE-HD 60364-5-52: Instalaciones eléctricas de baja tensión. Parte 5-52: Selección e instalación de equipos eléctricos. Canalizaciones.
- UNE-HD 60364-7-712: Instalaciones eléctricas de baja tensión. Parte 7-712: Requisitos para instalaciones o emplazamientos especiales. Sistemas de alimentación solar fotovoltaica (FV).
- UNE 21089-1: Identificación de los conductores aislados de los cables.
- UNE 21144 Cables eléctricos. Cálculo de la intensidad admisible.
- UNE 21123-2: Cables eléctricos de utilización industrial de tensión asignada 0,6/1 kV. Parte 2: Cables con aislamiento de polietileno reticulado y cubierta de policloruro de vinilo.
- UNE-EN 60228: Conductores de cables aislados.
- UNE-EN 50525-2-51: Cables eléctricos de baja tensión. Cables de tensión asignada inferior o igual a 450/750 V (Uo/U). Parte 2-51: Cables de utilización general. Cables de control resistentes al aceite con aislamiento termoplástico (PVC).
- UNE-EN 61439-1/2/3: Conjuntos de aparamenta de baja tensión.
- UNE-EN 60947-1: Aparamenta de baja tensión. Parte 1, Reglas generales.
- IEC 60364: Instalaciones eléctricas de baja tensión.



	HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS PEGASO (31 MW - 124 MWh)	PEGA-SOL-AL-PE-CAL-0001- A01					
	PROYECTO DE EJECUCIÓN CALCULOS ELÉCTRICOS BAJA TENSIÓN	Rev.:	00	Página	7	de	20

3 CONDICIONES DE INSTALACIÓN BAJA TENSIÓN

Los datos de partida considerados para el cálculo de la capacidad de corriente se resumen en las siguientes tablas:

Temperatura ambiente de diseño	50 °C
Temperatura del terreno	25°C
Resistividad térmica del terreno	2 K·m/W
Tipo de conductor	Aluminio
Secciones de cableado	240 mm ²
Método de instalación	Al aire/sobre superficie
Método de instalación según UNE HD 60364-5-52	E o F



HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS PEGASO (31 MW - 124 MWh)

PROYECTO DE EJECUCIÓN CALCULOS ELÉCTRICOS BAJA TENSIÓN

PEGA-SOL-AL-PE-CAL-0001-
A01

Rev.: 00 Página 8 de 20

4 DESCRIPCIÓN DEL CABLEADO

Cada pila de celdas emplea 1 cable positivo y 1 cable negativo conectados directamente al terminal de CC correspondiente de un PCS de 210 ó 125 kVA, que se encuentran ubicados en el mismo contenedor que las baterías, debajo de estas, el conexionado entre las baterías y el PCS forma parte del suministro de los equipos estando estas conexiones comprobadas y certificadas por el fabricante.

Este documento se centra en la conexión entre los PCS y el Transformador que se encuentra en otro contenedor cercano, el Skid o centro de transformación de MT.

A continuación, se muestra el conexionado objeto del presente cálculo dimensional:

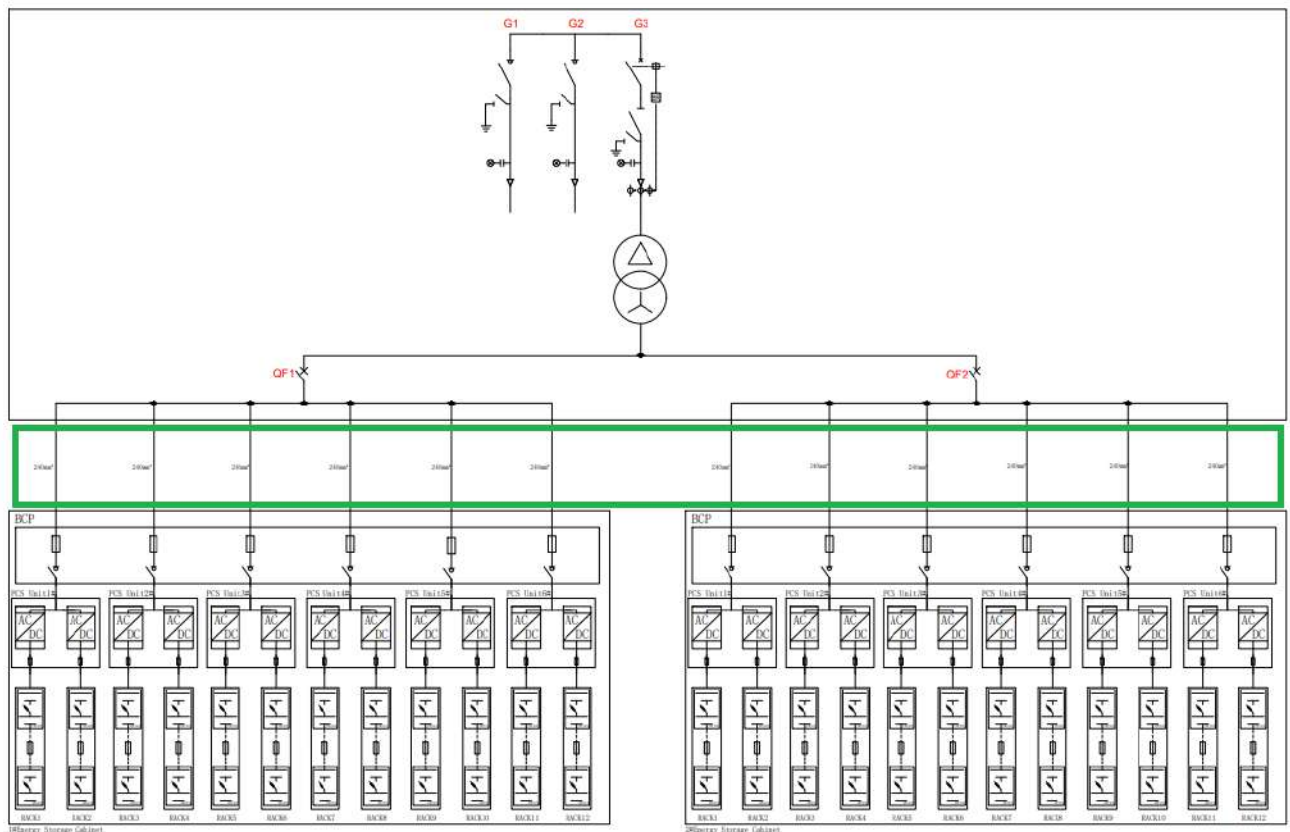


Imagen 1 Conexionado de PCS a Transformador

	HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS PEGASO (31 MW - 124 MWh)	PEGA-SOL-AL-PE-CAL-0001- A01					
	PROYECTO DE EJECUCIÓN CALCULOS ELÉCTRICOS BAJA TENSIÓN	Rev.:	00	Página	9	de	20

5 INTENSIDAD MÁXIMA ADMISIBLE

La temperatura del conductor del cable, trabajando a plena carga y en régimen permanente, no deberá superar en ningún momento la temperatura máxima admisible asignada de los materiales que se utilizan para el aislamiento del cable. Esta temperatura se especifica en las normas particulares de los cables y suele ser de 70°C para cables con aislamiento termoplásticos y de 90°C para cables con aislamientos termoestables.

La intensidad máxima calculada para el diseño de cada línea corresponde al valor nominal del elemento de protección correspondiente.

La corriente máxima admisible por los cables depende de una serie de factores, de sus características constructivas, así como de las características del terreno. Para su cálculo se utiliza la siguiente fórmula:

$$I_{\max.\text{adm}} = Ft \cdot Fr \cdot Fnt \cdot Fp \cdot Iz$$

donde:

- $Ft \equiv$ factor de corrección debido a la temperatura del terreno.
- $Fr \equiv$ factor de corrección debido a la resistividad térmica del terreno.
- $Fnt \equiv$ factor de corrección debido al número de ternas por circuito.
- $Fp \equiv$ factor de corrección debido a la profundidad de enterramiento de los circuitos.
- $Iz =$ Intensidad máxima admisible que puede transportar el conductor antes de aplicar los factores de corrección, o en condiciones estándar. Se aplicarán los valores de la tabla B.52.3 de la norma UNE 60634 HD -5-52.

Las secciones finales seleccionadas deben cumplir con el siguiente criterio:

$$I_{\text{cálculo}} < I_{\max.\text{adm}}$$

A continuación, se desglosa la manera de obtener cada uno de los valores de la ecuación descrita anteriormente:

5.1 Iz INTENSIDAD MÁXIMA ADMISIBLE:

En la siguiente tabla, según la normativa aplicada tanto para cables de aluminio como cables de cobre, vienen dadas las intensidades máximas admisibles para los cables en instalación enterrado



HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS PEGASO (31 MW - 124 MWh)

PROYECTO DE EJECUCIÓN CALCULOS ELÉCTRICOS BAJA TENSIÓN

**PEGA-SOL-AL-PE-CAL-0001-
A01**

Rev.: 00 Página 10 de 20

bajo tubo (tipo D1-Nivel 1) y directamente enterrado (tipo D2-Nivel 2). Para el cableado enterrado, las características de las tablas son a temperatura ambiente del terreno 20°C, enterrados a 0,7 metros de profundidad, en un terreno de resistividad térmica media de 2,5 K·m/W según la normativa aplicada, tanto para cables de aluminio y de cobre:

Tabla B.52.3 – Corrientes admisibles, en amperios, para los métodos de instalación de la tabla B.52.1 –
Cables aislados con XLPE/EPR, dos conductores cargados, cobre o aluminio –
Temperatura del conductor: 90 °C, temperatura ambiente: 30 °C en el aire, 20 °C en el terreno

Sección nominal del conductor mm ²	Método de instalación de la tabla B.52.1						
	A1	A2	B1	B2	C	D	D1
1	2	3	4	5	6	7	8
Cobre							
1,5	19	18,5	23	22	24	25	27
2,5	26	25	31	30	33	33	35
4	35	33	42	40	45	43	46
6	45	42	54	51	58	53	58
10	61	57	75	69	80	71	77
16	81	76	100	91	107	91	100
25	106	99	133	119	138	116	129
35	131	121	164	146	171	139	155
50	158	145	198	175	209	164	183
70	200	183	253	221	269	203	225
95	241	220	306	265	328	239	270
120	278	253	354	305	382	271	306
150	318	290	393	334	441	306	343
185	362	329	449	384	506	343	387
240	424	386	528	459	599	395	448
300	486	442	603	532	693	446	502
Aluminio							
2,5	20	19,5	25	23	26	26	
4	27	26	33	31	35	33	
6	35	33	43	40	45	42	
10	48	45	59	54	62	55	
16	64	60	79	72	84	71	76
25	84	78	105	94	101	90	98
35	103	96	130	115	126	108	117
50	125	115	157	138	154	128	139
70	158	145	200	175	198	158	170
95	191	175	242	210	241	186	204
120	220	201	281	242	280	211	233
150	253	230	307	261	324	238	261
185	288	262	351	300	371	267	296
240	338	307	412	358	439	307	343
300	387	352	471	415	508	346	386

NOTA En las columnas 3, 5, 6, 7 y 8, se supone que los conductores son circulares para un tamaño de hasta 16 mm² inclusive. Los valores indicados para mayores tamaños se refieren a conductores perfilados y pueden ser aplicados con seguridad a los conductores circulares.

Imagen 2. Intensidad máxima admisible, en amperios, para los métodos de instalación de la norma UNE-HD-60364-5-52.

Estas intensidades máximas admisibles son válidas para unos determinados valores de temperaturas, valor de resistividad térmica, profundidad... Como nuestra instalación se va a llevar a cabo en otras condiciones se debe corregir las intensidades de la tabla multiplicando el valor por unos factores de corrección que vienen dados en las siguientes tablas.

	HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS PEGASO (31 MW - 124 MWh)		PEGA-SOL-AL-PE-CAL-0001-A01					
	PROYECTO DE EJECUCIÓN CALCULOS ELÉCTRICOS BAJA TENSIÓN		Rev.:	00	Página	11	de	20

5.2 FACTOR DE CORRECCIÓN POR TEMPERATURA AMBIENTE:

Dependerá de la temperatura ambiente considerada, cuando la temperatura ambiente de diseño del proyecto es distinta a 30°C la corriente admisible del cable se debe corregir según los valores de la siguiente tabla:

Temperatura ambiente ^a °C	Aislamiento			
	PVC	XLPE y EPR	Mineral ^b	
			Cubierta de PVC o cable desnudo y accesible 70 °C	Cable desnudo e inaccesible 105 °C
10	1,22	1,15	1,26	1,14
15	1,17	1,12	1,20	1,11
20	1,12	1,08	1,14	1,07
25	1,06	1,04	1,07	1,04
30	1,00	1,00	1,00	1,00
35	0,94	0,96	0,93	0,96
40	0,87	0,91	0,85	0,92
45	0,79	0,87	0,78	0,88
50	0,71	0,82	0,67	0,84
55	0,61	0,76	0,57	0,80
60	0,50	0,71	0,45	0,75
65	—	0,65	—	0,70
70	—	0,58	—	0,65
75	—	0,50	—	0,60
80	—	0,41	—	0,54
85	—	—	—	0,47
90	—	—	—	0,40
95	—	—	—	0,32

^a Para temperaturas ambiente más elevadas, consultar al fabricante.

Imagen 3. Factores de corrección para temperatura ambiente diferente de 30°C a aplicar a los valores de las corrientes admisibles para cables al aire (norma UNE-HD-60364-5-52).

	HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS PEGASO (31 MW - 124 MWh)		PEGA-SOL-AL-PE-CAL-0001-A01					
	PROYECTO DE EJECUCIÓN CALCULOS ELÉCTRICOS BAJA TENSIÓN		Rev.:	00	Página	12	de	20

5.3 FACTOR DE CORRECCIÓN POR TEMPERATURA DEL TERRENO:

Dependerá de la temperatura del terreno considerada y de la naturaleza del aislamiento. Cuando la temperatura del terreno del proyecto del sistema de baterías es diferente a 20°C, la corriente admisible del cable se debe corregir según los valores de la siguiente tabla:

Temperatura del terreno °C	Aislamiento	
	PVC	XLPE y EPR
10	1,10	1,07
15	1,05	1,04
20	1,00	1,00
25	0,95	0,96
30	0,89	0,93
35	0,84	0,89
40	0,77	0,85
45	0,71	0,80
50	0,63	0,76
55	0,55	0,71
60	0,45	0,65
65	–	0,60
70	–	0,53
75	–	0,46
80	–	0,38

Imagen 4 Factores de corrección para temperatura ambiente del terreno diferente a 20°C a aplicar a los conductores enterrados (norma UNE-HD-60364-5-52)

5.4 FACTOR DE CORRECCIÓN POR RESISTIVIDAD TÉRMICA:

Depende de la capacidad del terreno para disipar calor. Si el valor de la resistividad térmica del terreno donde se va a instalar la planta es diferente a 2,5 Km/W entonces su el valor de la corriente admisible del cable se ha de corregir con los valores que se obtienen de la tabla B.52.16 de la UNE HD-60364-5-52 mostrada a continuación:

Resistividad térmica K·m/W	0,5	0,7	1	1,5	2	2,5	3
Factor de corrección para cables en conductos enterrados	1,28	1,20	1,18	1,1	1,05	1	0,96
Factor de corrección para cables enterrados directamente	1,88	1,62	1,5	1,28	1,12	1	0,90

Tabla 1: Factores de corrección para cables directamente enterrados para terrenos con resistividad diferente a 2,5 K.m/W (norma UNE HD 60364-5-52)



HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS PEGASO (31 MW - 124 MWh)

PROYECTO DE EJECUCIÓN CALCULOS ELÉCTRICOS BAJA TENSIÓN

PEGA-SOL-AL-PE-CAL-0001-
A01

Rev.: 00 Página 13 de 20

5.5 FACTOR DE AGRUPAMIENTO:

Es debido al calentamiento mutuo que se produce entre los cables que coinciden en la misma canalización ya que crea más dificultades para la disipación de calor. Dependerá de la tipología de la canalización, número y tipo de cables que discurren por ella.

Tabla B.52.18 – Factores de reducción para más de un circuito, cables directamente enterrados –
Método de instalación D2 de las tablas B.52.2 a B.52.5 – Cables unipolares o multipolares

Número de circuitos	Distancia entre cables *				
	Nula (cables en contacto)	Un diámetro de cable	0,125 m	0,25 m	0,5 m
2	0,75	0,80	0,85	0,90	0,90
3	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85
4	0,60	0,60	0,70	0,75	0,80
5	0,55	0,55	0,65	0,70	0,80
6	0,50	0,55	0,60	0,70	0,80
7	0,45	0,51	0,59	0,67	0,76
8	0,43	0,48	0,57	0,65	0,75
9	0,41	0,46	0,55	0,63	0,74
12	0,36	0,42	0,51	0,59	0,71
16	0,32	0,38	0,47	0,56	0,68
20	0,29	0,35	0,44	0,53	0,66

* Cables multipolares



* Cables unipolares





HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS PEGASO (31 MW - 124 MWh)

PROYECTO DE EJECUCIÓN CALCULOS ELÉCTRICOS BAJA TENSIÓN

PEGA-SOL-AL-PE-CAL-0001-
A01

Rev.: 00 Página 14 de 20

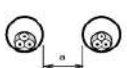
B) Cables unipolares en conductos individuales no magnéticos				
Número de circuitos unipolares de dos o tres cables	Distancia entre conductos ^b			
	Nula (conductos en contacto)	0,25 m	0,5 m	1,0 m
2	0,80	0,90	0,90	0,95
3	0,70	0,80	0,85	0,90
4	0,65	0,75	0,80	0,90
5	0,60	0,70	0,80	0,90
6	0,60	0,70	0,80	0,90
7	0,53	0,66	0,76	0,87
8	0,50	0,63	0,74	0,87
9	0,47	0,61	0,73	0,86
10	0,45	0,59	0,72	0,85
11	0,43	0,57	0,70	0,85
12	0,41	0,56	0,69	0,84
13	0,39	0,54	0,68	0,84
14	0,37	0,53	0,68	0,83
15	0,35	0,52	0,67	0,83
16	0,34	0,51	0,66	0,83
17	0,33	0,50	0,65	0,82
18	0,31	0,49	0,65	0,82
19	0,30	0,48	0,64	0,82
20	0,29	0,47	0,63	0,81
^a Cables multipolares 				
^b Cables unipolares 				

Tabla 2: Factores de reducción por agrupamiento de más de un circuito directamente enterrado (norma UNE HD 60364-5-52)

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

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



B) Cables unipolares en conductos individuales no magnéticos				
Número de circuitos unipolares de dos o tres cables	Distancia entre conductos ^a			
	Nula (conductos en contacto)	0,25 m	0,5 m	1,0 m
2	0,80	0,90	0,90	0,95
3	0,70	0,80	0,85	0,90
4	0,65	0,75	0,80	0,90
5	0,60	0,70	0,80	0,90
6	0,60	0,70	0,80	0,90
7	0,53	0,66	0,76	0,87
8	0,50	0,63	0,74	0,87
9	0,47	0,61	0,73	0,86
10	0,45	0,59	0,72	0,85
11	0,43	0,57	0,70	0,85
12	0,41	0,56	0,69	0,84
13	0,39	0,54	0,68	0,84
14	0,37	0,53	0,68	0,83
15	0,35	0,52	0,67	0,83
16	0,34	0,51	0,66	0,83
17	0,33	0,50	0,65	0,82
18	0,31	0,49	0,65	0,82
19	0,30	0,48	0,64	0,82
20	0,29	0,47	0,63	0,81

^a Cables multipolares



^b Cables unipolares



Tabla 3: Factores de reducción por agrupamiento de más de un circuito en conductos enterrados (norma UNE HD 60364-5-52)

5.6 FACTOR DE PROFUNDIDAD:

Cuando la profundidad de instalación es diferente a 0,7 metros, la intensidad máxima admisible se debe corregir con los siguientes valores:

Cables de 0,6/1 kV. Profundidad tipo 0,7 m		
Profundidad, m	Soterrados	En tubular
0,50	1,04	1,03
0,60	1,02	1,01
0,70	1,00	1,00
0,80	0,99	0,99
1,00	0,97	0,97
1,25	0,95	0,96
1,50	0,93	0,95
1,75	0,92	0,94
2,00	0,91	0,93
2,50	0,89	0,91
3,00	0,88	0,90

Tabla 4: Factores de corrección para distintas profundidades de soterramiento (UNE 211435)

	HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS PEGASO (31 MW - 124 MWh)	PEGA-SOL-AL-PE-CAL-0001- A01					
	PROYECTO DE EJECUCIÓN CALCULOS ELÉCTRICOS BAJA TENSIÓN	Rev.:	00	Página	16	de	20

6 CAÍDA DE TENSIÓN

El criterio de caída de tensión establece que la sección del cable sea tal que la caída de tensión en él sea menor que la máxima admisible. La caída de tensión de un cable es proporcional a su longitud y resistividad e inversamente proporcional a su sección.

Se establece una caída de tensión máxima de 1,5% total entre cualquier rack de baterías y el punto de conexión con el PCS, es decir:

$$\Delta V = \text{MAX } \Delta V_{(\text{PCS-trafo})} \leq 1,5 \%$$

La caída de tensión a lo largo de un conductor en corriente continua se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$\Delta V = \frac{2 \cdot \rho_{T^a} \cdot L \cdot P}{U_{PCS} \cdot S}$$

Siendo:

- ΔV : caída de tensión en voltios
- $\rho_{T^a \text{servicio}}$: resistividad del material del conductor en ohm*mm²/m a la temperatura de funcionamiento del cable
- L: longitud del tramo.
- P: potencia del tramo en W
- S: sección por calentamiento en mm²

Viene dada por la expresión:

$$P = P_{np} \cdot np$$

Donde:

- Pnp: potencia de pico de cada rack.
- np: número de racks.

$$U_{PCS} = n_{ps} \cdot U_{pmp}$$

Siendo:

- nps: número de racks en serie
- Upmp: tensión en el punto de máxima potencia del rack

	HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS PEGASO (31 MW - 124 MWh)		PEGA-SOL-AL-PE-CAL-0001-A01					
	PROYECTO DE EJECUCIÓN CALCULOS ELÉCTRICOS BAJA TENSIÓN		Rev.:	00	Página	17	de	20

La temperatura de servicio del cable se calcula mediante la siguiente expresión:

$$T_{servicio} = T_{amb} + f_{carga}^2 \cdot (T_{max} - T_{amb})$$

Donde:

- T_{amb} : temperatura ambiente (20°C terreno y 40°C al aire)
- F_{carga} : factor de carga del cable:

$$f_{carga} = \frac{I_{calculo}}{I_{admisible} \cdot f_{ct}}$$

- T_{max} : temperatura máxima soportada por el aislamiento (en nuestro caso XLPE, 90°C).

Con la resistividad para el aluminio y el cobre a 20°C y el coeficiente de variación de resistencia para ambos, según se muestra en la siguiente tabla:

$\rho(\text{Cu})$ a 20°C	0,017241379
$\rho(\text{Al})$ a 20°C	0,028571429
α_{Cu}	0,00393
α_{Al}	0,00407

Obtenemos la resistividad a la temperatura de servicio:

$$\rho_{T^{\text{servicio}}} = \rho_{20^{\circ}\text{C}} \cdot (1 + \alpha \cdot (T_{servicio} - 20))$$

Posteriormente calculamos la caída de tensión en %, comprobando que no supera 1,5% desde el PCS hasta el transformador según especificaciones técnicas del promotor, es decir:

$$\Delta V \cdot \frac{100}{U_{string}} < 1,5$$

En las tablas de cálculo se muestran los cálculos de caída de tensión comprobándose que la caída de tensión de los PCS más desfavorables de cada rack hasta el transformador, estén por debajo de 1,5 %.

	HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS PEGASO (31 MW - 124 MWh)					PEGA-SOL-AL-PE-CAL-0001-A01					
	PROYECTO DE EJECUCIÓN CALCULOS ELÉCTRICOS BAJA TENSIÓN					Rev.:	00	Página	18	de	20

7 RESULTADOS

Criterio intensidad máxima admisible:

CIRCUITO	TIPO DE INSTALACIÓN			MEDICIONES				CALCULO POR INTENSIDAD MAXIMA ADMISIBLE														
TRAMO DE CABLE XX-YY	Tipo de conductor	INSTALACIÓN	Método de instalación (UNE HD 60364-5-52)	Longitud (m)	Longitud Z (m)	Desviaciones	Longitud total (m)	Intensidad de diseño	Sección Cable (mm2)	Iz: Intensidad admissible (A)	Temperatura ambiente o terreno (°C)	Ft: Factor de corrección por T*	Resistividad del terreno (K.m/W)	Fr: Factor de corrección por resistividad del terreno	Nº de circuitos agrupados	Distancia entre cables (m)	Fag: Factor de corrección por agrupamiento	Profundidad de instalación (m)	Fp: Factor de corrección por Profundidad	Imax. adm corregida (A)	Idiseño / Imax.adm corregida (%)	Comprobación Criterio (Idiseño < Imax.adm corregida)
						1,5%																
PCS 1.1 - MVS	AI	Directamente Enterrado	D2	20,07	4	0,36	24,43	193	240	290	25	0,96	2	1,12	6	0,25m	0,70	1	0,97	211,72	91,2%	CUMPLE
PCS 1.2 - MVS	AI	Directamente Enterrado	D2	19,20	4	0,35	23,54	193	240	290	25	0,96	2	1,12	6	0,25m	0,70	1	0,97	211,72	91,2%	CUMPLE
PCS 1.3 - MVS	AI	Directamente Enterrado	D2	18,32	4	0,33	22,66	193	240	290	25	0,96	2	1,12	6	0,25m	0,70	1	0,97	211,72	91,2%	CUMPLE
PCS 1.4 - MVS	AI	Directamente Enterrado	D2	17,45	4	0,32	21,77	193	240	290	25	0,96	2	1,12	6	0,25m	0,70	1	0,97	211,72	91,2%	CUMPLE
PCS 1.5 - MVS	AI	Directamente Enterrado	D2	16,58	4	0,31	20,89	193	240	290	25	0,96	2	1,12	6	0,25m	0,70	1	0,97	211,72	91,2%	CUMPLE
PCS 1.6 - MVS	AI	Directamente Enterrado	D2	15,71	4	0,30	20,00	193	240	290	25	0,96	2	1,12	6	0,25m	0,70	1	0,97	211,72	91,2%	CUMPLE
PCS 2.1 - MVS	AI	Directamente Enterrado	D2	29,29	4	0,50	33,79	193	240	290	25	0,96	2	1,12	6	0,25m	0,70	1	0,97	211,72	91,2%	CUMPLE
PCS 2.2 - MVS	AI	Directamente Enterrado	D2	28,42	4	0,49	32,91	193	240	290	25	0,96	2	1,12	6	0,25m	0,70	1	0,97	211,72	91,2%	CUMPLE
PCS 2.3 - MVS	AI	Directamente Enterrado	D2	27,55	4	0,47	32,02	193	240	290	25	0,96	2	1,12	6	0,25m	0,70	1	0,97	211,72	91,2%	CUMPLE
PCS 2.4 - MVS	AI	Directamente Enterrado	D2	26,68	4	0,46	31,14	193	240	290	25	0,96	2	1,12	6	0,25m	0,70	1	0,97	211,72	91,2%	CUMPLE
PCS 2.5 - MVS	AI	Directamente Enterrado	D2	25,80	4	0,45	30,25	193	240	290	25	0,96	2	1,12	6	0,25m	0,70	1	0,97	211,72	91,2%	CUMPLE
PCS 2.6 - MVS	AI	Directamente Enterrado	D2	24,93	4	0,43	29,36	193	240	290	25	0,96	2	1,12	6	0,25m	0,70	1	0,97	211,72	91,2%	CUMPLE
PCS 3.1 - MVS	AI	Directamente Enterrado	D2	33,62	4	0,56	38,18	193	240	290	25	0,96	2	1,12	6	0,25m	0,70	1	0,97	211,72	91,2%	CUMPLE
PCS 3.2 - MVS	AI	Directamente Enterrado	D2	32,75	4	0,55	37,30	193	240	290	25	0,96	2	1,12	6	0,25m	0,70	1	0,97	211,72	91,2%	CUMPLE
PCS 3.3 - MVS	AI	Directamente Enterrado	D2	31,87	4	0,54	36,41	193	240	290	25	0,96	2	1,12	6	0,25m	0,70	1	0,97	211,72	91,2%	CUMPLE
PCS 3.4 - MVS	AI	Directamente Enterrado	D2	31,00	4	0,52	35,52	193	240	290	25	0,96	2	1,12	6	0,25m	0,70	1	0,97	211,72	91,2%	CUMPLE
PCS 3.5 - MVS	AI	Directamente Enterrado	D2	30,13	4	0,51	34,64	193	240	290	25	0,96	2	1,12	6	0,25m	0,70	1	0,97	211,72	91,2%	CUMPLE
PCS 3.6 - MVS	AI	Directamente Enterrado	D2	29,25	4	0,50	33,75	193	240	290	25	0,96	2	1,12	6	0,25m	0,70	1	0,97	211,72	91,2%	CUMPLE
PCS 4.1 - MVS	AI	Directamente Enterrado	D2	42,45	4	0,70	47,14	193	240	290	25	0,96	2	1,12	6	0,25m	0,70	1	0,97	211,72	91,2%	CUMPLE
PCS 4.2 - MVS	AI	Directamente Enterrado	D2	41,57	4	0,68	46,26	193	240	290	25	0,96	2	1,12	6	0,25m	0,70	1	0,97	211,72	91,2%	CUMPLE
PCS 4.3 - MVS	AI	Directamente Enterrado	D2	40,70	4	0,67	45,37	193	240	290	25	0,96	2	1,12	6	0,25m	0,70	1	0,97	211,72	91,2%	CUMPLE
PCS 4.4 - MVS	AI	Directamente Enterrado	D2	39,83	4	0,66	44,49	193	240	290	25	0,96	2	1,12	6	0,25m	0,70	1	0,97	211,72	91,2%	CUMPLE
PCS 4.5 - MVS	AI	Directamente Enterrado	D2	38,96	4	0,64	43,60	193	240	290	25	0,96	2	1,12	6	0,25m	0,70	1	0,97	211,72	91,2%	CUMPLE
PCS 4.6 - MVS	AI	Directamente Enterrado	D2	38,08	4	0,63	42,71	193	240	290	25	0,96	2	1,12	6	0,25m	0,70	1	0,97	211,72	91,2%	CUMPLE

Tal y como se muestra en la tabla anterior, queda comprobado el cumplimiento del criterio de la intensidad máxima admisible. También se comprueba el cumplimiento del criterio de cortocircuito.



HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS PEGASO (31 MW - 124 MWh)

PROYECTO DE EJECUCIÓN CALCULOS ELÉCTRICOS BAJA TENSIÓN

PEGA-SOL-AL-PE-CAL-0001-
A01

Rev.: 00 Página 19 de 20

Criterio de caída de tensión:

CIRCUITO	TIPO DE INSTALACION			MEDICIONES				CALCULO POR CAIDA DE TENSION										1,50%
TRAMO DE CABLE XX-YY	Tipo de conductor	INSTALACIÓN	Método de instalación (UNE HD 60364-5-52)	Longitud (m)	Longitud Z (m)	+	Longitud total (m)	U (V)	Imax (A)	Sección Cable (mm2)	Nº de cond./fase	Tº de servicio del cable (ºC)	Resistividad del cable a Tº de servicio (mm2/m)	Resistencia cable a Tº servicio (ohm/km)	Caída de tensión del tramo (V)	Caída de tensión del tramo (%)	COMPROBACIÓN CRITERIO CDT MAX. < 1,5%	
						Desviaciones												
						1,5%												
PCS 1.1 - MVS	Al	Directamente Enterrado	D2	20,07	4	0,36	24,43	690	193	240	1	79,01	0,0359	0,1496	1,22	0,18%	CUMPLE	
PCS 1.2 - MVS	Al	Directamente Enterrado	D2	19,20	4	0,35	23,54	690	193	240	1	79,01	0,0359	0,1496	1,18	0,17%	CUMPLE	
PCS 1.3 - MVS	Al	Directamente Enterrado	D2	18,32	4	0,33	22,66	690	193	240	1	79,01	0,0359	0,1496	1,13	0,16%	CUMPLE	
PCS 1.4 - MVS	Al	Directamente Enterrado	D2	17,45	4	0,32	21,77	690	193	240	1	79,01	0,0359	0,1496	1,09	0,16%	CUMPLE	
PCS 1.5 - MVS	Al	Directamente Enterrado	D2	16,58	4	0,31	20,89	690	193	240	1	79,01	0,0359	0,1496	1,04	0,15%	CUMPLE	
PCS 1.6 - MVS	Al	Directamente Enterrado	D2	15,71	4	0,30	20,00	690	193	240	1	79,01	0,0359	0,1496	1,00	0,14%	CUMPLE	
PCS 2.1 - MVS	Al	Directamente Enterrado	D2	29,29	4	0,50	33,79	690	193	240	1	79,01	0,0359	0,1496	1,69	0,24%	CUMPLE	
PCS 2.2 - MVS	Al	Directamente Enterrado	D2	28,42	4	0,49	32,91	690	193	240	1	79,01	0,0359	0,1496	1,65	0,24%	CUMPLE	
PCS 2.3 - MVS	Al	Directamente Enterrado	D2	27,55	4	0,47	32,02	690	193	240	1	79,01	0,0359	0,1496	1,60	0,23%	CUMPLE	
PCS 2.4 - MVS	Al	Directamente Enterrado	D2	26,68	4	0,46	31,14	690	193	240	1	79,01	0,0359	0,1496	1,56	0,23%	CUMPLE	
PCS 2.5 - MVS	Al	Directamente Enterrado	D2	25,80	4	0,45	30,25	690	193	240	1	79,01	0,0359	0,1496	1,51	0,22%	CUMPLE	
PCS 2.6 - MVS	Al	Directamente Enterrado	D2	24,93	4	0,43	29,36	690	193	240	1	79,01	0,0359	0,1496	1,47	0,21%	CUMPLE	
PCS 3.1 - MVS	Al	Directamente Enterrado	D2	33,62	4	0,56	38,18	690	193	240	1	79,01	0,0359	0,1496	1,91	0,28%	CUMPLE	
PCS 3.2 - MVS	Al	Directamente Enterrado	D2	32,75	4	0,55	37,30	690	193	240	1	79,01	0,0359	0,1496	1,86	0,27%	CUMPLE	
PCS 3.3 - MVS	Al	Directamente Enterrado	D2	31,87	4	0,54	36,41	690	193	240	1	79,01	0,0359	0,1496	1,82	0,26%	CUMPLE	
PCS 3.4 - MVS	Al	Directamente Enterrado	D2	31,00	4	0,52	35,52	690	193	240	1	79,01	0,0359	0,1496	1,78	0,26%	CUMPLE	
PCS 3.5 - MVS	Al	Directamente Enterrado	D2	30,13	4	0,51	34,64	690	193	240	1	79,01	0,0359	0,1496	1,73	0,25%	CUMPLE	
PCS 3.6 - MVS	Al	Directamente Enterrado	D2	29,25	4	0,50	33,75	690	193	240	1	79,01	0,0359	0,1496	1,69	0,24%	CUMPLE	
PCS 4.1 - MVS	Al	Directamente Enterrado	D2	42,45	4	0,70	47,14	690	193	240	1	79,01	0,0359	0,1496	2,36	0,34%	CUMPLE	
PCS 4.2 - MVS	Al	Directamente Enterrado	D2	41,57	4	0,68	46,26	690	193	240	1	79,01	0,0359	0,1496	2,31	0,34%	CUMPLE	
PCS 4.3 - MVS	Al	Directamente Enterrado	D2	40,70	4	0,67	45,37	690	193	240	1	79,01	0,0359	0,1496	2,27	0,33%	CUMPLE	
PCS 4.4 - MVS	Al	Directamente Enterrado	D2	39,83	4	0,66	44,49	690	193	240	1	79,01	0,0359	0,1496	2,22	0,32%	CUMPLE	
PCS 4.5 - MVS	Al	Directamente Enterrado	D2	38,96	4	0,64	43,60	690	193	240	1	79,01	0,0359	0,1496	2,18	0,32%	CUMPLE	
PCS 4.6 - MVS	Al	Directamente Enterrado	D2	38,08	4	0,63	42,71	690	193	240	1	79,01	0,0359	0,1496	2,14	0,31%	CUMPLE	

Se comprueba que la caída de tensión en cada circuito de baja tensión en corriente alterna es menor de 0,5%.

	HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS PEGASO (31 MW - 124 MWh)	PEGA-SOL-AL-PE-CAL-0001- A01					
	PROYECTO DE EJECUCIÓN CALCULOS ELÉCTRICOS BAJA TENSIÓN	Rev.:	00	Página	20	de	20

8 CONCLUSIONES

Estos cálculos han sido realizados con referencia al PCS de mayor potencia de nuestro sistema, el Sungrow SC210HX, se han sobredimensionado los conductores por razones de mejora de pérdidas y caída de tensión, se instalarán conductores de 240 mm², por lo que estos cálculos son igualmente aplicables a modelos de inversor de inferior potencia nominal como el Sungrow SC125HX.

PROYECTO



**Sistema de Almacenamiento en Baterías de la Planta
Fotovoltaica PEGASO SOLAR**

**Municipio de Valladolid, Provincia de Valladolid
(España)**

TITULO

**HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO
EN BATERÍAS PEGASO
(31 MW - 124 MWh)**

PROYECTO DE EJECUCIÓN CALCULOS ELÉCTRICOS MEDIA TENSIÓN

Nº DE DOCUMENTO

PEGA-SOL-AL-PE-CAL-0001-A02

Nº REVISION	00	DOCUMENTO EMITIDO PARA:	LEGALIZACIÓN
FECHA EMISIÓN	11/07/2025		

M.R.L.	L.G.C.	J.S.G.V.
Preparado por	Revisado por	Aprobado por

Este documento, así como los contenidos y los signos distintivos aparecidos en el mismo, excepto indicación expresa en contrario, son propiedad expresa de Solaria Energía y Medio Ambiente, S.A., o dispone de las licencias necesarias, por lo que se encuentran protegidos por los derechos de propiedad industrial e intelectual conforme a la legislación española. Se autoriza su reproducción exclusivamente para uso privado y se prohíbe, salvo autorización expresa, la reproducción de todo o parte del mismo en cualquier forma.



	HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS PEGASO (31 MW - 124 MWh)	PEGA-SOL-AL-PE-CAL-0001- A02					
	PROYECTO DE EJECUCIÓN CALCULOS ELÉCTRICOS MEDIA TENSIÓN						
		Rev.:	00	Página	2	de	16

RESUMEN DE REVISIONES

Revisión	Fecha	Descripción de los cambios
00	11/07/2025	Documento nuevo

	HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS PEGASO (31 MW - 124 MWh)		PEGA-SOL-AL-PE-CAL-0001- A02			
	PROYECTO DE EJECUCIÓN CALCULOS ELÉCTRICOS MEDIA TENSIÓN		Rev.:	00	Página	3 de 16

ANEXO II

CÁLCULOS ELÉCTRICOS

MEDIA TENSIÓN

	HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS PEGASO (31 MW - 124 MWh)	PEGA-SOL-AL-PE-CAL-0001-A02					
	PROYECTO DE EJECUCIÓN CALCULOS ELÉCTRICOS MEDIA TENSIÓN						
		Rev.:	00	Página	4	de	16

INDICE

1	OBJETO	5
2	NORMATIVA QUE APLICAR	6
3	DATOS TÉCNICOS DE PARTIDA MEDIA TENSIÓN	7
3.1	DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA RED	7
3.2	DESCRIPCIÓN DEL CABLE SUBTERRÁNEO	7
3.3	CIRCUITOS	8
4	CRITERIOS DE DISEÑO MEDIA TENSIÓN	9
4.1	INTENSIDAD MÁXIMA ADMISIBLE O DE CALENTAMIENTO	9
4.2	FACTOR DE CORRECCIÓN POR TEMPERATURA DEL TERRENO:	10
4.3	FACTOR DE CORRECCIÓN POR RESISTIVIDAD TÉRMICA:	11
4.4	FACTOR DE AGRUPAMIENTO:	11
4.5	FACTOR DE PROFUNDIDAD:.....	12
4.6	CAÍDAS DE TENSIÓN.	12
4.7	CRITERIO DE LA INTENSIDAD MÁXIMA DE CORTOCIRCUITO	12
5	RESULTADOS MEDIA TENSIÓN	15

	HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS PEGASO (31 MW - 124 MWh)		PEGA-SOL-AL-PE-CAL-0001- A02					
	PROYECTO DE EJECUCIÓN CALCULOS ELÉCTRICOS MEDIA TENSIÓN		Rev.:	00	Página	5	de	16

1 OBJETO

El presente apartado se realiza con el objeto de mostrar los cálculos eléctricos correspondientes a los circuitos de media tensión subterráneos que interconectarán el sistema de almacenamiento en baterías con la subestación SE Pegaso 30/66 kV.

Para la elección final de los cables se realizan los cálculos correspondientes a la intensidad máxima admisible, caída de tensión, pérdida de potencia y nivel de cortocircuito soportado por el cable seleccionado.

	HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS PEGASO (31 MW - 124 MWh)		PEGA-SOL-AL-PE-CAL-0001- A02				
	PROYECTO DE EJECUCIÓN CALCULOS ELÉCTRICOS MEDIA TENSIÓN						
	Rev.:	00	Página	6	de	16	

2 NORMATIVA QUE APLICAR

La instalación se diseñará y construirá con arreglo a las diversas disposiciones legales, reglamentos y demás normativa general vigentes, así como las normas técnicas particulares de los ayuntamientos implicados y la compañía que explota la red general de distribución eléctrica de la zona.

Para los cálculos eléctricos se cumplirá lo requerido en la última edición vigente de los códigos y normas que sean de aplicación de la siguiente lista, sin que esto suponga una restricción o renuncia a cualquier otro código y norma aplicable no relacionada en la misma.

- International Standardization Organization (ISO)
- International Electrotechnical Commission (IEC)
- UNE-HD 60364-5-52
- 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.
- UNE 211003-1:2001: 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).
- UNE-EN 60228:2005: Conductores de cables aislados.
- IEC 60949 - Calculation of thermally permissible short-circuit currents, taking into account non-adiabatic heating effects.

	HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS PEGASO (31 MW - 124 MWh)	PEGA-SOL-AL-PE-CAL-0001- A02					
	PROYECTO DE EJECUCIÓN CALCULOS ELÉCTRICOS MEDIA TENSIÓN						
		Rev.:	00	Página	7	de	16

3 DATOS TÉCNICOS DE PARTIDA MEDIA TENSIÓN

3.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA RED

La red de media tensión conecta los sistemas de almacenamiento en baterías con la subestación.. Las características principales de la red de media tensión en 30 kV del sistema de almacenamiento en baterías son las siguientes:

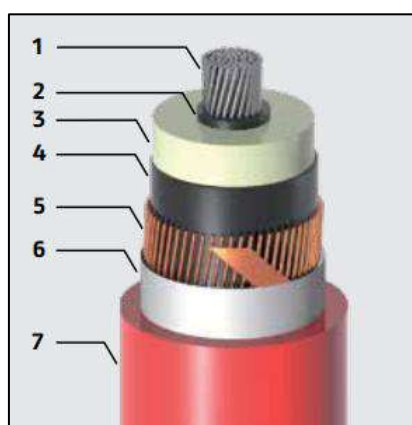
Tensión nominal	30 kV
Frecuencia	50 Hz
Disposición de la instalación	Directamente enterrado
Configuración	Trébol

Características de la red de media tensión

3.2 DESCRIPCIÓN DEL CABLE SUBTERRÁNEO

Los cables empleados serán unipolares del tipo RHZ1-OL AL 18/30 kV, conductor de aluminio, de sección 630 mm² aislamiento de polietileno reticulado, tipo DIX-3 según la norma HD 620-1, con pantalla metálica en fleje de aluminio y cubierta exterior de poliolefina termoplástica.

Presenta las siguientes características constructivas:



- Conductor (1) Aluminio de clase 2 según UNE-EN 60228.
- Pantalla semiconductora interior (2) Semiconductor extruido.
- Aislamiento (3) Polietileno reticulado (XLPE).

	HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS PEGASO (31 MW - 124 MWh)		PEGA-SOL-AL-PE-CAL-0001- A02				
	PROYECTO DE EJECUCIÓN CALCULOS ELÉCTRICOS MEDIA TENSIÓN						
	Rev.:	00	Página	8	de	16	

- Pantalla semiconductora exterior (4) Semiconductor extruido separable en frío
- Pantalla metálica (5) Hilos de cobre con cinta.
- Protección contra el agua (6) Obturación longitudinal con cinta hinchante.
- Cubierta externa (7) Poliolefina tipo DMZ1. Color rojo.

Los valores de las resistencias de los conductores a su temperatura máxima de operación (90°C) y de las reactancias inductivas son:

Parámetros eléctricos	Sección (mm ²)
	630
Resistencia corriente alterna (Ω/km)	0,0636
Reactancia inductiva (Ω/km)	0,1

Parámetros eléctricos cables media tensión

3.3 CIRCUITOS

Los circuitos que conforman el sistema de almacenamiento en baterías son recogidos en las siguientes tablas:

	Origen	Destino	Longitud (m)	Sección (mm ²)
CIRCUITO 1	Skid MT 1	Skid MT 2	16	3x1x630 mm ²
CIRCUITO 1	Skid MT 2	Skid MT 3	16	3x1x630 mm ²
CIRCUITO 1	Skid MT 3	Skid MT 4	74	3x1x630 mm ²
CIRCUITO 1	Skid MT 4	Skid MT 5	16	3x1x630 mm ²
CIRCUITO 1	Skid MT 5	Skid MT 6	16	3x1x630 mm ²
CIRCUITO 1	Skid MT 6	Skid MT 7	16	3x2x630 mm ²
CIRCUITO 1	Skid MT 7	Skid MT 8	16	3x2x630 mm ²
CIRCUITO 1	Skid MT 8	S.E. PEGASO	28	3x2x630 mm ²





HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS PEGASO (31 MW - 124 MWh)

PROYECTO DE EJECUCIÓN CALCULOS ELÉCTRICOS MEDIA TENSIÓN

PEGA-SOL-AL-PE-CAL-0001-
A02

Rev.: 00 | Página 9 de 16

4 CRITERIOS DE DISEÑO MEDIA TENSIÓN

Para la selección de las secciones más adecuadas, se ha tenido en consideración el cumplimiento de la normativa, así como las características eléctricas que deben cumplir.

El dimensionamiento del cable de Media Tensión consiste en calcular la sección mínima normalizada que cumpla simultáneamente las siguientes condiciones:

- Criterio de la intensidad máxima admisible o de calentamiento
- Criterio de la caída de tensión
- Criterio de la Intensidad máxima de cortocircuito

El método de instalación de los circuitos será directamente enterrado, con una resistividad térmica del terreno de 2 K·m/W, temperatura del terreno de 25°C y enterrado a una profundidad de 0,8 m. En el caso de existir más de una terna por zanja, la separación entre ellas será de 20 cm o 40 cm, dependiente de cada caso. El número máximo de ternas por zanja será de tres ternas.

4.1 INTENSIDAD MÁXIMA ADMISIBLE O DE CALENTAMIENTO

La intensidad máxima calculada para el diseño de la línea viene dada por la expresión:

$$I_{\text{cálculo}} = S / (\sqrt{3} \times U)$$

Siendo:

S = potencia máxima a transportar en kVA

U = tensión en kV

La corriente máxima admisible por los cables depende de una serie de factores, de sus características constructivas, así como de las características del terreno. Para su cálculo se utiliza la siguiente fórmula:

$$I_{\text{max.adm}} = Ft \cdot Fr \cdot Fnt \cdot Fp \cdot Iz$$

donde:

- Ft ≡ factor de corrección debido a la temperatura del terreno.
- Fr ≡ factor de corrección debido a la resistividad térmica del terreno.
- Fnt ≡ factor de corrección debido al número de ternas por circuito.
- Fp ≡ factor de corrección debido a la profundidad de enterramiento de los circuitos.
- Iz = Intensidad máxima admisible que puede transportar el conductor antes de aplicar los factores de corrección, o en condiciones estándar.

Las secciones finales seleccionadas deben cumplir con el siguiente criterio:

$$I_{\text{cálculo}} < I_{\text{máx.adm}}$$

Las condiciones para este cálculo son las siguientes:



Temperatura del terreno	25 °C
Resistividad térmica del terreno	2 K·m/W
Distancia entre ternas	20 cm y 40 cm
Método de instalación	Directamente enterrado
Profundidad	0,8 m

En las siguientes tablas que se muestran la intensidad admisible en condiciones estándar de los conductores atendiendo a su material de aislamiento y, posteriormente, los correspondientes factores de corrección a aplicar para las condiciones reales de la instalación objeto de este documento.

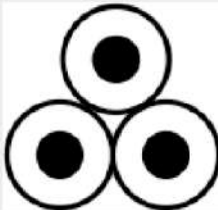
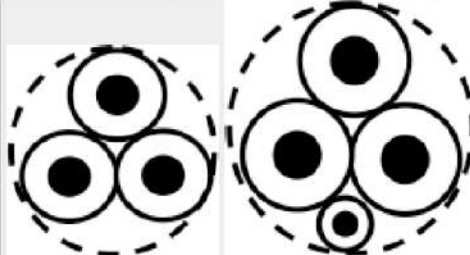
Sección nominal mm ²	Terna de cables unipolares (1) (2)			1 cable tripolar o tetrapolar (3)		
						
	Tipo de aislamiento					
	XLPE	EPR	PVC	XLPE	EPR	PVC
16	97	94	86	90	86	76
25	125	120	110	115	110	98
35	150	145	130	140	135	120
50	180	175	155	165	160	140
70	220	215	190	205	220	170
95	260	255	225	240	235	210
120	295	290	260	275	270	235
150	330	325	290	310	305	265
185	375	365	325	350	345	300
240	430	420	380	405	395	350
300	485	475	430	460	445	395
400	550	540	480	520	500	445
500	615	605	525	—	—	—
630	690	680	600	—	—	—

Tabla 1: Intensidades máximas admisibles (A) en servicio permanente y con corriente alterna. Cables unipolares aislados de hasta 18/30 kV directamente enterrados.

4.2 FACTOR DE CORRECCIÓN POR TEMPERATURA DEL TERRENO:

Dependerá de la temperatura del terreno considerada y de la naturaleza del aislamiento. Cuando la temperatura del terreno del proyecto de la planta solar es diferente a 25°C, la corriente admisible del cable se debe corregir según los valores de la siguiente tabla:

Temperatura de servicio Θ_s (°C)	Temperatura del terreno, Θ_t , en °C								
	10	15	20	25	30	35	40	45	50
90	1.11	1.07	1.04	1	0.96	0.92	0.88	0.83	0.78
70	1.15	1.11	1.05	1	0.94	0.88	0.82	0.75	0.67

Tabla 2: Factores de corrección para temperaturas de terreno diferentes de 25°C

4.3 FACTOR DE CORRECCIÓN POR RESISTIVIDAD TÉRMICA:

Depende de la capacidad del terreno para disipar calor. Si el valor de la resistividad térmica del terreno donde se va a instalar la planta es diferente a 1 K.m/W entonces su el valor de la corriente admisible del cable se ha de corregir con los valores que se obtienen de la tabla mostrada a continuación:

Tipo de cable	Resistividad térmica del terreno, en K. m/W										
	0.80	0.85	0.90	1	1.10	1.20	1.40	1.65	2.00	2.50	2.80
Unipolar	1.09	1.06	1.04	1	0.96	0.93	0.87	0.81	0.75	0.68	0.66
Tripolar	1.07	1.05	1.03	1	0.97	0.94	0.89	0.84	0.78	0.71	0.69

Tabla 3: Factores de corrección para valores de resistividad térmica del terreno diferentes de 1 K.m/W

4.4 FACTOR DE AGRUPAMIENTO:

Es debido al calentamiento mutuo que se produce entre los cables que coinciden en la misma canalización ya que crea más dificultades para la disipación de calor. Dependerá de la tipología de la canalización, número y tipo de cables que discurren por ella.

Factor de corrección								
Separación entre los cables o ternas	Número de cables o ternas de la zanja							
	2	3	4	5	6	8	10	12
D=0 (en contacto)	0,80	0,70	0,64	0,60	0,56	0,53	0,50	0,47
d= 0,07 m	0,85	0,75	0,68	0,64	0,6	0,56	0,53	0,50
d= 0,10 m	0,85	0,76	0,69	0,65	0,62	0,58	0,55	0,53
d= 0,15 m	0,87	0,77	0,72	0,68	0,66	0,62	0,59	0,57
d= 0,20 m	0,88	0,79	0,74	0,70	0,68	0,64	0,62	0,60
d= 0,25 m	0,89	0,80	0,76	0,72	0,70	0,66	0,64	0,62

	HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS PEGASO (31 MW - 124 MWh)		PEGA-SOL-AL-PE-CAL-0001- A02					
	PROYECTO DE EJECUCIÓN CALCULOS ELÉCTRICOS MEDIA TENSIÓN							
		Rev.:	00	Página	12	de	16	

Tabla 4: Factores de corrección para más de una terna de cables por zanja

4.5 FACTOR DE PROFUNDIDAD:

Cuando la profundidad de instalación es diferente a 1 metro, la intensidad máxima admisible se debe corregir con los siguientes valores dependiendo del método de instalación y de la sección del cable:

Profundidad de instalación (m)	0,4	0,5	0,6	0,7	0,80	0,90	1,00	1,20
Factor de corrección	1,03	1,02	1,01	1	0,99	0,98	0,97	0,95

Tabla 5: Factores de corrección para profundidades de instalación diferentes de 1 metro

4.6 CAÍDAS DE TENSIÓN.

Se establece una caída de tensión máxima de 0,5% entre el sistema de almacenamiento en baterías y el centro de seccionamiento.

El cálculo de la caída de tensión se realiza mediante la siguiente fórmula:

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot I \cdot L \cdot (R \cdot \cos \varphi + X \cdot \sin \varphi)$$

donde:

- $I \equiv$ corriente nominal (A)
- $R \equiv$ resistencia del conductor en corriente alterna (Ω/km)
- $X \equiv$ reactancia media para el circuito (Ω/km)
- $L \equiv$ longitud de la línea (km)
- $\cos \varphi \equiv$ factor de potencia

La caída de tensión porcentual será:

$$\Delta U (\%) = \Delta U / U_{\text{nominal}}$$

4.7 CRITERIO DE LA INTENSIDAD MÁXIMA DE CORTOCIRCUITO

La capacidad de corriente en condiciones de cortocircuito para los conductores seleccionados deberá ser superior al nivel de cortocircuito máximo acontecido en la planta. Esto deberá cumplirse para cada una de las secciones seleccionadas.

	HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS PEGASO (31 MW - 124 MWh)	PEGA-SOL-AL-PE-CAL-0001- A02					
	PROYECTO DE EJECUCIÓN CALCULOS ELÉCTRICOS MEDIA TENSIÓN						
		Rev.:	00	Página	13	de	16

Las líneas subterráneas tendrán una tensión de funcionamiento de 30 kV, así que tanto el aislamiento del cable y accesorios como las restantes características eléctricas corresponderán a esta tensión para la red de distribución interna del sistema de almacenamiento en media tensión.

Con la sección del conductor se determinará la máxima intensidad de cortocircuito mediante las fórmulas pertenecientes a la norma IEC 60949:

$$I = I_{cc} \cdot \epsilon$$

Con:

- $I \equiv$ corriente de cortocircuito máxima admisible (A)
- $I_{cc} \equiv$ corriente de cortocircuito adiabática (A)
- $\epsilon \equiv$ factor que contempla las pérdidas de calor en los componentes adyacentes.

La corriente de cortocircuito adiabática se determina mediante la siguiente expresión:

$$I_{cc}^2 = \frac{1}{t} \left[S^2 \cdot K^2 \cdot \ln \left(\frac{\theta_f + \beta}{\theta_i + \beta} \right) \right]$$

Con:

- $S \equiv$ sección del conductor (mm²)
- $t \equiv$ tiempo de duración del cortocircuito (s)
- $K \equiv$ constante dependiente del material conductor. Al = 148 A·s^{1/2}/mm² y Cu = 226 A·s^{1/2}/mm²
- $\theta_f \equiv$ temperatura límite de cortocircuito.
- $\theta_i \equiv$ temperatura límite para servicio continuo.
- $\beta \equiv$ inverso del coeficiente de variación de la resistencia con la temperatura del conductor. Al=228 K y Cu = 234,5 K.

El conductor es de aluminio, por lo que se tomarán las constantes propias de este material y un tiempo de cortocircuito de 0,5 segundos.

$$I_{cc} = \sqrt{\frac{1}{t} \cdot \left[S^2 \cdot K^2 \cdot \ln \left(\frac{\theta_f + \beta}{\theta_i + \beta} \right) \right]}$$

- Factor debido a las pérdidas de calor en el conductor.

	HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS PEGASO (31 MW - 124 MWh)		PEGA-SOL-AL-PE-CAL-0001-A02					
	PROYECTO DE EJECUCIÓN CALCULOS ELÉCTRICOS MEDIA TENSIÓN		Rev.:	00	Página	14	de	16

$$\varepsilon = \sqrt{1 + X \cdot \sqrt{\frac{t}{S}} + Y \cdot \left(\frac{t}{S}\right)}$$

Con:

- $\varepsilon \equiv$ factor que considera las pérdidas térmicas en el conductor
- X e Y $\equiv$ factores dependientes de los materiales adyacentes. X = 0,44 (mm²/s)^{1/2} e Y = 0,1 mm²/s para el aluminio.
- t $\equiv$ tiempo de duración de cortocircuito (s)
- S $\equiv$ sección del conductor (mm²)

	HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS PEGASO (31 MW - 124 MWh)		PEGA-SOL-AL-PE-CAL-0001-A02				
	PROYECTO DE EJECUCIÓN CALCULOS ELÉCTRICOS MEDIA TENSIÓN						
			Rev.:	00	Página	15	de

5 RESULTADOS

Los resultados obtenidos se muestran en la siguiente tabla:

CÁLCULO CAÍDA DE TENSIÓN Y PÉRDIDAS DE POTENCIA

										1,00%							CAÍDA DE TENSIÓN			PÉRDIDA DE POTENCIA		
	TRAMO	TENSIÓN (KV)	POTENCIA APARENTE (KVA)	INTENSIDAD (A)	Nº conductores/fase	Cos(φ)	Sen(φ)	Longitud (m)	Longitud Z (m)	+ (%) Desviaciones	Longitud total (m)	Sección (mm2)	Tª del cable (°C)	Resistencia Cable a 20°C (ohm/km)	Resistencia Cable Tª de servicio (ohm/km)	Reactancia (Ohm/km)	Caída de tensión (V)	Caída de tensión (%)	CAÍDA DE TENSIÓN TOTAL (%)	Pérdidas de potencia (W)	Pérdidas de potencia (%)	PÉRDIDA DE POTENCIA TOTAL (%)
CIRCUITO 1	MV51 - MV52	30	5.040	96,99	1	0,95	0,31	16,35	4	0,20	20,55	630	27,26	0,046	0,047	0,095	0,26	0,00%	0,03%	26	0,00%	0,02%
	MV52-MV53	30	10.080	193,99	1	0,95	0,31	16,35	4	0,20	20,55	630	34,06	0,046	0,049	0,095	0,52	0,00%		107	0,00%	
	MV53-MV54	30	14.100	271,35	1	0,95	0,31	73,50	4	0,78	78,28	630	42,72	0,046	0,050	0,095	2,85	0,01%		825	0,01%	
	MV54-MV55	30	17.100	329,09	1	0,95	0,31	16,35	4	0,20	20,55	630	51,06	0,046	0,052	0,095	0,92	0,00%		329	0,00%	
	MV56-MV57	30	20.100	386,82	1	0,95	0,31	16,35	4	0,20	20,55	630	61,01	0,046	0,054	0,095	1,11	0,00%		470	0,00%	
	MV56-MV57	30	25.140	483,82	2	0,95	0,31	16,35	4	0,20	20,55	630	45,94	0,046	0,051	0,095	0,67	0,00%		349	0,00%	
	MV57-MV58	30	28.140	541,55	2	0,95	0,31	16,35	4	0,20	20,55	630	51,24	0,046	0,052	0,095	0,76	0,00%		445	0,00%	
	MV58-SET	30	31.140	599,29	2	0,95	0,31	28,03	4	0,32	32,35	630	57,13	0,046	0,053	0,095	1,34	0,00%		876	0,00%	

CÁLCULO DE I max admisible

				0,01												INTENSIDAD MÁXIMA ADMISIBLE					
	TRAMO	Longitud (m)	Longitud Z (m)	+ (%) Desviaciones	Longitud total (m)	Nº conductores por fase	Sección (mm2)	Temperatura terreno (°C)	Factor de corrección por la Temperatura terreno	Resistividad del terreno (Kxm/W)	Factor de corrección por resistividad térmica	Agrupamiento de circuitos	Distancia entre circuitos	Factor de corrección por agrupamiento	Profundidad de instalación	Factor de corrección Profundidad de instalación	I adm.cable (A)	I max adm.cable (A)	I línea (A)	COMPROBACIÓN I línea < I max adm.	I línea/I max.ad cable (%)
CIRCUITO 1	MV51-MV52	16,35	4	0,20	21	1	630	25	1	2	0,87	1	0,2	1	0,8	1,03	580	519,74	96,99	CUMPLE	18,7%
	MV52-MV53	16,35	4	0,20	21	1	630	25	1	2	0,87	1	0,2	1	0,8	1,03	580	519,74	193,99	CUMPLE	37,3%
	MV53-MV54	73,50	4	0,78	78	1	630	25	1	2	0,87	1	0,2	1	0,8	1,03	580	519,74	271,35	CUMPLE	52,2%
	MV54-MV55	16,35	4	0,20	21	1	630	25	1	2	0,87	1	0,2	1	0,8	1,03	580	519,74	329,09	CUMPLE	63,3%
	MV56-MV57	16,35	4	0,20	21	1	630	25	1	2	0,87	1	0,2	1	0,8	1,03	580	519,74	386,82	CUMPLE	74,4%
	MV56-MV57	16,35	4	0,20	21	2	630	25	1	2	0,87	2	0,2	0,82	0,8	1,03	1160	852,37	483,82	CUMPLE	56,8%
	MV57-MV58	16,35	4	0,20	21	2	630	25	1	2	0,87	2	0,2	0,82	0,8	1,03	1160	852,37	541,55	CUMPLE	63,5%
	MV58-SET	28,03	4	0,32	32	2	630	25	1	2	0,87	2	0,2	0,82	0,8	1,03	1160	852,37	599,29	CUMPLE	70,3%

CÁLCULO POR Icc

				1,0%						INTENSIDAD MÁXIMA DE CORTOCIRCUITO						
	TRAMO	Longitud (m)	Longitud Z (m)	(+) Desviaciones	Longitud total (m)	Nº conductores/fase	Sección (mm2)	Temperatura max. Admisible en cortocircuito (°C)	Temperatura inicial (°C)	Temperatura max. Admisible en operación (°C)	Duración del cortocircuito (s)	Icc (A)	Sección mínima por cortocircuito (mm2)	Scc: Sección normalizada inmediatamente superior (mm2)	COMPROBACIÓN Scc <= S escogida	
CIRCUITO 1	MV51 - MV52	16,35	4	0,20	20,5535	1	630	250,00	90	90	0,5	20000	148,865	150	CUMPLE	
	MV52-MV53	16,35	4	0,20	20,5535	1	630	250,00	90	90	0,5	20000	148,865	150	CUMPLE	
	MV53-MV54	73,5	4	0,78	78,275	1	630	250,00	90	90	0,5	20000	148,865	150	CUMPLE	
	MV54-MV55	16,35	4	0,20	20,5535	1	630	250,00	90	90	0,5	20000	148,865	150	CUMPLE	
	MV56-MV57	16,35	4	0,20	20,5535	1	630	250,00	90	90	0,5	20000	148,865	150	CUMPLE	
	MV56-MV57	16,35	4	0,20	20,5535	2	630	250,00	90	90	0,5	20000	148,865	150	CUMPLE	
	MV57-MV58	16,35	4	0,20	20,5535	2	630	250,00	90	90	0,5	20000	148,865	150	CUMPLE	
	MV58-SET	28,03	4	0,32	32,3503	2	630	250,00	90	90	0,5	20000	148,865	150	CUMPLE	



	HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS PEGASO (31 MW - 124 MWh)	PEGA-SOL-AL-PE-CAL-0001- A02					
	PROYECTO DE EJECUCIÓN CALCULOS ELÉCTRICOS MEDIA TENSIÓN	Rev.:	00	Página	16	de	16

6 CONCLUSIONES

Después del diseño de la media tensión se ha decidido sobredimensionar los conductores por razones de unificación de suministro, disminución de pérdidas de potencia y de caída de tensión, se instalarán conductores de 630 mm², y en los casos en los que un solo conductor por fase no cumple alguno de los criterios de cálculo se instalarán dos conductores por fase.

PROYECTO



**Sistema de Almacenamiento en Baterías de la Planta
Fotovoltaica PEGASO SOLAR**

**Municipio de Valladolid, Provincia de Valladolid
(España)**

TITULO

**HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO
EN BATERÍAS AAAAAAAAAA
(31 MW - 124 MWh)**

PROYECTO DE EJECUCIÓN CALCULOS ELÉCTRICOS RED DE TIERRAS

Nº DE DOCUMENTO

PEGA-SOL-AL-PE-CAL-0001-A03

Nº REVISION	00	DOCUMENTO EMITIDO PARA:	LEGALIZACIÓN
FECHA EMISIÓN	11/07/2025		

M.R.L.	L.G.C.	J.S.G.V.
Preparado por	Revisado por	Aprobado por

Este documento, así como los contenidos y los signos distintivos aparecidos en el mismo, excepto indicación expresa en contrario, son propiedad expresa de Solaria Energía y Medio Ambiente, S.A., o dispone de las licencias necesarias, por lo que se encuentran protegidos por los derechos de propiedad industrial e intelectual conforme a la legislación española. Se autoriza su reproducción exclusivamente para uso privado y se prohíbe, salvo autorización expresa, la reproducción de todo o parte del mismo en cualquier forma.



	HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS AAAAAA (31 MW - 124 MWh)		PEGA-SOL-AL-PE-CAL-0001-A03			
	PROYECTO DE EJECUCIÓN CALCULOS ELÉCTRICOS RED DE TIERRAS		Rev.:	00	Página	2 de 15

RESUMEN DE REVISIONES

Revisión	Fecha	Descripción de los cambios
00	11/07/2025	Documento nuevo

	HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS AAAAAAAAAA (31 MW - 124 MWh)		PEGA-SOL-AL-PE-CAL-0001- A03				
	PROYECTO DE EJECUCIÓN CALCULOS ELÉCTRICOS RED DE TIERRAS						
	Rev.:	00	Página	3	de	15	

ANEXO III CÁLCULOS ELÉCTRICOS RED DE TIERRAS

	HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS AAAAAAAAAA (31 MW - 124 MWh)		PEGA-SOL-AL-PE-CAL-0001-A03					
	PROYECTO DE EJECUCIÓN CALCULOS ELÉCTRICOS RED DE TIERRAS							
			Rev.:	00	Página	4	de	15

INDICE

1	OBJETO	5
2	NORMATIVA RELACIONADA RED DE TIERRAS	6
3	DATOS DE ENTRADA	7
4	CÁLCULOS DE DIMENSIONADO DE LA RED DE TIERRA DEL CT	8
4.1.1	CÁLCULOS DE LAS MÁXIMAS TENSIONES DE PASO Y DE CONTACTO ADMISIBLES	8
4.2	DIMENSIONADO DE LA MALLA DE TIERRA DEL CONTENEDOR DE MEDIA TENSION	10
4.3	CÁLCULO DE LA MÁXIMA CORRIENTE MONOFÁSICA A TIERRA.....	11
4.4	COMPROBACIÓN DE LAS TENSIONES DE PASO Y DE CONTACTO	11

	HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS AAAAAA (31 MW - 124 MWh)		PEGA-SOL-AL-PE-CAL-0001- A03					
	PROYECTO DE EJECUCIÓN CALCULOS ELÉCTRICOS RED DE TIERRAS		Rev.:	00	Página	5	de	15

1 OBJETO

El presente anexo se realiza con el objeto de mostrar los cálculos eléctricos correspondientes al dimensionado de la red de tierra de los centros de transformación del sistema de almacenamiento en baterías que después se conectarán con la subestación.

Para la elección final de la malla de tierra se realizan los cálculos indicados en el procedimiento ITC RAT y en la IEEE Std 80-2000.

	HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS AAAAAAAA (31 MW - 124 MWh)	PEGA-SOL-AL-PE-CAL-0001- A03					
	PROYECTO DE EJECUCIÓN CALCULOS ELÉCTRICOS RED DE TIERRAS	Rev.:	00	Página	6	de	15

2 NORMATIVA RELACIONADA RED DE TIERRAS

- ITC-RAT 13: Instrucción Técnica Complementaria del Reglamento de Alta Tensión
- UNE-EN 60228:2005: Conductores de cables aislados.
- IEC 60364:2011: Instalaciones eléctricas de baja tensión.
- IEC 61643-11:2013: Dispositivos de protección contra sobretensiones transitorias de baja tensión. Parte 11: Dispositivos de protección contra sobretensiones transitorias conectados a sistemas eléctricos de baja tensión. Requisitos y métodos de ensayo.
- IEC 61140:2016: Protección contra los choques eléctricos. Aspectos comunes a las instalaciones y a los equipos.
- RBT - Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión
- ITC-BT 21: Instalaciones interiores o receptoras. Tubos y canales protectoras
- ITC-BT 18: Instalaciones de puesta a tierra.
- UNE 36092:2014: Mallas electrosoldadas de acero para uso estructural en armaduras de hormigón armado. Mallas electrosoldadas fabricadas con alambres de acero B 500 T.

	HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS AAAAAAAA (31 MW - 124 MWh)		PEGA-SOL-AL-PE-CAL-0001-A03					
	PROYECTO DE EJECUCIÓN CALCULOS ELÉCTRICOS RED DE TIERRAS		Rev.:	00	Página	7	de	15

3 DATOS DE ENTRADA

Características del terreno

ps: Resistividad del terreno	100 $\Omega \cdot m$
ps_grava: Resistividad de la capa de grava	3.000 $\Omega \cdot m$

Características eléctricas del contenedor de MT

Tipo de instalaciones del neutro	Neutro aislado
U: Tensión de servicio	30 kV
Unbt: Tensión de aislamiento BT	8 kV
t: Tiempo de despeje de la falta de las protecciones	0,5 s
Dimensiones del contenedor de media tensión	6,058 x 2,896 x 2,438 m

	HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS AAAAAAAA (31 MW - 124 MWh)	PEGA-SOL-AL-PE-CAL-0001- A03					
	PROYECTO DE EJECUCIÓN CALCULOS ELÉCTRICOS RED DE TIERRAS						
		Rev.:	00	Página	8	de	15

4 CÁLCULOS DE DIMENSIONADO DE LA RED DE TIERRA DEL CONTENEDOR MT

A continuación, se reportan los cálculos de dimensionado de la red tierra de un contenedor de media tensión aislado con transformador en intemperie según el procedimiento ITC RAT-13.

4.1.1 CÁLCULOS DE LAS MÁXIMAS TENSIONES DE PASO Y DE CONTACTO ADMISIBLES

En función del tiempo de despeje de la falta el Reglamento proporciona los valores de máxima tensión de paso y de contacto admisible por el cuerpo humano.

$$0,1 < t \leq 0,9 \text{ s} \rightarrow k = 72 ; n = 1$$

$$0,9 < t \leq 3 \text{ s} \rightarrow k = 78,5 ; n = 0,18$$

$$3 < t \leq 5 \text{ s} \rightarrow U_{ca} = 64 \text{ V} ; U_{pa} = 640 \text{ V}$$

$$t > 5 \text{ s} \rightarrow V_{ca} = 50 \text{ V} ; V_{pa} = 500 \text{ V}$$

Así,

$$U_c = U_{ca} \left[1 + \frac{R_{a1} + R_{a2}}{2 Z_B} \right] = U_{ca} \left[1 + \frac{\frac{R_{a1}}{2} + 1,5 \rho_s}{1000} \right]$$

$$U_p = U_{pa} \left[1 + \frac{2R_{a1} + 2R_{a2}}{Z_B} \right] = 10 U_{ca} \left[1 + \frac{2R_{a1} + 6\rho_s}{1000} \right]$$

Donde:

R_{a1} : resistencia del calzado; 2.000 Ω .

ρ_s : resistividad superficial del terreno.

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

U_{pa} : Tensión de paso aplicada admisible, la tensión a la que puede estar sometido el cuerpo humano entre los dos pies. ($U_{pa}=10 U_{ca}$).

	HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS AAAAAA (31 MW - 124 MWh)		PEGA-SOL-AL-PE-CAL-0001-A03					
	PROYECTO DE EJECUCIÓN CALCULOS ELÉCTRICOS RED DE TIERRAS		Rev.:	00	Página	9	de	15

La resistividad superficial del terreno se determina multiplicando la resistividad del terreno por el siguiente coeficiente que contempla la terminación superficial del mismo:

$$C_s = 1 - 0,106 \cdot \left(\frac{1 - \frac{\rho}{\rho^*}}{2h_s + 0,106} \right)$$

Donde:

hs: Espesor de la capa superficial.

ρ^* : Resistividad eléctrica de la capa superficial

El contenedor de media tensión presenta en su superficie una capa de grava de 30 cm de espesor.

El valor admisible de la tensión de contacto será de 204 V, para un tiempo de despeje de la falla de 0,5 s, conforme a la tabla:

Duración de la corriente de falta, t_f (s)	Tensión de contacto aplicada admisible, Uca (V)
0.05	735
0.10	633
0.20	528
0.30	420
0.40	310
0.50	204
1.00	107
2.00	90
5.00	81
10.00	80
> 10.00	50

Así se obtienen los siguientes valores:

$$U_c = 1.029 \text{ V}$$

$$U_p = 35.048 \text{ V}$$

	HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS AAAAAAAA (31 MW - 124 MWh)		PEGA-SOL-AL-PE-CAL-0001-A03				
	PROYECTO DE EJECUCIÓN CALCULOS ELÉCTRICOS RED DE TIERRAS						
		Rev.:	00	Página	10	de	15

En los próximos apartados se comprobará que con el sistema de puesta a tierra elegido los valores de U'_p y U'_c existentes en la instalación sean inferiores a los máximos admisibles U_c y U_p .

4.2 DIMENSIONADO DE LA MALLA DE TIERRA DEL CONTENEDOR DE MEDIA TENSIÓN

Se diseña una malla de tierra rectangular de dimensiones 76,4 x 47,2 metros, con las siguientes características:

Características de la malla de tierra del centro de transformación

Dimensiones malla de tierra	76,4 x 47,2 m
Profundidad de instalación	0,8 m
Número de picas	4
Longitud de las picas	4 m

Se calcula primeramente la resistencia de puesta a tierra de la malla propuesta:

$$R_g = \rho \times \left[\frac{1}{L_T} + \frac{1}{\sqrt{20 \times A}} \times \left(1 + \frac{1}{1 + h \times \sqrt{\frac{20}{A}}} \right) \right] = 10,57 \, \Omega$$

Donde:

A: Superficie cubierta por la malla de tierras.

L_T : Longitud total del conductor enterrado incluyendo las picas.

h: Profundidad de instalación de la malla de tierras.

En los próximos apartados se verificará si las características de esta malla permiten cumplir con los requisitos de tensión de paso y de contacto.

	HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS AAAAAAAA (31 MW - 124 MWh)		PEGA-SOL-AL-PE-CAL-0001-A03					
	PROYECTO DE EJECUCIÓN CALCULOS ELÉCTRICOS RED DE TIERRAS		Rev.:	00	Página	11	de	15

4.3 CÁLCULO DE LA MÁXIMA CORRIENTE MONOFÁSICA A TIERRA

El sistema presenta un neutro aislado, por lo tanto, la corriente monofásica a tierra es determinada por la capacidad de la red. De las simulaciones y cálculos de corriente de cortocircuito, se puede establecer de manera bastante conservadora que la corriente de fallo a tierra en el contenedor de media tensión es de:

$$I_g = 315 A$$

4.4 COMPROBACIÓN DE LAS TENSIONES DE PASO Y DE CONTACTO

En este apartado se comprueba si con la malla elegida las tensiones de paso y contacto son inferiores a las máximas admisibles calculadas anteriormente.

Los valores de las tensiones de paso y contacto que presenta el contenedor de media tensión son los siguientes:

$$U'_c = \frac{\rho \cdot K_m \cdot K_i \cdot I_g}{L_M}$$

$$U'_p = \frac{\rho \cdot K_s \cdot K_i \cdot I_g}{L_S}$$

Donde, para la malla diseñada, los coeficientes toman los siguientes valores:

$$K_m = 0,059$$

$$K_s = 0,224$$

$$L_M = 7 \text{ m}$$

$$L_S = 3 \text{ m}$$

Por lo que se obtienen los siguientes valores de paso y contacto:

$$U'_c = 313,1 V$$

$$U'_p = 2774,1 V$$

Cabe destacar que se ha realizado el cálculo de dimensionado de la red de tierra de un contenedor de media tensión aislado. En la realidad, los centros de transformación del sistema de almacenamiento se interconectarán entre sí y con la red de tierra general de tierras de la planta, por lo tanto, la resistencia de la puesta a tierra será aún menor con respecto a la

	HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS AAAAAAAA (31 MW - 124 MWh)		PEGA-SOL-AL-PE-CAL-0001-A03					
	PROYECTO DE EJECUCIÓN CALCULOS ELÉCTRICOS RED DE TIERRAS		Rev.:	00	Página	12	de	15

calculada en esta memoria, así como las tensiones de paso y contacto reales de la instalación, habiéndose calculado el caso más desfavorable posible.

4.5 JUSTIFICACIÓN DE LA UNION DE TIERRAS

Si se opta por un sistema único de protección y servicio con puestas a tierra interconectadas, implica que el neutro de baja tensión (BT) de los transformadores se vincula al electrodo de protección. Esta configuración requiere garantizar que la tensión de defecto que pueda aparecer en dicho electrodo no sobrepase la Ud calculada en función de las características de corte de la subestación, tal como establece el reglamento.

Según lo indicado en el capítulo 11 de la ITC-BT-18: "la puesta a tierra de la instalación de utilización solo podrá unirse con la puesta a tierra de protección del centro de transformación si el valor de la resistencia de tierra común es suficientemente bajo como para asegurar que, al derivar la máxima corriente de defecto a tierra prevista (I_d) en el centro de transformación, la tensión de defecto resultante ($V_d = I_d \times R_t$) no supere la tensión de contacto máxima permitida, definida en el punto 1.1 de la ITC-RAT-13".

Para verificar este criterio, será necesario calcular previamente la resistencia total de puesta a tierra (R_t) que resulte de la conexión de todos los sistemas de puesta a tierra: las mallas de las Power Stations, los contenedores de baterías, el centro de seccionamiento, el electrodo horizontal de la red de BT, así como las picas que actúan en paralelo en la instalación.

$$R_{\text{malla}} = \frac{\rho}{4 \cdot r} + \frac{\rho}{L}$$

$$R_{\text{picas}} = \frac{\rho}{N_{\text{picas}}^o \cdot L_{\text{pica}}}$$

Siendo ρ la resistividad media del terreno, L la longitud total del electrodo, L_{pica} la longitud de cada pica, r el radio equivalente del círculo cuya área es el área de la malla. Ambas resistencias totales se sumarán en paralelo para obtener la R_t definitiva.

Una vez calculada esta resistencia comprobaremos que la tensión resultante es menor que la máxima tensión de defecto permitida por el sistema.

	HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS AAAAAAAA (31 MW - 124 MWh)	PEGA-SOL-AL-PE-CAL-0001- A03					
	PROYECTO DE EJECUCIÓN CALCULOS ELÉCTRICOS RED DE TIERRAS	Rev.:	00	Página	13	de	15

4.6 RESULTADOS

4.6.1 PUESTA A TIERRA DEL CONTENEDOR DE MEDIA TENSIÓN

Dada la diversidad de situaciones que pueden presentarse en las redes de cada compañía suministradora, en ciertos casos es necesario realizar este cálculo utilizando una intensidad máxima de defecto de carácter empírico y un tiempo máximo de apertura, siendo ambos valores —al igual que los demás parámetros necesarios— facilitados por la propia compañía eléctrica.

Intensidad máxima de defecto:

$$I_{d\ max} = \frac{Un}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{R_n^2 + X_n^2}}$$

Donde:

Un Tensión de servicio [kV]

Rn Resistencia de puesta a tierra del neutro [Ohm]

Xn Reactancia de puesta a tierra del neutro [Ohm]

Id max cal. Intensidad máxima calculada [A]

La Id máx en este caso será:

$$Id\ max\ cal. = 500\ A$$

Cálculo de la intensidad de defecto máxima (Id) y la resistencia máxima de las masas de los contenedores de baterías (RT).

A partir del dato de intensidad de defecto máxima fase-tierra (Idm) de 500 A se determina que la resistencia de puesta a tierra máxima es 24,49 Ω.

4.6.2 SELECCIÓN DEL ELECTRODO

En primer lugar, se calcula el coeficiente mínimo Kr y, posteriormente, se selecciona la configuración más adecuada al sistema planteado.

Se parte de la hipótesis de que el tipo de terreno corresponde a arena arcillosa, cuya resistividad, según la ITC-RAT 13, se sitúa entre 50 y 500 Ω·m. Al tratarse de un terreno húmedo, se adopta un valor bajo de resistividad. Por tanto, se establece un valor intermedio de 75 Ω·m para los cálculos. Dado que existen zonas con resistividad baja (75 Ω·m), se asume que toda la planta presenta esta característica para evitar discrepancias durante la ejecución de la obra. A partir de ello, se calcula el coeficiente Kr:

$$Kr = \frac{24,49}{75} = 0,326$$

	HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS AAAAAAAA (31 MW - 124 MWh)		PEGA-SOL-AL-PE-CAL-0001-A03					
	PROYECTO DE EJECUCIÓN CALCULOS ELÉCTRICOS RED DE TIERRAS		Rev.:	00	Página	14	de	15

Consultando la tabla adjunta anteriormente, se selecciona una configuración de malla de 7 x 3 m. Dentro de esa malla, se elige la configuración que más se aproxima al valor de K_r obtenido; concretamente, la opción 80-40/8/44, que presenta un K_r de 0,059. Esta configuración incluye picas, lo cual aporta mayor seguridad al sistema.

En consecuencia, la malla de puesta a tierra será de 7 x 3 m, con 4 picas de 4 metros de longitud, instaladas a una profundidad de 0,8 metros.

El electrodo de puesta a tierra tendrá una sección de 50 - 95 mm² de cobre.

A continuación, se adoptan los coeficientes correspondientes a la configuración seleccionada:

$$\begin{aligned}
 K'_r &= 0,063 \\
 R'_t &= 4,725 \, \Omega \\
 K'_c(K'_{p-acc} &= 0,0277 \\
 K_p &= 0,0095
 \end{aligned}$$

A partir de estos valores, se procede al cálculo de la nueva intensidad de defecto (I'_d) y de las tensiones de paso y contacto (U'_p y U'_{p-acc}) del electrodo definido.

Los cálculos de puesta a tierra de los contenedores de media tensión se realizarán tomando como valor máximo de resistividad del terreno 75 $\Omega \cdot m$.

Una vez tomados los coeficientes de la configuración escogida y aplicando las fórmulas detalladas en el punto 5.2, 5.3 y 5.4 obtenemos los siguientes resultados:

$$\begin{aligned}
 X_n &= 34,64 \, \Omega \text{ (calculada con la } I_d \text{ inicial)} \\
 I'_d &= 124,25 \, A \\
 U'_p &= 5,17 \, V \\
 U'_{d-acc} &= 14,73 \, V \\
 U'_d &= 587,53 \, V
 \end{aligned}$$

Y a continuación calculamos los valores máximos admisibles por los contenedores para un tiempo máximo de duración de la falta de 1 segundo para comprobar que nuestro electrodo cumple las condiciones necesarias:

$$\begin{aligned}
 U_{BT} &= 10000 \, V > U'_d = 587,53 \, V \rightarrow \text{CUMPLE} \\
 U_{p-acc} &= 11021 \, V > U'_{p-acc} = 14,73 \, V \rightarrow \text{CUMPLE} \\
 U_p &= 2774,1 \, V > U'_p = 5,17 \, V \rightarrow \text{CUMPLE}
 \end{aligned}$$

	HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS AAAAAA (31 MW - 124 MWh)	PEGA-SOL-AL-PE-CAL-0001- A03					
	PROYECTO DE EJECUCIÓN CALCULOS ELÉCTRICOS RED DE TIERRAS	Rev.:	00	Página	15	de	15

5 CONCLUSIONES

El diseño de la red de tierras se ha realizado mediante el cálculo en condiciones más desfavorables y con los equipos más potentes de la instalación, que son los contenedores de media tensión, que portan el transformador, los cálculos han sido realizados tomando como aislado este contenedor, por lo que se han sobredimensionado los conductores y picas de acuerdo a este cálculo, pero la realidad es que las tierras de toda la instalación estarán interconectadas, disminuyendo enormemente los valores de tensión paso y contacto calculados.

PROYECTO



**Sistema de Almacenamiento en Baterías de la Planta
Fotovoltaica PEGASO SOLAR**

**Municipio de Valladolid, Provincia de Valladolid
(España)**

TITULO

**HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO
EN BATERÍAS PEGASO
(31 MW - 124 MWh)**

**PROYECTO DE EJECUCIÓN CALCULOS ELÉCTRICOS CAMPOS
ELECTROMAGNÉTICOS**

Nº DE DOCUMENTO

PEGA-SOL-AL-PE-CAL-0001-A04

Nº REVISION	00	DOCUMENTO	LEGALIZACIÓN
FECHA EMISIÓN	11/07/2025	EMITIDO PARA:	

M.R.L.	L.G.C.	J.S.G.V.
Preparado por	Revisado por	Aprobado por

Este documento, así como los contenidos y los signos distintivos aparecidos en el mismo, excepto indicación expresa en contrario, son propiedad expresa de Solaria Energía y Medio Ambiente, S.A., o dispone de las licencias necesarias, por lo que se encuentran protegidos por los derechos de propiedad industrial e intelectual conforme a la legislación española. Se autoriza su reproducción exclusivamente para uso privado y se prohíbe, salvo autorización expresa, la reproducción de todo o parte del mismo en cualquier forma.



	HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS PEGASO (31 MW - 124 MWh)		PEGA-SOL-AL-PE-CAL-0001- A04				
	PROYECTO DE EJECUCIÓN CALCULOS ELÉCTRICOS CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS						
			Rev.:	00	Página	2	de

RESUMEN DE REVISIONES

Revisión	Fecha	Descripción de los cambios
00	11/07/2025	Documento nuevo

	HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS PEGASO (31 MW - 124 MWh)		PEGA-SOL-AL-PE-CAL-0001- A04					
	PROYECTO DE EJECUCIÓN CALCULOS ELÉCTRICOS CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS							
	Rev.:	00	Página	3	de	31		

ANEXO IV

CÁLCULOS ELÉCTRICOS CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS

	HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS PEGASO (31 MW - 124 MWh)	PEGA-SOL-AL-PE-CAL-0001- A04					
	PROYECTO DE EJECUCIÓN CALCULOS ELÉCTRICOS CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS	Rev.:	00	Página	4	de	31

INDICE

1	OBJETO	5
2	NORMATIVA.....	6
3	DIRECTIVAS TÉCNICAS DE APOYO.....	6
4	LÍMITES MÁXIMOS ADMISIBLES	7
5	NIVELES DE REFERENCIA.....	8
6	DEFINICIONES.....	9
7	MEDIDAS PARA LIMITAR LAS EMISIONES.....	10
8	COMPOSICIÓN DEL EQUIPOS	11
9	CÁLCULO DE CAMPOS MAGNÉTICOS	12
9.1	INFORME DE ANÁLISIS DE SIMULACIÓN ELECTROMAGNÉTICA.....	12
9.2	RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN.....	13
9.2.1	VALOR MÁXIMO DE INTENSIDAD DE CAMPO	20
9.2.2	ANÁLISIS DEL CAMPO ELÉCTRICO	21
9.2.3	ANÁLISIS DEL CAMPO MAGNÉTICO	21
9.2.4	ESTIMACIÓN DEL CAMPO ELECTROMAGNÉTICO.....	24
10	CONCLUSIONES.....	31

	HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS PEGASO (31 MW - 124 MWh)	PEGA-SOL-AL-PE-CAL-0001- A04				
	PROYECTO DE EJECUCIÓN CALCULOS ELÉCTRICOS CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS	Rev.:	00	Página	5	de 31

1 OBJETO

Se realiza a continuación el análisis de las emisiones magnéticas en el entorno exterior inmediato de los centros de transformación, para dar cumplimiento al RD 337/2014 (Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión), donde se indica que se deberán realizar cálculos para comprobar que no se supera el valor establecido en el Real Decreto 1066/2001.

El alcance comprende el cálculo de los niveles máximos del campo magnético que puedan alcanzarse en dicho entorno haciendo una evaluación comparativa con los límites establecidos en la normativa vigente, para asegurar las condiciones de protección a las emisiones radioeléctricas y medidas de protección sanitaria establecidas en dicha normativa.

	HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS PEGASO (31 MW - 124 MWh)	PEGA-SOL-AL-PE-CAL-0001- A04				
	PROYECTO DE EJECUCIÓN CALCULOS ELÉCTRICOS CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS	Rev.:	00	Página	6	de 31

2 NORMATIVA

RD 1066/2001, de 28 de septiembre, por el que se aprueba el Reglamento que establece condiciones de protección del dominio público radioeléctrico, restricciones a las emisiones radioeléctricas y medidas de protección sanitaria frente a emisiones radioeléctricas.

RD 337/2014 de 9 de mayo, por el que se aprueba el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITC - RAT 01 a 23.

3 DIRECTIVAS TÉCNICAS DE APOYO

- ITC-RAT-15: Límites de campo magnético alrededor de instalaciones de alta tensión
- ITC-RAT-20: Requisitos de informes de proyectos de ingeniería
- UNE-CLC/TR 50453 IN: Norma para evaluar campos electromagnéticos alrededor de transformadores

Niveles de Referencia (RD 1066/2001, Tabla 2:

3.1 Niveles de campo.

CUADRO 2

Niveles de referencia para campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos (0 Hz-300 GHz, valores rms imperturbados)

Gama de frecuencia	Intensidad de campo E (V/m)	Intensidad de campo H (A/m)	Campo B (μT)	Densidad de potencia equivalente de onda plana (W/m ²)
0-1 Hz	—	$3,2 \times 10^4$	4×10^4	—
1-8 Hz	10.000	$3,2 \times 10^4/f^2$	$4 \times 10^4/f^2$	—
8-25 Hz	10.000	$4.000/f$	$5.000/f$	—
0,025-0,8 kHz	$250/f$	$4/f$	$5/f$	—
0,8-3 kHz	$250/f$	5	6,25	—
3-150 kHz	87	5	6,25	—
0,15-1 MHz	87	$0,73/f$	$0,92/f$	—
1-10 MHz	$87/f^{1/2}$	$0,73/f$	$0,92/f$	—
10-400 MHz	28	$0,73/f$	0,082	2
400-2.000 MHz	$1,375 f^{1/2}$	$0,0037 f^{1/2}$	$0,0046 f^{1/2}$	$f/200$
2-300 GHz	61	0,16	0,20	10

Nota: Para los campos magnéticos generados a frecuencia industrial (50Hz), el nivel de referencia se establece en 100 microteslas (100 μT).



	HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS PEGASO (31 MW - 124 MWh)	PEGA-SOL-AL-PE-CAL-0001- A04				
	PROYECTO DE EJECUCIÓN CALCULOS ELÉCTRICOS CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS	Rev.:	00	Página	7	de 31

4 LÍMITES MÁXIMOS ADMISIBLES

Los límites establecidos se cumplirán en las zonas en las que puedan permanecer habitualmente las personas y en la exposición a las emisiones de los equipos terminales.

Restricciones básicas. Dependiendo de la frecuencia, se emplearán las siguientes cantidades físicas:

Entre 0 y 1 Hz se proporcionan restricciones básicas de la inducción magnética para campos magnéticos estáticos (0 Hz) y de la densidad de corriente para campos variables en el tiempo de 1 Hz, con el fin de prevenir los efectos sobre el sistema cardiovascular y el sistema nervioso.

Entre 1 Hz y 10 MHz se proporciona restricciones básicas de la densidad de corriente para prevenir los efectos sobre las funciones del sistema nervioso. Este es el ámbito de aplicación de nuestro estudio ya que la frecuencia de la corriente generada son 50 Hz.

Las restricciones básicas para campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos dentro del ámbito de la instalación estudiada es el siguiente:

Gama de frecuencia	Inducción magnética (mT)	Densidad de corriente (mA/m2) rms	SAR medio de cuerpo entero (W/kg)	SAR localizado (cabeza y tronco) W/kg)	SAR localizado (miembros) (W/kg)	Densidad de potencia S (W/m2)
4-1.000 Hz	-	2	-	-	-	-



	HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS PEGASO (31 MW - 124 MWh)	PEGA-SOL-AL-PE-CAL-0001- A04				
	PROYECTO DE EJECUCIÓN CALCULOS ELÉCTRICOS CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS					
		Rev.:	00	Página	8	de 31

5 NIVELES DE REFERENCIA

Los niveles de referencia para limitar la exposición se obtienen a partir de las restricciones básicas, presuponiendo un acoplamiento máximo del campo con el individuo expuesto, con lo que se obtiene un máximo de protección.

Niveles de referencia para campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos:

Gama de frecuencia	Intensidad de campo E (V/m)	Intensidad de campo H (A/m)	Campo B (μT)	Densidad de potencia equivalente de onda plana (W/m ²)
0,025-0.8 kHz	250/f	4/f	5/f	-

La densidad de flujo o inducción magnéticos es una magnitud vectorial (**B**) que da lugar a una fuerza que actúa sobre cargas en movimiento, y se expresa en (T).

En espacios libres y en materiales biológicos, la densidad de flujo o inducción magnética y la intensidad de campo magnético se pueden intercambiar utilizando la equivalencia de $1 \text{ T} = 4\pi 10^{-7} \text{ A/m}$.

Para el caso que nos ocupa y considerando que la frecuencia de red es de 0,05 kHz, los límites máximos de referencia son los siguientes:

- Intensidad de campo E = 5000 V/m
- Intensidad de campo H = 80 A/m
- Campo Magnético B = 100 μT

	HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS PEGASO (31 MW - 124 MWh)	PEGA-SOL-AL-PE-CAL-0001- A04				
	PROYECTO DE EJECUCIÓN CALCULOS ELÉCTRICOS CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS					
		Rev.:	00	Página	9	de 31

6 DEFINICIONES

Los campos eléctricos tienen su origen en diferencias de voltaje: cuanto más elevado sea el voltaje, más fuerte será el campo resultante. Un campo eléctrico existe, aunque no haya corriente.

El campo eléctrico **E** se expresa en voltios por metro (V/m), o su múltiplo en kV/m.

Los campos magnéticos tienen su origen en las corrientes eléctricas: una corriente más fuerte da como resultado un campo magnético más fuerte. También se pueden producir campos magnéticos con imanes permanentes. La intensidad de campo magnético **H** en un punto dado del espacio se define como la fuerza que se ejerce sobre un elemento de corriente situado en dicho punto, y se expresa en amperios por metro (A/m).

Así pues, el campo eléctrico existe siempre que haya cargas eléctricas, mientras que sólo hay campo magnético cuando esas cargas están en movimiento, es decir, cuando hay un flujo de corriente eléctrica. Es más habitual representar el campo magnético mediante la inducción magnética o densidad de flujo magnético **B**.

Este término se relaciona con **H** mediante la permeabilidad magnética μ :

$$B = \mu H$$

La unidad de medida del campo magnético en el Sistema Internacional de unidades es el Tesla (T) o sus fracciones, en particular el microtesla (μ T). En algunos países se utiliza también el Gauss (G). Las equivalencias son las siguientes:

$$1 \text{ T} = 10.000 \text{ G}$$

Una de las propiedades del campo electromagnético es transmitir energía a grandes distancias por medio de ondas, en ausencia de cualquier medio material. Esta energía se asocia con el producto vectorial del campo eléctrico y del magnético. Dicho producto se denomina vector de Poynting (**S**) y representa la densidad de flujo de energía de una onda electromagnética por unidad de tiempo.

La longitud de onda y la frecuencia determinan otra característica importante de los campos electromagnéticos. Las ondas electromagnéticas son transportadas por partículas llamadas cuantos de luz. Los cuantos de luz de ondas con frecuencias más altas (longitudes de onda más cortas) transportan más energía que los de las ondas de menor frecuencia (longitudes de onda más largas).

El sistema eléctrico funciona a una frecuencia extremadamente baja 50 Hz, lo que se denomina 'frecuencia industrial', dentro de la región de las radiaciones no ionizantes del espectro, por lo que transmiten muy poca energía. Además, a frecuencias tan bajas el campo electromagnético no puede desplazarse, lo que implica que desaparece a corta distancia de la fuente que lo genera.



	HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS PEGASO (31 MW - 124 MWh)	PEGA-SOL-AL-PE-CAL-0001- A04				
	PROYECTO DE EJECUCIÓN CALCULOS ELÉCTRICOS CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS	Rev.:	00	Página	10	de 31

7 MEDIDAS PARA LIMITAR LAS EMISIONES

En el diseño de la instalación se consideran los siguientes aspectos que producen una reducción en las emisiones con respecto a no tenerlos en cuenta. Son los siguientes:

- Transformadores dentro del contenedor/skid de MT del cerramiento exterior para evitar emisiones al exterior.
- En la medida de lo posible se distribuirán las acometidas de los cables en diferentes puntos para evitar concentraciones de campo.
- Los cables subterráneos salientes cuentan con una pantalla metálica que atenúa su campo eléctrico, y se agruparán por ternas de forma que el campo magnético generado se compense.



HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS PEGASO (31 MW - 124 MWh)

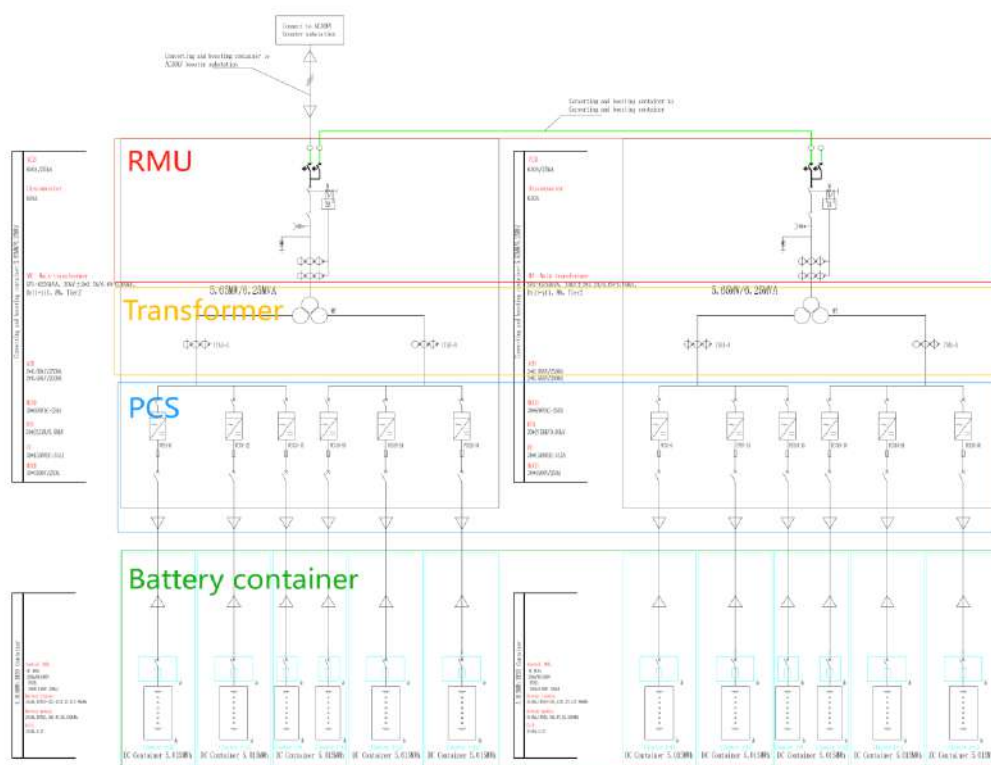
PROYECTO DE EJECUCIÓN CALCULOS ELÉCTRICOS CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS

PEGA-SOL-AL-PE-CAL-0001-A04

Rev.: 00 Página 11 de 31

8 COMPOSICIÓN DEL EQUIPOS

El equipo para el cálculo de emisiones de campo electromagnético y simulación incluye el compartimento de baterías de almacenamiento, el transformador y el inversor de almacenamiento de energía PCS, el armario de anillo y el terminal de salida.



	HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS PEGASO (31 MW - 124 MWh)	PEGA-SOL-AL-PE-CAL-0001- A04					
	PROYECTO DE EJECUCIÓN CALCULOS ELÉCTRICOS CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS						
		Rev.:	00	Página	12	de	31

9 CÁLCULO DE CAMPOS MAGNÉTICOS

El informe de cálculo y simulación es el siguiente:

- 1) MVS5140-LS Informe de Análisis de Simulación Electromagnética
- 2) Estudio del Campo Electromagnético alrededor del PCS de Almacenamiento de Energía
- 3) Informe de Evaluación de Cumplimiento Electromagnético para el Sistema de Almacenamiento de Energía de Batería de Fosfato de Hierro de Litio de 5MWh (BESS)
- 4) Informe de simulación electromagnética de la unidad de anillo principal SUNGROW y terminal de salida

9.1 INFORME DE ANÁLISIS DE SIMULACIÓN ELECTROMAGNÉTICA

1. Propósito:

Comprender la distribución del campo magnético en el entorno circundante cuando el transformador MVS5140-LS opera bajo carga nominal.

2. Conclusión de la simulación:

El campo magnético de fuga del producto MVS5140-LS cumple con los requisitos de diseño.

3. Modelo de simulación:

El modelo de simulación electromagnética se muestra en la Figura 1. Dado que el transformador tiene una estructura no simétrica, se adoptó un enfoque de modelado 3D para la simulación, como se ilustra en la Figura 2. El modelo del transformador incluye componentes clave como la bobina de alta tensión, la bobina de baja tensión, el tanque de aceite, el núcleo, las estructuras de sujeción, la placa de cubierta del tanque de baja tensión y otros, con todas las dimensiones modeladas de acuerdo con las especificaciones reales.

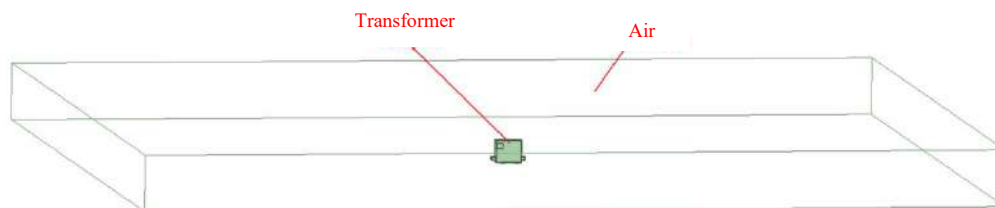


Figura 1 Modelo de simulación electromagnética

	HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS PEGASO (31 MW - 124 MWh)	PEGA-SOL-AL-PE-CAL-0001- A04				
	PROYECTO DE EJECUCIÓN CALCULOS ELÉCTRICOS CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS	Rev.:	00	Página	13	de 31

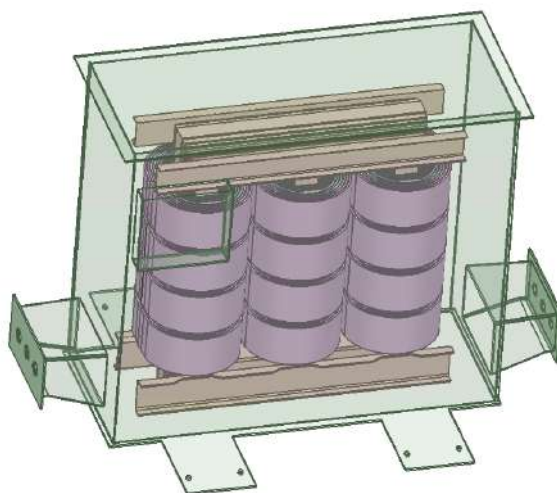


Figura 2 Modelo de simulación del transformador

Descripción del modelo:

- Dimensiones del dominio de aire (L×W×H): 82×77×5 m.
- Dimensiones internas del tanque de aceite (L×W×H): 2,2×1,948×0,89 m.
- Las dimensiones del modelo del transformador (L×W×H) corresponden al eje X, eje Z y eje Y, respectivamente.

Parámetros de simulación:

- El transformador opera bajo carga nominal, con la corriente del devanado de baja tensión en 2614,8 A y la corriente del devanado de alta tensión en 34,7 A.
- El tanque de aceite está hecho de material Q355B (acero estructural), y se aplica la condición de frontera de impedancia durante la simulación.
- La placa de cubierta del tanque de baja tensión está hecha de acero no magnético.

9.2 RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN

El tanque de aceite del transformador, construido con material Q355B y una permeabilidad relativa de aproximadamente 400, proporciona apantallamiento magnético durante la operación. Esto confina el campo magnético principalmente dentro del tanque, resultando en una muy baja intensidad del campo magnético externo.

- La Figura 3 muestra el contorno de distribución de la densidad de flujo magnético de fuga en el plano Z (trifásico) del transformador. El campo magnético de fuga máximo ocurre cerca

	HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS PEGASO (31 MW - 124 MWh)	PEGA-SOL-AL-PE-CAL-0001- A04				
	PROYECTO DE EJECUCIÓN CALCULOS ELÉCTRICOS CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS	Rev.:	00	Página	14	de 31

del tanque de baja tensión externo. La intensidad del campo magnético en una posición a 2 m de distancia del terminal de baja tensión es aproximadamente 0.05 μ T.

- La Figura 4 muestra el contorno de distribución de la densidad de flujo magnético de fuga en el plano X (monofásico) del transformador. El campo magnético de fuga en el aire se concentra principalmente en la parte inferior del tanque. La intensidad del campo magnético en una posición a 2 m de distancia de la pared del tanque es aproximadamente 0.017 μ T.

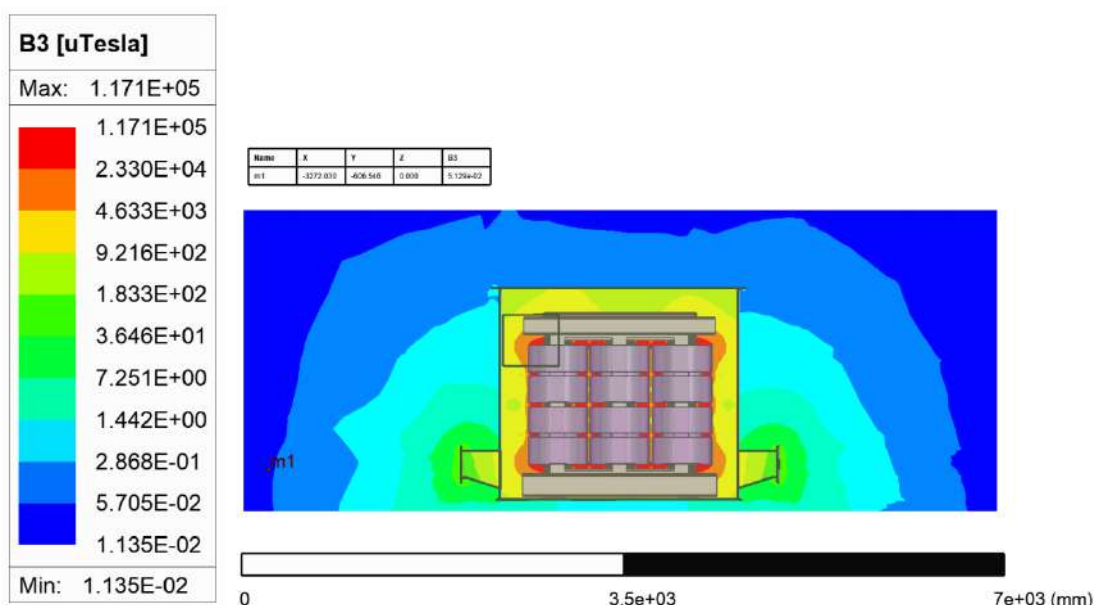


Figura 3 Contorno de Distribución de Flujo Magnético de Fuga en el Plano Z del Transformador

	HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS PEGASO (31 MW - 124 MWh)		PEGA-SOL-AL-PE-CAL-0001-A04				
	PROYECTO DE EJECUCIÓN CALCULOS ELÉCTRICOS CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS						
		Rev.:	00	Página	15	de	31

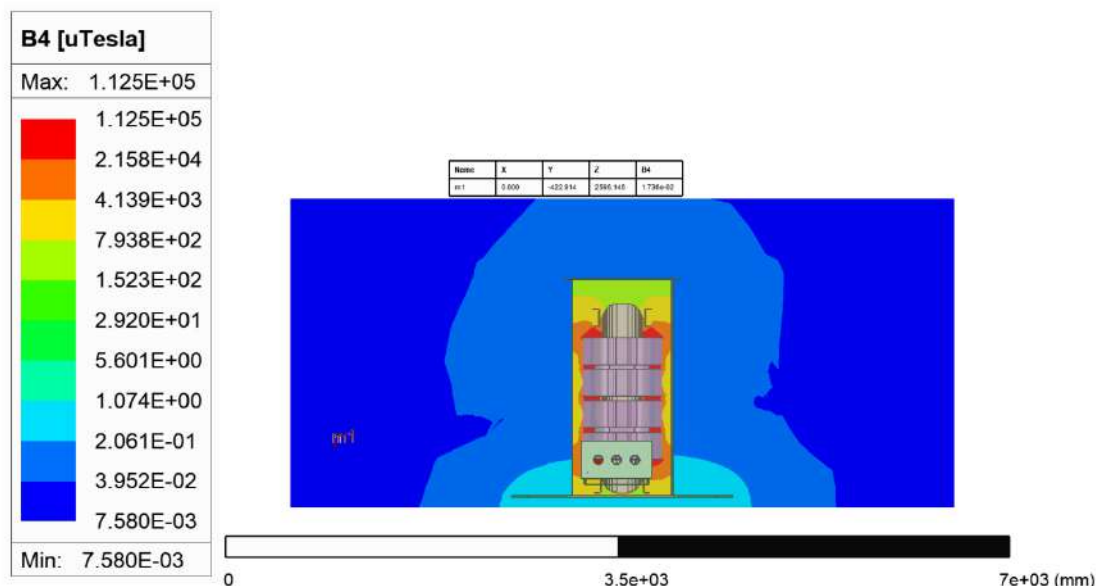


Figura 4 Contorno de Distribución de Flujo Magnético de Fuga en el Plano X del Transformador.

Se seleccionaron ubicaciones representativas en el entorno a partir de los resultados de la simulación para medir la densidad de flujo magnético como puntos de monitoreo. La Figura 5 ilustra las posiciones de estos puntos de monitoreo. En la figura, las alturas de 0,5 m, 0,9 m, 1,55 m y 2,15 m representan elevaciones sobre el nivel del suelo. Entre estos, los puntos de monitoreo a 0,5 m, 0,9 m y 1,55 m están posicionados a 3,4 m hacia afuera de la pared del tanque del transformador, mientras que el punto de monitoreo de 2,15 m se extiende 4,5 m hacia afuera del centro del transformador

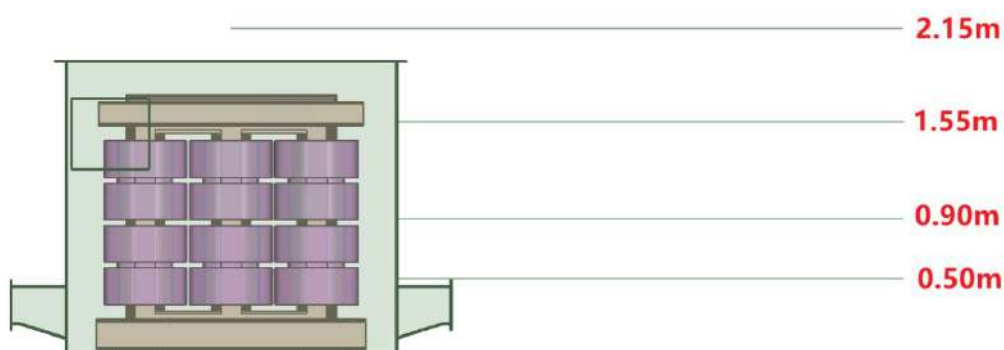


Figura 5 Ubicaciones de los Puntos de Monitoreo de Densidad de Flujo Magnético

Las figuras 6 a 9 muestran las curvas de tendencia de variación de la densidad de flujo magnético a diferentes alturas sobre el nivel del suelo. Los resultados indican que la densidad de flujo magnético alcanza su valor máximo de aproximadamente 46 μT a una posición a 0,4 m de la pared del tanque.



HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS PEGASO (31 MW - 124 MWh)

PROYECTO DE EJECUCIÓN CALCULOS ELÉCTRICOS CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS

PEGA-SOL-AL-PE-CAL-0001-
A04

Rev.: 00 Página 16 de 31

A medida que aumenta la distancia horizontal desde la pared del tanque, la densidad de flujo magnético en el entorno disminuye drásticamente.

La tabla 1 enumera los valores de densidad de flujo magnético en cada punto de monitoreo. A partir de la tabla 1, se puede observar que la densidad de flujo magnético a una altura de 0,5 m sobre el nivel del suelo es relativamente alta. Sin embargo, a una distancia horizontal de aproximadamente 1 m de la pared del tanque, la densidad de flujo magnético se reduce a menos de 1 μ T.

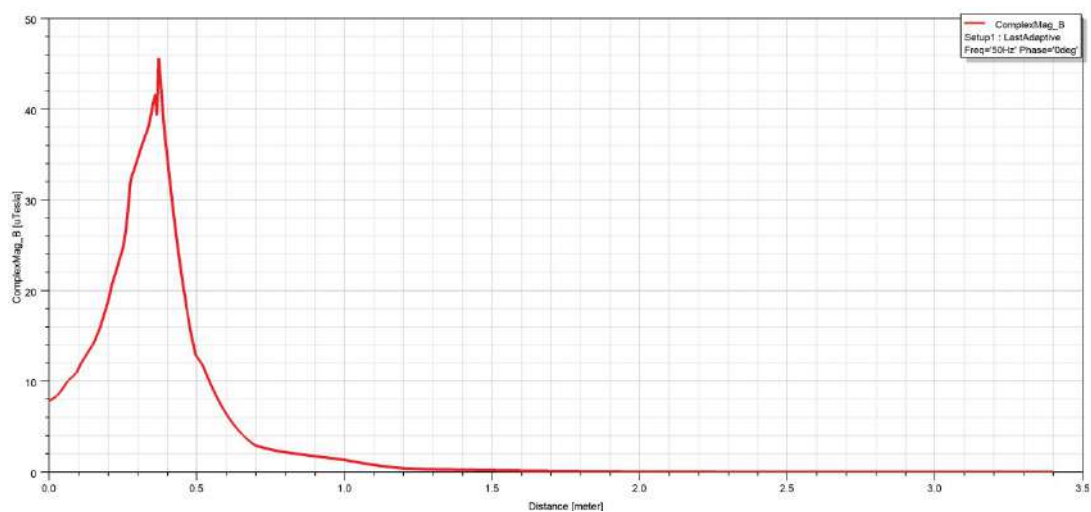


Figura 6 Densidad de flujo magnético en el punto de monitoreo a 0.5 m de altura

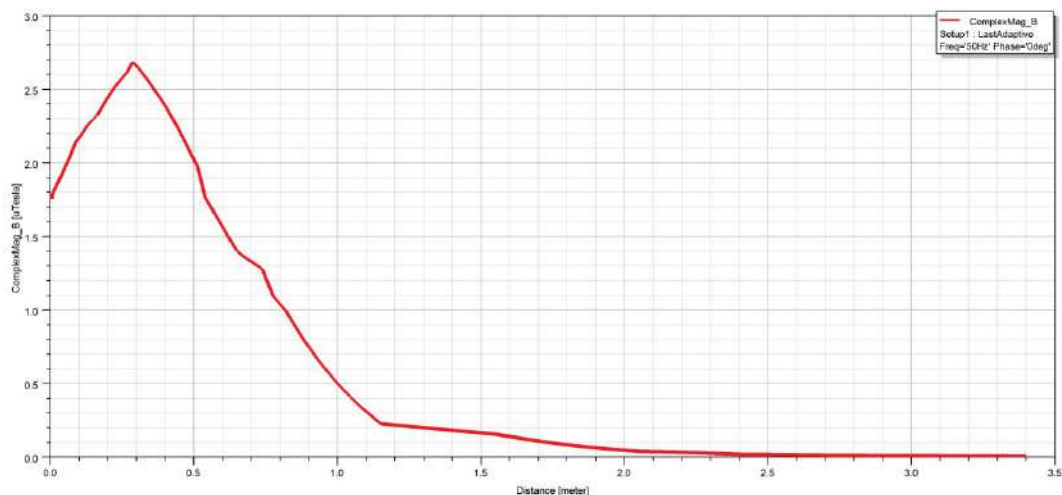


Figura 7 Densidad de flujo magnético en el punto de monitoreo a 0.5 m de altura





HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS PEGASO (31 MW - 124 MWh)

PROYECTO DE EJECUCIÓN CALCULOS ELÉCTRICOS CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS

PEGA-SOL-AL-PE-CAL-0001-
A04

Rev.: 00 Página 17 de 31

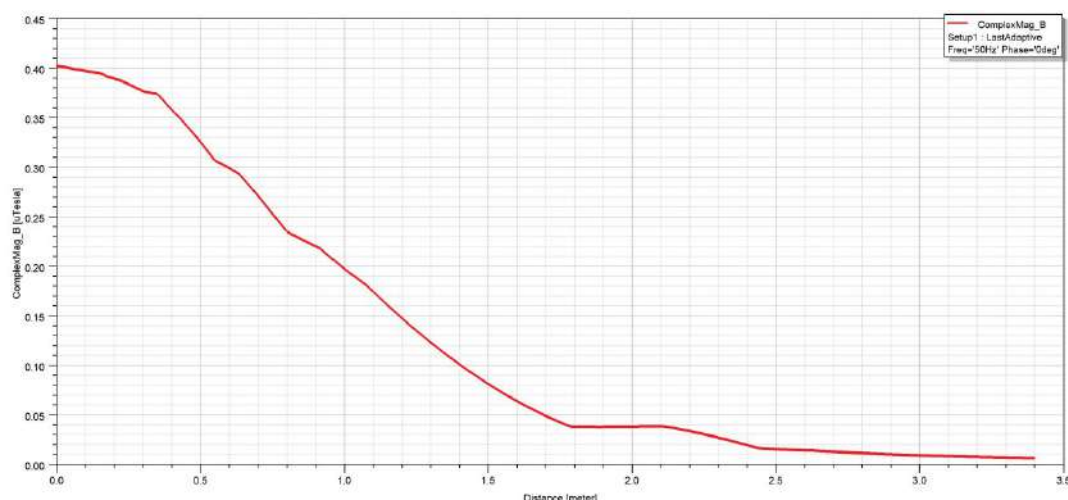


Figura 8 Densidad de flujo magnético en el punto de monitoreo a 0.5 m de altura

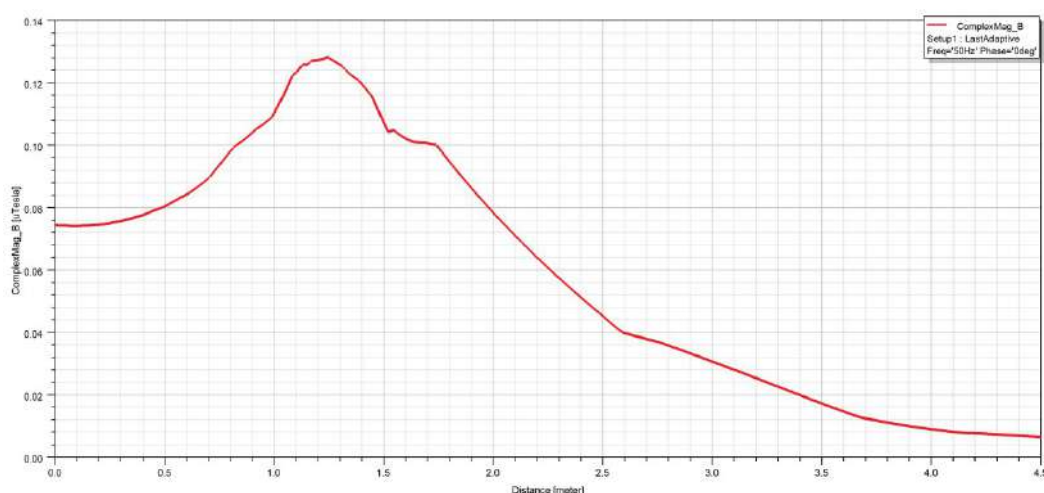


Figura 9 Densidad de flujo magnético en el punto de monitoreo a 0.5 m de altura

Tabla 1 Densidad de flujo magnético en los puntos de monitoreo

No.	altura0.5m		altura0.9m		altura1.55m		altura2.15m	
	distancia, m	densidad de flujo magnéticoB, μ T	distancia, m	densidad de flujo magnéticoB, μ T	distancia, m	densidad de flujo magnéticoB, μ T	distancia, m	densidad de flujo magnéticoB, μ T
1	0.000	7.801E+00	0.000	1.754E+00	0.000	4.018E-01	0.000	7.437E-02
2	0.034	8.669E+00	0.034	1.894E+00	0.034	4.006E-01	0.045	7.425E-02
3	0.069	1.017E+01	0.069	2.040E+00	0.069	3.986E-01	0.091	7.421E-02





**HIBRIDACIÓN SISTEMA DE
ALMACENAMIENTO
EN BATERÍAS PEGASO
(31 MW - 124 MWh)**

**PROYECTO DE EJECUCIÓN CALCULOS
ELÉCTRICOS CAMPOS
ELECTROMAGNÉTICOS**

**PEGA-SOL-AL-PE-CAL-0001-
A04**

Rev.: 00 Página 18 de 31

4	0.103	11.61	0.103	2.18	0.103	0.397	0.136	0.07426
5	0.137	13.47	0.137	2.27	0.137	0.395	0.182	7.441E-02
6	0.172	1.581E+01	0.172	2.348E+00	0.172	3.918E-01	0.227	7.477E-02
7	0.206	1.968E+01	0.206	2.458E+00	0.206	3.888E-01	0.273	7.535E-02
8	0.240	2.367E+01	0.240	2.551E+00	0.240	3.850E-01	0.318	7.602E-02
9	0.275	3.180E+01	0.275	2.636E+00	0.275	3.803E-01	0.364	7.684E-02
10	0.309	3.553E+01	0.309	2.639E+00	0.309	3.757E-01	0.409	7.786E-02
11	0.343	39.14	0.343	2.55	0.343	0.3745	0.455	0.07914
12	0.378	42.93	0.378	2.455	0.378	0.3649	0.500	8.038E-02
13	0.412	3.104E+01	0.412	2.350E+00	0.412	3.543E-01	0.545	8.210E-02
14	0.446	2.212E+01	0.446	2.230E+00	0.446	3.436E-01	0.591	8.385E-02
15	0.481	1.541E+01	0.481	2.101E+00	0.481	3.320E-01	0.636	8.583E-02
16	0.515	1.204E+01	0.515	1.960E+00	0.515	3.197E-01	0.682	8.832E-02
17	0.549	9.556E+00	0.549	1.734E+00	0.549	3.067E-01	0.727	9.160E-02
18	0.584	7.329E+00	0.584	1.621E+00	0.584	3.016E-01	0.773	9.559E-02
19	0.618	5.566E+00	0.618	1.506E+00	0.618	2.957E-01	0.818	9.935E-02
20	0.653	4.218E+00	0.653	1.396E+00	0.653	2.870E-01	0.864	1.019E-01
21	0.687	3.207E+00	0.687	1.347E+00	0.687	2.754E-01	0.909	0.1045
22	0.721	2.733	0.721	1.301	0.721	0.2633	0.955	0.107
23	0.756	2.457	0.756	1.198E+00	0.756	2.510E-01	1.000	1.102E-01
24	0.790	2.237E+00	0.790	1.065E+00	0.790	2.385E-01	1.045	1.164E-01
25	0.824	2.080E+00	0.824	9.846E-01	0.824	2.312E-01	1.091	1.227E-01
26	0.859	1.930E+00	0.859	8.741E-01	0.859	2.260E-01	1.136	1.258E-01
27	0.893	1.785E+00	0.893	7.723E-01	0.893	2.211E-01	1.182	1.271E-01
28	0.927	1.645E+00	0.927	6.787E-01	0.927	2.149E-01	1.227	1.277E-01
29	0.962	1.509E+00	0.962	5.926E-01	0.962	2.065E-01	1.273	1.270E-01
30	0.996	1.374E+00	0.996	5.135E-01	0.996	1.985E-01	1.318	1.247E-01
31	1.030	1.166E+00	1.030	4.410E-01	1.030	1.908E-01	1.364	1.219E-01
32	1.065	9.749E-01	1.065	0.3745	1.065	1.834E-01	1.409	1.188E-01
33	1.099	8.033E-01	1.099	3.137E-01	1.099	1.746E-01	1.455	1.145E-01
34	1.133	0.6529	1.133	0.2583	1.133	0.1652	1.500	0.1074
35	1.168	0.5264	1.168	0.2257	1.168	0.1560	1.545	1.049E-01
36	1.202	4.270E-01	1.202	2.191E-01	1.202	1.471E-01	1.591	1.025E-01
37	1.236	3.765E-01	1.236	2.126E-01	1.236	1.384E-01	1.636	1.012E-01
38	1.271	3.403E-01	1.271	2.062E-01	1.271	1.301E-01	1.682	1.008E-01
39	1.305	3.117E-01	1.305	1.999E-01	1.305	1.220E-01	1.727	1.003E-01
40	1.339	2.964E-01	1.339	1.937E-01	1.339	1.142E-01	1.773	9.717E-02



HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS PEGASO (31 MW - 124 MWh)

PROYECTO DE EJECUCIÓN CALCULOS ELÉCTRICOS CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS

PEGA-SOL-AL-PE-CAL-0001-
A04

Rev.: 00 Página 19 de 31

41	1.374	2.763E-01	1.374	1.876E-01	1.374	1.066E-01	1.818	9.320E-02
42	1.408	0.2583	1.408	1.816E-01	1.408	9.937E-02	1.864	8.935E-02
43	1.442	2.410E-01	1.442	1.757E-01	1.442	9.238E-02	1.909	8.561E-02
44	1.477	2.244E-01	1.477	1.698E-01	1.477	8.567E-02	1.955	8.198E-02
45	1.511	2.086E-01	1.511	1.640E-01	1.511	7.924E-02	2.000	7.846E-02
46	1.545	1.934E-01	1.545	1.582E-01	1.545	7.309E-02	2.045	7.503E-02
47	1.580	1.790E-01	1.580	1.478E-01	1.580	6.724E-02	2.091	7.171E-02
48	1.614	1.654E-01	1.614	1.373E-01	1.614	6.167E-02	2.136	6.847E-02
49	1.648	1.524E-01	1.648	1.264E-01	1.648	5.640E-02	2.182	6.532E-02
50	1.683	1.400E-01	1.683	1.161E-01	1.683	5.142E-02	2.227	6.225E-02
51	1.717	1.281E-01	1.717	1.064E-01	1.717	4.676E-02	2.273	5.927E-02
52	1.752	1.170E-01	1.752	9.725E-02	1.752	4.240E-02	2.318	5.635E-02
53	1.786	1.066E-01	1.786	8.870E-02	1.786	3.836E-02	2.364	5.350E-02
54	1.820	9.699E-02	1.820	8.071E-02	1.820	3.820E-02	2.409	5.071E-02
55	1.855	8.810E-02	1.855	7.328E-02	1.855	3.813E-02	2.455	4.798E-02
56	1.889	7.993E-02	1.889	6.639E-02	1.889	3.807E-02	2.500	4.531E-02
57	1.923	7.249E-02	1.923	6.002E-02	1.923	3.816E-02	2.545	4.257E-02
58	1.958	6.574E-02	1.958	5.415E-02	1.958	3.825E-02	2.591	4.000E-02
59	1.992	5.970E-02	1.992	4.877E-02	1.992	3.834E-02	2.636	3.912E-02
60	2.026	5.433E-02	2.026	4.386E-02	2.026	3.842E-02	2.682	3.825E-02
61	2.061	4.963E-02	2.061	3.972E-02	2.061	3.850E-02	2.727	3.745E-02
62	2.095	4.558E-02	2.095	3.817E-02	2.095	3.859E-02	2.773	3.651E-02
63	2.129	4.215E-02	2.129	3.678E-02	2.129	3.755E-02	2.818	3.536E-02
64	2.164	3.934E-02	2.164	3.522E-02	2.164	3.573E-02	2.864	3.421E-02
65	2.198	3.711E-02	2.198	3.349E-02	2.198	3.377E-02	2.909	3.305E-02
66	2.232	3.545E-02	2.232	3.158E-02	2.232	3.166E-02	2.955	3.188E-02
67	2.267	3.397E-02	2.267	2.948E-02	2.267	2.942E-02	3.000	3.070E-02
68	2.301	3.263E-02	2.301	2.720E-02	2.301	2.705E-02	3.045	2.951E-02
69	2.335	3.150E-02	2.335	2.474E-02	2.335	2.455E-02	3.091	2.830E-02
70	2.370	3.035E-02	2.370	2.211E-02	2.370	2.193E-02	3.136	2.709E-02
71	2.404	2.917E-02	2.404	1.965E-02	2.404	1.921E-02	3.182	2.586E-02
72	2.438	2.799E-02	2.438	1.906E-02	2.438	1.654E-02	3.227	2.463E-02
73	2.473	2.669E-02	2.473	1.843E-02	2.473	1.593E-02	3.273	2.340E-02
74	2.507	2.485E-02	2.507	1.774E-02	2.507	1.539E-02	3.318	2.216E-02
75	2.541	2.308E-02	2.541	1.700E-02	2.541	1.492E-02	3.364	2.093E-02
76	2.576	2.140E-02	2.576	1.620E-02	2.576	1.454E-02	3.409	1.969E-02
77	2.610	1.981E-02	2.610	1.535E-02	2.610	1.423E-02	3.455	1.847E-02



HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS PEGASO (31 MW - 124 MWh)

PROYECTO DE EJECUCIÓN CALCULOS ELÉCTRICOS CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS

**PEGA-SOL-AL-PE-CAL-0001-
A04**

Rev.: 00 Página 20 de 31

78	2.644	1.829E-02	2.644	1.445E-02	2.644	1.383E-02	3.500	1.726E-02
79	2.679	1.686E-02	2.679	1.367E-02	2.679	1.330E-02	3.545	1.606E-02
80	2.713	1.551E-02	2.713	1.314E-02	2.713	1.279E-02	3.591	1.489E-02
81	2.747	1.424E-02	2.747	1.267E-02	2.747	1.230E-02	3.636	1.374E-02
82	2.782	1.306E-02	2.782	1.221E-02	2.782	1.182E-02	3.682	1.271E-02
83	2.816	1.195E-02	2.816	1.178E-02	2.816	1.137E-02	3.727	1.209E-02
84	2.851	1.098E-02	2.851	1.136E-02	2.851	1.094E-02	3.773	1.150E-02
85	2.885	1.049E-02	2.885	1.096E-02	2.885	1.053E-02	3.818	1.093E-02
86	2.919	1.001E-02	2.919	1.067E-02	2.919	1.014E-02	3.864	1.040E-02
87	2.954	9.589E-03	2.954	1.042E-02	2.954	9.776E-03	3.909	9.903E-03
88	2.988	9.299E-03	2.988	1.016E-02	2.988	9.464E-03	3.955	9.434E-03
89	3.022	9.021E-03	3.022	9.909E-03	3.022	9.175E-03	4.000	8.997E-03
90	3.057	8.752E-03	3.057	9.658E-03	3.057	8.904E-03	4.045	8.591E-03
91	3.091	8.495E-03	3.091	9.409E-03	3.091	8.641E-03	4.091	8.217E-03
92	3.125	8.249E-03	3.125	9.163E-03	3.125	8.386E-03	4.136	7.876E-03
93	3.160	8.013E-03	3.160	8.920E-03	3.160	8.139E-03	4.182	7.708E-03
94	3.194	7.790E-03	3.194	8.680E-03	3.194	7.899E-03	4.227	7.595E-03
95	3.228	7.579E-03	3.228	8.401E-03	3.228	7.667E-03	4.273	7.405E-03
96	3.263	7.378E-03	3.263	8.030E-03	3.263	7.443E-03	4.318	7.215E-03
97	3.297	7.184E-03	3.297	7.682E-03	3.297	7.226E-03	4.364	7.029E-03
98	3.331	6.997E-03	3.331	7.357E-03	3.331	7.018E-03	4.409	6.847E-03
99	3.366	6.818E-03	3.366	7.174E-03	3.366	6.818E-03	4.455	6.668E-03
100	3.400	6.646E-03	3.400	7.048E-03	3.400	6.626E-03	4.500	6.492E-03

2) Estudio del campo electromagnético alrededor del PCS de almacenamiento de energía

9.2.1 VALOR MÁXIMO DE INTENSIDAD DE CAMPO

De acuerdo con el Real Decreto No.1066/2001, de fecha 28 de septiembre de 2001, Anexo II, Sección 3.1 (Tabla 2), se especifica el valor máximo permitido de intensidad de campo electromagnético. La fórmula de cálculo para la intensidad del campo eléctrico es $250/f$, y la fórmula de cálculo para la intensidad del campo magnético es $5/f$, donde f es la frecuencia en kHz. Por lo tanto, para 50Hz, el límite máximo de intensidad del campo eléctrico es 5kV/m, y el límite máximo de intensidad del campo magnético es 100 μ T (microtesla).

	HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS PEGASO (31 MW - 124 MWh)	PEGA-SOL-AL-PE-CAL-0001- A04					
	PROYECTO DE EJECUCIÓN CALCULOS ELÉCTRICOS CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS						
		Rev.:	00	Página	21	de	31

Niveles de referencia para campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos (0 Hz-300 GHz, valores rms imperturbados)

Gama de frecuencia	Intensidad de campo E (V/m)	Intensidad de campo H (A/m)	Campo B (μT)	Densidad de potencia equivalente de onda plana (W/m²)
0-1 Hz	–	$3,2 \times 10^4$	4×10^4	
1-8 Hz	10.000	$3,2 \times 10^4/f^2$	$4 \times 10^4/f^2$	
8-25 Hz	10.000	$4.000/f$	$5.000/f$	
0,025-0,8 kHz	$250/f$	$4/f$	$5/f$	–
0,8-3 kHz	$250/f$	5	6,25	–
3-150 kHz	87	5	6,25	–
0,15-1 MHz	87	$0,73/f$	$0,92/f$	–
1-10 MHz	$87/f^{1/2}$	$0,73/f$	$0,92/f$	–
10-400 MHz	28	0,073	0,092	2
400-2.000 MHz	$1,375 f^{1/2}$	$0,0037 f^{1/2}$	$0,0046 f^{1/2}$	$f/200$
2-300 GHz	61	0,16	0,20	10

9.2.2 ANÁLISIS DEL CAMPO ELÉCTRICO

El voltaje máximo dentro del equipo de almacenamiento de energía es 1500V, asumiendo que la carcasa lleva un voltaje de 1500V. La intensidad del campo eléctrico se puede calcular utilizando la siguiente fórmula:

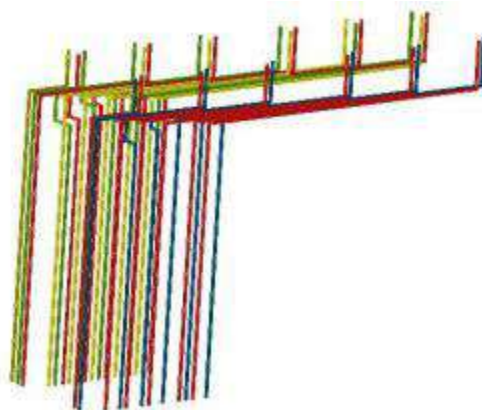
$$E = \frac{U}{d} = \frac{1500V}{0.3m} = 5kV/m$$

Por lo tanto, la intensidad del campo eléctrico en el aire fuera del gabinete a una distancia de 0.3m debe ser menor que 5kV/m.

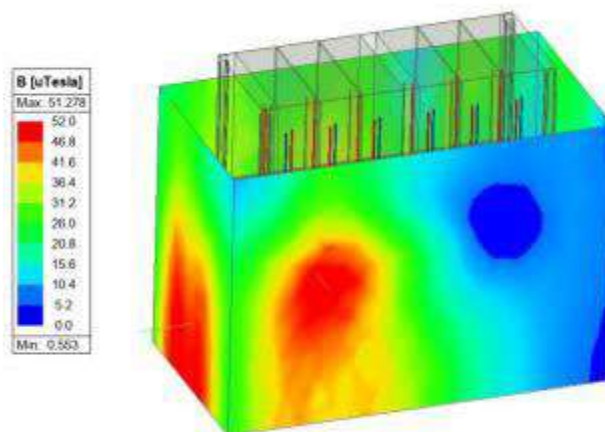
9.2.3 ANÁLISIS DEL CAMPO MAGNÉTICO

El equipo de almacenamiento de energía tiene 6 conjuntos de cables de CA trifásicos, con una corriente efectiva de 180A y 6 conjuntos de cables de CC, positivo y negativo de 180A. La distribución de los cables se muestra en la figura a continuación:

	HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS PEGASO (31 MW - 124 MWh)	PEGA-SOL-AL-PE-CAL-0001- A04					
	PROYECTO DE EJECUCIÓN CALCULOS ELÉCTRICOS CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS						
		Rev.:	00	Página	22	de	31



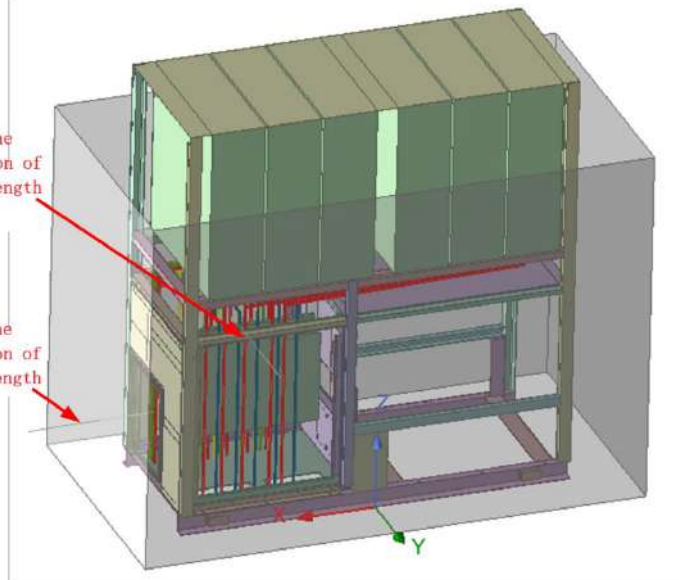
Utilizando el valor máximo de corriente para la simulación de modelado por elementos finitos, los resultados se muestran en la figura a continuación. El punto de máxima intensidad del campo magnético en toda el área a una distancia de 0.3m fuera del gabinete es aproximadamente 51 μ T.



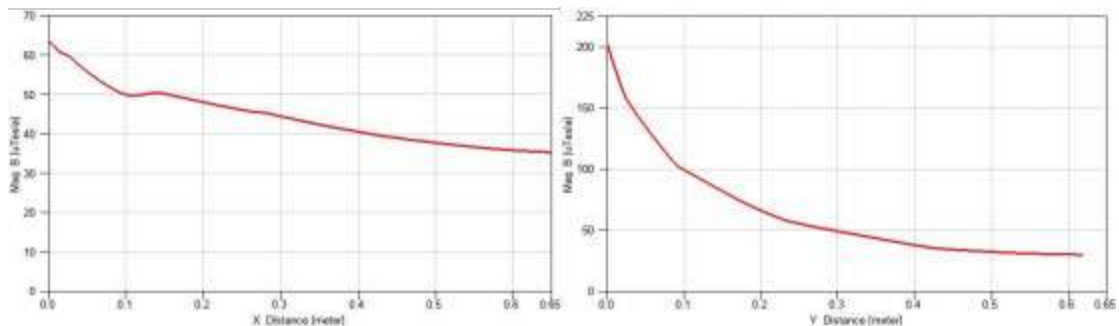
Se traza una línea cerca de la posición de máxima intensidad de campo, como se muestra en la figura a continuación, para observar la atenuación de la intensidad del campo magnético en las direcciones X e Y fuera del gabinete con la distancia.

Observe the
attenuation of
field strength
in the Y
direction

Observe the
attenuation of
field strength
in the X
direction



Como se puede ver en la figura a continuación, la intensidad del campo magnético fuera del gabinete disminuye rápidamente en el aire, a una distancia de 0.3m en la dirección del eje X es 44.5uT, y a una distancia de 0.3m en la dirección del eje Y es 49.4uT.



Según la ley de circuitos de Ampère:

$$\int B dl = \mu_0 I$$

$$\rightarrow B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$$

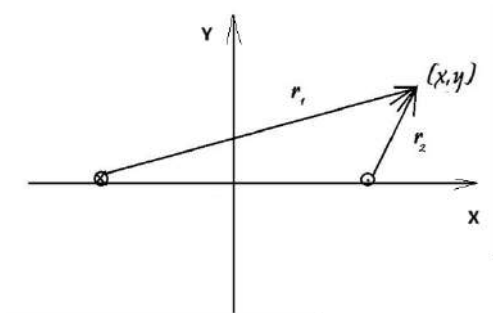
	HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS PEGASO (31 MW - 124 MWh)	PEGA-SOL-AL-PE-CAL-0001- A04					
	PROYECTO DE EJECUCIÓN CALCULOS ELÉCTRICOS CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS						
		Rev.:	00	Página	24	de	31

Se puede ver que a medida que la distancia r aumenta, la intensidad del campo magnético B disminuye. Por lo tanto, se puede considerar que fuera del gabinete, el área más allá de 0.3m se mantiene dentro de $100\mu\text{T}$.

9.2.4 ESTIMACIÓN DEL CAMPO ELECTROMAGNÉTICO

Modelos Físicos:

El campo magnético es generado por corrientes opuestas en conductores positivos y negativos. El potencial vector magnético A para dos conductores paralelos infinitos que transportan corrientes iguales pero opuestas se da por:



El potencial vector magnético del campo magnético de vórtice generado por dos conductores rectos es el siguiente

$$\begin{cases} \mathbf{A}_1 = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \ln[y^2 + (x + l)^2] \mathbf{k} \\ \mathbf{A}_2 = -\frac{\mu_0 I}{4\pi} \ln[y^2 + (x - l)^2] \mathbf{k} \end{cases}$$

Potencial vectorial magnético total:

$$\mathbf{A} = \mathbf{A}_1 + \mathbf{A}_2 = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \ln \left[\frac{y^2 + (x + l)^2}{y^2 + (x - l)^2} \right] \mathbf{k}$$

$$\text{Let } A_z = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \ln \left[\frac{y^2 + (x + l)^2}{y^2 + (x - l)^2} \right]$$

From $\mathbf{B} = \nabla \times \mathbf{A}$:

$$\mathbf{B} = \frac{\partial A_z}{\partial y} \mathbf{i} - \frac{\partial A_z}{\partial x} \mathbf{j} = \frac{\mu_0 I}{\pi} \left[\frac{2lxy}{(y^2 + (x + l)^2)(y^2 + (x - l)^2)} \mathbf{i} + \frac{l(y^2 - x^2 + l^2)}{(y^2 + (x + l)^2)(y^2 + (x - l)^2)} \mathbf{j} \right]$$

Esto describe la distribución espacial de la densidad de flujo magnético.

Distribución de Líneas de Campo Magnético:



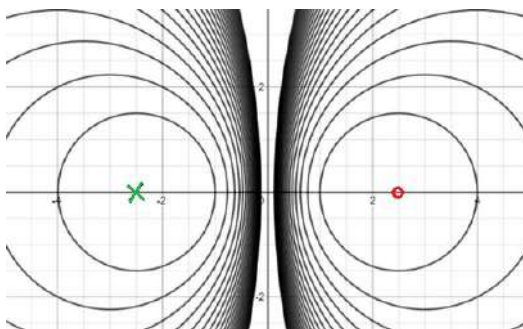
	HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS PEGASO (31 MW - 124 MWh)	PEGA-SOL-AL-PE-CAL-0001- A04					
	PROYECTO DE EJECUCIÓN CALCULOS ELÉCTRICOS CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS						
		Rev.:	00	Página	25	de	31

La ecuación diferencial que rige las líneas de campo es:

solución $\frac{dy}{dx} = \frac{y^2 - x^2 + l^2}{2xy} \quad \psi = \frac{x^2 + y^2 + l^2}{x}$

donde ψ es un parámetro espacial, y $(-l,0)$ y $(l,0)$ son puntos singulares.

Utilizando un software de gráficos para dibujar las líneas de contorno de la función bivariada $\psi(x,y)$ se pueden obtener las líneas de campo magnético producidas por un par de conductores paralelos, infinitamente largos, rectos que transportan corrientes iguales en direcciones opuestas en ese plano de sección transversal.



Para un cable DC recto infinito, la densidad de flujo magnético B a una distancia perpendicular r del conductor se puede calcular utilizando la Ley de Biot-Savart:

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$$

Donde:

μ_0 : Permeabilidad del vacío ($4\pi \times 10^{-7} \text{ T}\cdot\text{m/A}$)

I : Magnitud de corriente (A)

r : Distancia radial desde el conductor (m)

Cálculos prácticos:

1. Conductor único (Ley de Biot-Savart):

Para un cable de CC infinito que transporta 180A a 1m de distancia:



	HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS PEGASO (31 MW - 124 MWh)	PEGA-SOL-AL-PE-CAL-0001- A04					
	PROYECTO DE EJECUCIÓN CALCULOS ELÉCTRICOS CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS	Rev.:	00	Página	26	de	31

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} = \frac{(4\pi \times 10^{-7}) \times 180}{2\pi \times 1} = 36\mu T$$

2. Conductores emparejados (Corrientes opuestas):

- Caso 1: Cables agrupados (espaciado de 20mm) a 0.2m de distancia:

Los cables no apantallados están agrupados uno al lado del otro y dispuestos horizontalmente desde la caja de alta tensión hasta el armario de conexión.

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi} \left(\frac{1}{0.22} - \frac{1}{0.20} \right) = 16\mu T$$

- Caso 2: Cables verticales (espaciado de 0.18m) a 1m de distancia:

Los cables de conexión en serie entre los módulos de batería dentro de un grupo de baterías utilizan cables no apantallados.

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi} \left(\frac{2}{\sqrt{(0.18/2)^2 + 1}} \right) = 72\mu T$$

Nota: El campo real a 1 m de exterior es <<72 μT debido al apantallamiento del contenedor.

- Caso 3: Cables de CC enterrados (0.7m de profundidad) a 1m de distancia:

Los cables de CC no apantallados desde el lado de CA del PCS hasta el armario de conexión del lado de CC están enterrados a una profundidad de 0.7 metros, con los cables positivo y negativos agrupados uno al lado del otro.

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi} \left(\frac{1}{1} + \frac{1}{1} \right) = 18\mu T$$

Conclusiones de cálculo

- El sistema de CC BESS de 5MWh cumple con el RD 1066/2001 (límite de 100 μT) en todas las áreas de acceso público.

- Los campos magnéticos se atenúan por debajo de los límites regulatorios más allá de 0.3m del nivel del suelo.

- La instalación presenta una interferencia electromagnética negligible para los entornos externos y ningún riesgo para la salud.

	HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS PEGASO (31 MW - 124 MWh)	PEGA-SOL-AL-PE-CAL-0001- A04					
	PROYECTO DE EJECUCIÓN CALCULOS ELÉCTRICOS CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS	Rev.:	00	Página	27	de	31

- No se requieren medidas de protección adicionales.

4) Informe de simulación electromagnética de la unidad principal en anillo SUNGROW y terminal de salida

Fecha: 2025.06.26

Objetivo de la simulación: entender la distribución electromagnética del terminal de salida del cable de alta tensión de la caja de transformación 6250 y el tubo de baja tensión.

Conclusiones de la simulación:

La intensidad máxima de inducción magnética en la superficie del cable de alta tensión es de aproximadamente 3.79 mT, la intensidad de inducción magnética a 1 m del cable de alta tensión es de aproximadamente 19.6 μ T, y a 2 m del cable de alta tensión es de aproximadamente 7.1 μ T, cumpliendo con los requisitos estándar.

La intensidad máxima de inducción magnética en la superficie de la funda de baja tensión es de aproximadamente 45 mT, la intensidad de inducción magnética a 1 m de la funda de baja tensión es de aproximadamente 8 μ T, y a 2 m de la funda de baja tensión es de aproximadamente 2.3 μ T, cumpliendo con los requisitos estándar.

Modelo de simulación:

Descripción del modelo:

El modelo de simulación electromagnética del campo magnético alrededor del cable de alta tensión se muestra en la Figura 10, el modelo incluye un dominio de aire, el cable de alta tensión, la caja de fijación del cable, entre otros componentes;

La corriente en el cable de alta tensión es de 120.3 A;

La caja de fijación del cable de alta tensión está hecha de acero Q235.

El modelo de simulación electromagnética alrededor del cable de baja tensión se muestra en la Figura 11, el modelo incluye un dominio de aire, la funda de baja tensión, el tanque de aceite y la tapa de la caja de baja tensión, entre otros componentes.

La corriente en la funda de baja tensión es de 614.8 A; El tanque es de acero Q355, y la tapa del extremo de la caja de baja presión es de acero inoxidable 304.

	HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS PEGASO (31 MW - 124 MWh)		PEGA-SOL-AL-PE-CAL-0001- A04			
	PROYECTO DE EJECUCIÓN CALCULOS ELÉCTRICOS CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS					
	Rev.:	00	Página	28	de	31

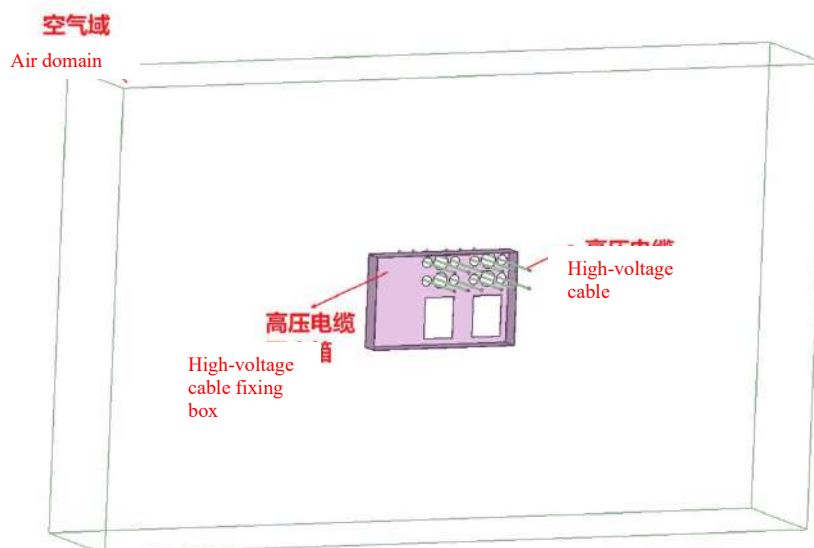


Figura 10 Modelo de simulación electromagnética alrededor del cable de alta tensión

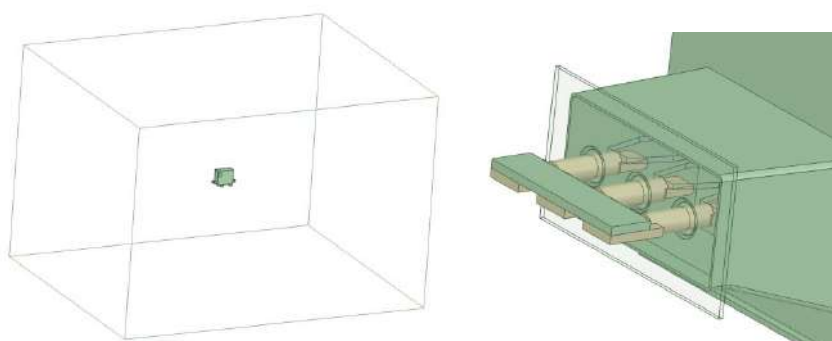


Figura 11 Modelo de simulación electromagnética alrededor del terminal de baja tensión

Resultados de la simulación

El mapa de distribución del campo magnético alrededor del cable de alta tensión se muestra en la figura 12.



HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS PEGASO (31 MW - 124 MWh)

PROYECTO DE EJECUCIÓN CALCULOS ELÉCTRICOS CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS

PEGA-SOL-AL-PE-CAL-0001-A04

Rev.: 00 Página 29 de 31

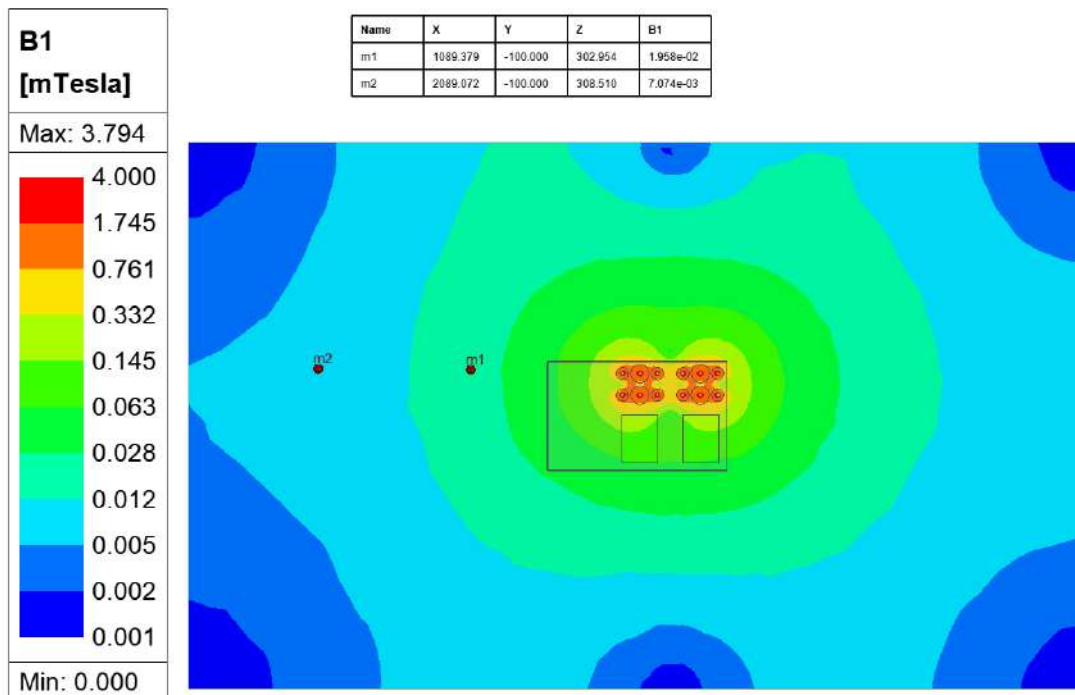


Figura 12 Mapa de distribución del campo magnético alrededor del cable de alta tensión

El mapa de distribución del campo magnético alrededor del tubo de baja tensión se muestra en la figura 13.

	HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS PEGASO (31 MW - 124 MWh)		PEGA-SOL-AL-PE-CAL-0001- A04				
	PROYECTO DE EJECUCIÓN CALCULOS ELÉCTRICOS CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS						
	Rev.:	00	Página	30	de	31	

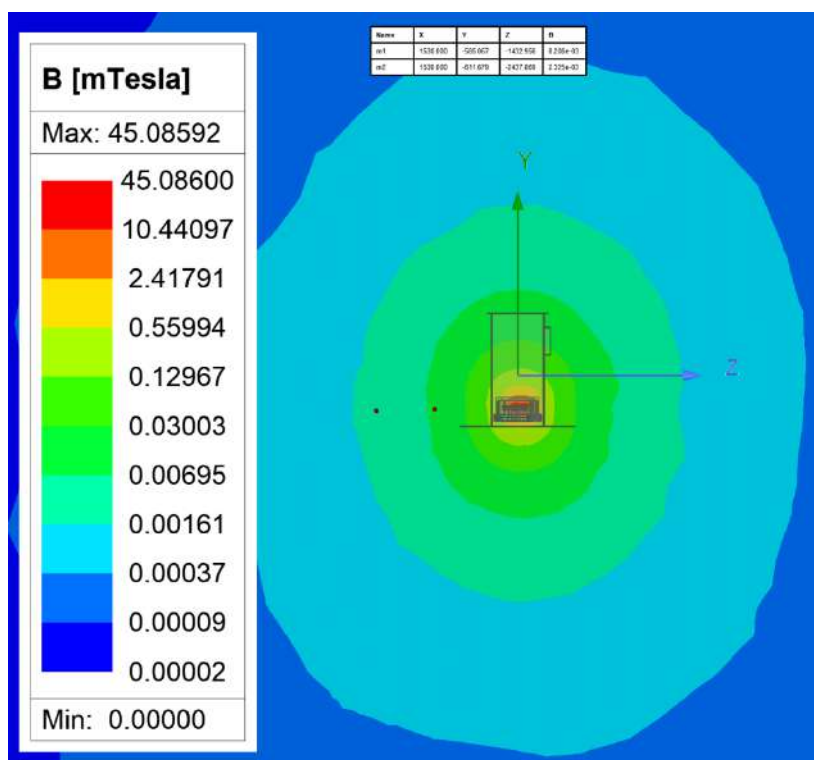


Figura 13 Mapa de distribución del campo magnético alrededor del tubo de baja tensión

El armario de conmutación está blindado con una carcasa metálica, además hay un blindaje secundario con una carcasa metálica del contenedor. A 1 metro de la parte exterior de la máquina de elevación integrada del contenedor, con la misma corriente y cableado que el cable, el campo electromagnético se encuentra dentro del rango seguro.

	HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS PEGASO (31 MW - 124 MWh)	PEGA-SOL-AL-PE-CAL-0001- A04				
	PROYECTO DE EJECUCIÓN CALCULOS ELÉCTRICOS CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS	Rev.:	00	Página	31	de 31

10 CONCLUSIONES

Habiendo realizado los análisis pertinentes en cuanto a la actividad de los equipos en las condiciones más desfavorables de funcionamiento, se ha llegado a la conclusión de que los valores de radiación emitidos están por debajo de los límites técnicos admisibles, cumpliendo por tanto las normativas nacional e internacional en lo relativo a emisiones magnéticas en el exterior de las instalaciones.

Tras la ejecución de las instalaciones y durante las pruebas de puesta en marcha, se realizarán mediciones de campo electromagnético en el cerramiento exterior de los centros de transformación para comprobar los niveles según RD 1066/2001.

PROYECTO



**Sistema de Almacenamiento en Baterías de la Planta
Fotovoltaica PEGASO SOLAR**

**Municipio de Valladolid, Provincia de Valladolid
(España)**

TITULO

**HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO
EN BATERÍAS PEGASO
(31 MW - 124 MWh)**

PROYECTO DE EJECUCIÓN CALCULOS DE MOVIMIENTO DE TIERRAS

Nº DE DOCUMENTO

PEGA-SOL-AL-PE-CAL-0001-A05

Nº REVISION	00	DOCUMENTO EMITIDO PARA:	LEGALIZACIÓN
FECHA EMISIÓN	11/07/2025		

M.R.L.	L.G.C.	J.S.G.V.
Preparado por	Revisado por	Aprobado por

Este documento, así como los contenidos y los signos distintivos aparecidos en el mismo, excepto indicación expresa en contrario, son propiedad expresa de Solaria Energía y Medio Ambiente, S.A., o dispone de las licencias necesarias, por lo que se encuentran protegidos por los derechos de propiedad industrial e intelectual conforme a la legislación española. Se autoriza su reproducción exclusivamente para uso privado y se prohíbe, salvo autorización expresa, la reproducción de todo o parte del mismo en cualquier forma.



	HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS PEGASO (31 MW - 124 MWh)		PEGA-SOL-AL-PE-CAL-0001-A05					
	PROYECTO DE EJECUCIÓN CALCULOS DE MOVIMIENTO DE TIERRAS		Rev.:	00	Página	2	de	8

RESUMEN DE REVISIONES

Revisión	Fecha	Descripción de los cambios
00	11/07/2025	Documento nuevo

	HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS PEGASO (31 MW - 124 MWh)	PEGA-SOL-AL-PE-CAL-0001- A05					
	PROYECTO DE EJECUCIÓN CALCULOS DE MOVIMIENTO DE TIERRAS						
		Rev.:	00	Página	3	de	8

ANEXO V

CÁLCULOS DE MOVIMIENTO DE TIERRAS

	HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS PEGASO (31 MW - 124 MWh)	PEGA-SOL-AL-PE-CAL-0001- A05					
	PROYECTO DE EJECUCIÓN CALCULOS DE MOVIMIENTO DE TIERRAS	Rev.:	00	Página	4	de	8

ÍNDICE

1	OBJETO.....	5
2	CÁLCULO Y RESULTADOS.....	6

	HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS PEGASO (31 MW - 124 MWh)		PEGA-SOL-AL-PE-CAL-0001- A05					
	PROYECTO DE EJECUCIÓN CALCULOS DE MOVIMIENTO DE TIERRAS		Rev.:	00	Página	5	de	8

1 OBJETO

El objeto del presente apartado describe el proceso y resultado del cálculo de movimiento de tierras resultante de las excavaciones y rellenos ejecutados para realizar las cimentaciones de los equipos del sistema de almacenamiento, los viales de acceso y las zanjas eléctricas.

	HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS PEGASO (31 MW - 124 MWh)		PEGA-SOL-AL-PE-CAL-0001-A05					
	PROYECTO DE EJECUCIÓN CALCULOS DE MOVIMIENTO DE TIERRAS		Rev.:	00	Página	6	de	8

2 CÁLCULO Y RESULTADOS

La metodología para el cálculo del movimiento de tierras ha sido llevada a cabo mediante la herramienta de cálculo AutoCAD Civil 3D, la cual ha sido utilizada para la obtención de los volúmenes finales de desmonte, terraplén y desbroce, éste último con un espesor de 30 cm.

La topografía importada para realizar los cálculos ha sido la aportada por el Instituto Geográfico Nacional.

En la figura adjunta se muestran las zonas dónde se ubicarán los equipos:



Imagen 1. Plano de implantación

	HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS PEGASO (31 MW - 124 MWh)			PEGA-SOL-AL-PE-CAL-0001-A05					
	PROYECTO DE EJECUCIÓN CALCULOS DE MOVIMIENTO DE TIERRAS			Rev.:	00	Página	7	de	8

Las actuaciones llevadas a cabo y que se han tenido en cuenta para el movimiento de tierras son:

Desbroce: incluye la retirada de la capa vegetal dentro del área que conformará el área del proyecto. El espesor debe ser el mínimo para garantizar que no se desbroce de más, ya que esto aumentaría los volúmenes de rellenos para alcanzar los niveles finales. Para el cálculo del movimiento de tierras se ha utilizado un valor de 0.30 m.

Excavación de las cimentaciones y viales: implica la excavación propiamente dicha de las cimentaciones de los equipos de almacenamiento, que comprende el volumen de excavación del terreno después de la retirada de la tierra vegetal. Antes de la excavación del suelo se realizarán los trabajos de desbroce del terreno afectado por las cimentaciones y viales.

Exponiendo a continuación los volúmenes de tierras resultantes para las cimentaciones:

VOLUMENES TOTALES MDT (CIMENTACIONES)				
2d Área (m ²)	Cut (m ³)	Fill (m ³)	Net (m ³)	
590,80	177,24	11,43	165,81	Desmonte

Exponiendo a continuación los volúmenes de tierras resultantes para las zanjas de MT:

VOLUMENES TOTALES MDT (ZANJAS MT)					
Longitud (m)	2d Área (m ²)	Cut (m ³)	Fill (m ³)	Net (m ³)	
183,66	91,83	92,75	83,47	9,27	Desmonte

Exponiendo a continuación los volúmenes de tierras resultantes para las zanjas de BT:

VOLUMENES TOTALES MDT (ZANJAS BT)					
Longitud (m)	2d Área (m ²)	Cut (m ³)	Fill (m ³)	Net (m ³)	
344,55	172,28	174,00	156,60	17,40	Desmonte

Exponiendo a continuación los volúmenes de tierras resultantes para las zanjas de la red de tierras:

VOLUMENES TOTALES MDT (RED DE TIERRAS)					
Longitud (m)	2d Área (m ²)	Cut (m ³)	Fill (m ³)	Net (m ³)	
1372,22	274,44	219,56	208,58	10,98	Desmonte

El diseño de la red de viales contempla la construcción de nuevos caminos y la adecuación de los caminos existentes que no alcancen los mínimos necesarios, tanto para la fase de construcción como para la de explotación del sistema de almacenamiento.

	HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS PEGASO (31 MW - 124 MWh)		PEGA-SOL-AL-PE-CAL-0001- A05					
	PROYECTO DE EJECUCIÓN CALCULOS DE MOVIMIENTO DE TIERRAS		Rev.:	00	Página	8	de	8

Exponiendo a continuación los volúmenes de tierras resultantes para la adecuación del vial:

VOLUMENES TOTALES MDT (ACONDICIONAMIENTO VIALES)					
Longitud (m)	2d Área (m ²)	Cut (m ³)	Fill (m ³)	Net (m ³)	
387,06	1548,24	464,472	619,30	154,82	Terraplén

PROYECTO:



**Sistema de Almacenamiento en Baterías de la Planta
Fotovoltaica PEGASO SOLAR**

**Municipio de Valladolid, Provincia de Valladolid
(España)**

TITULO

**HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO
EN BATERÍAS PEGASO
(31 MW - 124 MWh)**

PROYECTO DE EJECUCIÓN PLANOS

Nº DE DOCUMENTO

PEGA-SOL-AL-PE-DRW-0001

Nº REVISION	00	DOCUMENTO	LEGALIZACIÓN
FECHA EMISIÓN	11/07/2025	EMITIDO PARA:	

M.R.L.	L.G.C.	J.S.G.V.
Preparado por	Revisado por	Aprobado por

Este documento, así como los contenidos y los signos distintivos aparecidos en el mismo, excepto indicación expresa en contrario, son propiedad expresa de Solaria Energía y Medio Ambiente, S.A., o dispone de las licencias necesarias, por lo que se encuentran protegidos por los derechos de propiedad industrial e intelectual conforme a la legislación española. Se autoriza su reproducción exclusivamente para uso privado y se prohíbe, salvo autorización expresa, la reproducción de todo o parte del mismo en cualquier forma.



	HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS PEGASO (31 MW - 124 MWh)	PEGA-SOL-AL-PE-DRW-0001				
	PROYECTO DE EJECUCIÓN PLANOS	Rev.:	00	Página	2	de 3

DOCUMENTO Nº3

PLANOS



HIBRIDACIÓN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS PEGASO (31 MW - 124 MWh)

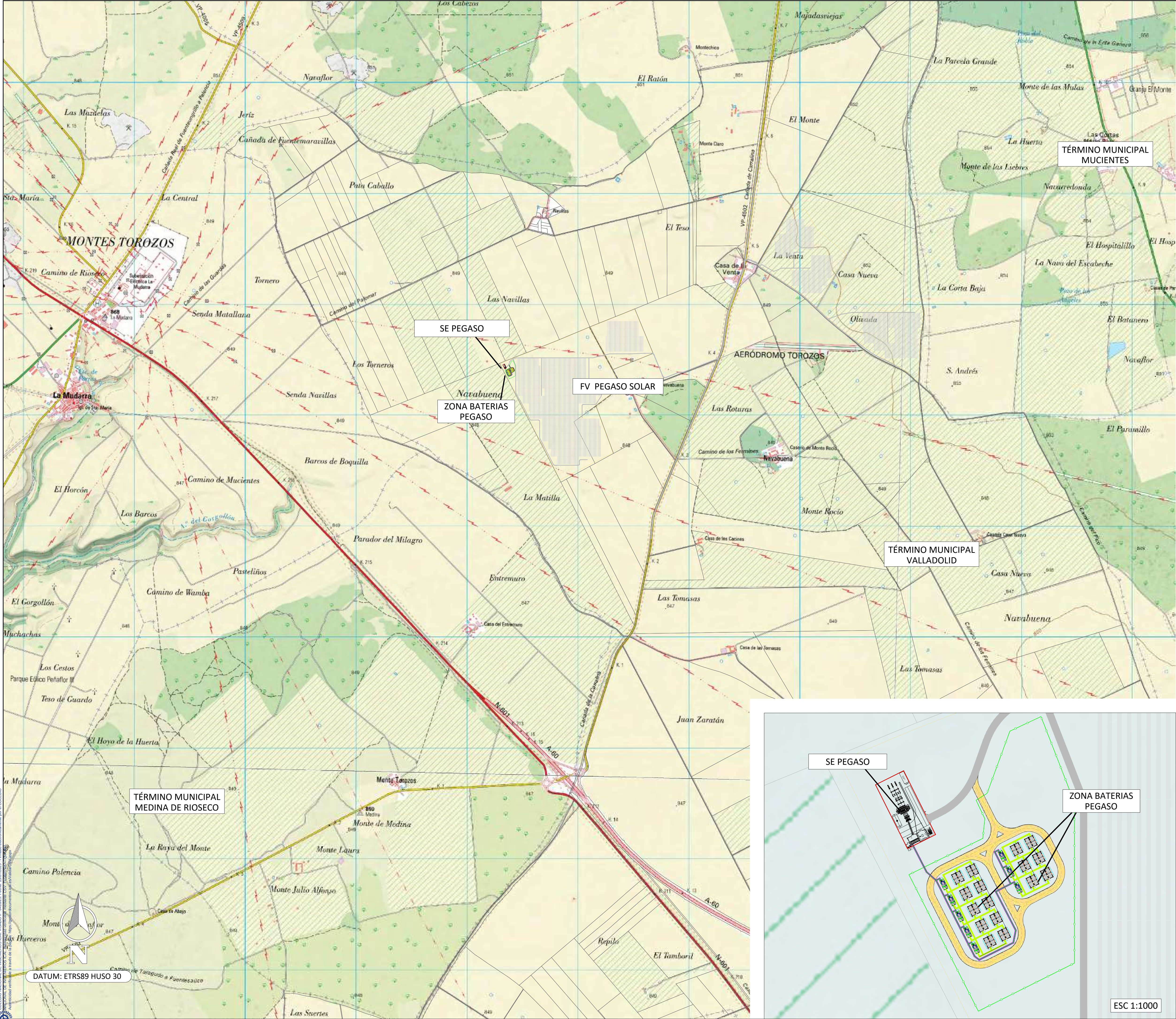
PROYECTO DE EJECUCIÓN PLANOS

PEGA-SOL-AL-PE-DRW-0001

Rev.: 00 Página 3 de 3

ÍNDICE DE PLANOS

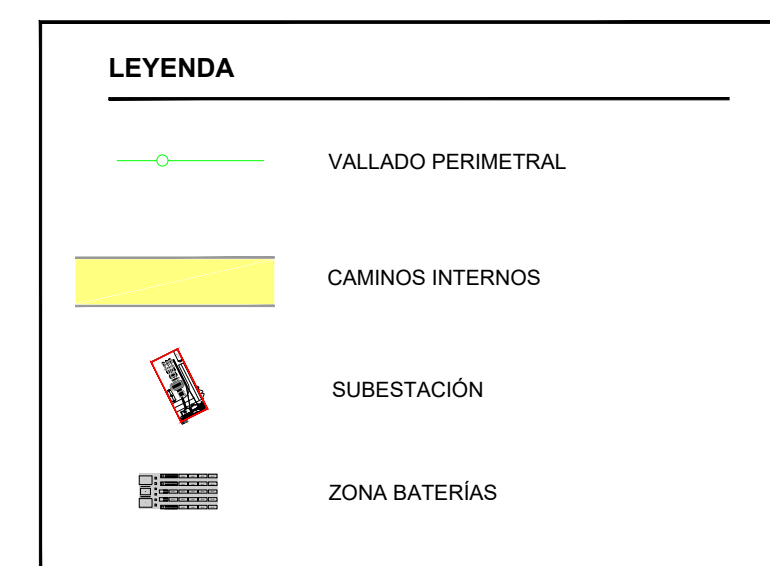
Nº	Título	Código
1	SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO	PEGA-SOL-AL-GN-DRW-0001
2	PLANTA GENERAL	PEGA-SOL-AL-GN-DRW-0002
3	URBANIZACION PARCELARIO Y TIPO DE SUELO	PEGA-SOL-AL-GN-DRW-0003
4	AFECCIONES SERVIDUMBRE	PEGA-SOL-AL-GN-DRW-0004
5	RBDA	PEGA-SOL-AL-GN-DRW-0005
6	VALLADO	PEGA-SOL-AL-GN-DRW-0006
7	TOPOGRAFICO	PEGA-SOL-AL-CI-DRW-0001
8	VIALES Y ACCESOS DETALLES	PEGA-SOL-AL-CI-DRW-0002
9	DRENAJE	PEGA-SOL-AL-CI-DRW-0003
10	CONTENEDOR TIPO BESS. DETALLE Y CIMENTACION	PEGA-SOL-AL-EL-DRW-0001
11	CONTENEDOR TIPO MVS. DETALLE Y CIMENTACION	PEGA-SOL-AL-EL-DRW-0002
12	TRAZADO BT	PEGA-SOL-AL-EL-DRW-0003
13	TRAZADO MT	PEGA-SOL-AL-EL-DRW-0004
14	ZANJAS DETALLES	PEGA-SOL-AL-EL-DRW-0005
15	UNIFILAR BT	PEGA-SOL-AL-EL-DRW-0006
16	UNIFILAR MT	PEGA-SOL-AL-EL-DRW-0007
17	UNIFILAR SSAA	PEGA-SOL-AL-EL-DRW-0008
18	TIERRAS SISTEMA ALMACENAMIENTO	PEGA-SOL-AL-EL-DRW-0009
19	DETALLES DE PUESTA A TIERRA	PEGA-SOL-AL-EL-DRW-0010
20	ESQUEMA DE ARQUITECTURA DE MONITORIZACION Y CONTROL	PEGA-SOL-AL-EL-DRW-0011
21	SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO DE LA SUBESTACIÓN	PEGA-SOL-SE-GN-DRW-0001
22	PLANTA GENERAL SUBESTACIÓN	PEGA-SOL-SE-GN-DRW-0002
23	UNIFILAR CONEXIÓN SUBESTACIÓN	PEGA-SOL-SE-EL-DRW-0003



COORDENADAS BATERIAS		
FV	ESTE	NORTE
PEGASO	342391	4627408



00	JUL 2025	PRIMERA EDICIÓN	MRL	ICC	USGV
REV	FECHA	DESCRIPCIÓN	DP	CHP	AP
PROYECTO:					
SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS					
					
TÍTULO PLANO:					
SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO					
ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE SOLARIA ENERGÍA Y MEDIO AMBIENTE S.A. SU REPRODUCCIÓN O DISTRIBUCIÓN, TOTAL O PARCIAL, ESTÁ PROHIBIDA SIN PREVIO CONSENTIMIENTO EXPRESO POR PARTE DEL PROPIETARIO*			ESCALA		A1
CÓDIGO PLANO:			1:16000		841 x 594 mm
PEGA-SOL-AL-GN-DRW-0001_01 SITUACION-EMPLAZAMIENTO			HOJA 01 DE 01		



COORDENADAS BATERÍAS		
FV	ESTE	NORTE
PEGASO	342391	4627408

