



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA


ETSI Aeroespacial y Diseño Industrial

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Aeroespacial
y Diseño Industrial

Producción de H₂ a partir de fotovoltaica para alimentar
una flota de vehículos de reparto industriales

Trabajo Fin de Grado

Grado en Ingeniería Mecánica

AUTOR/A: Morant Muñoz, Sergio

Tutor/a: Marí Soucase, Bernabé

CURSO ACADÉMICO: 2023/2024



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ETSI Aeroespacial y Diseño Industrial

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Aeroespacial y Diseño Industrial

**Producción de H₂ a partir de
fotovoltaica para alimentar una flota de
vehículos de reparto industriales**

Trabajo Fin de Grado

Grado Ingeniería Mecánica

AUTOR/A: Morant Muñoz, Sergio

Tutor/a: Marí Soucase, Bernabé

CURSO ACADÉMICO: 2023-2024

1. Tabla de contenido

1.	Tabla de contenido	2
2.	Memoria	4
2.1	Objeto del proyecto	4
2.2	Contexto del proyecto.....	5
2.3	Marco teórico.....	5
2.4	Marco normativo	6
3.	Proceso de generación de H2	10
3.1	Reformado de Gas Natural:	10
3.2	Producción de Hidrógeno desde el Carbón	11
3.3	Producción de Hidrógeno mediante electrólisis.....	12
3.4	Electrolizador	13
3.5	Distribución.....	18
3.6	El Hidrógeno como combustible en motores de combustión interna alternativos.	20
3.7	La pila de combustible	21
4.	Cálculos previos	23
4.1	Generación fotovoltaica.....	23
4.2	Energía producida por la instalación.....	25
4.3	Disposición de los paneles	27
5.	Características generales	28
5.1	Localización parcela a utilizar	28
5.2	Placas	28
5.3	Inversor	28
5.4	Sistema de supervisión de energía	28
5.5	Suportación.....	28
5.6	Conexiones eléctricas.	29
5.7	Protecciones eléctricas	40
5.8	Electrolizador y depósito de almacenamiento.	41
5.9	Compresor por etapas y tanques de hidrógeno	43
5.10	Agua requerida por la instalación.....	44
5.11	Hidrógeno producido por la instalación	44
5.12	Vehículos alimentados por la instalación.....	45
6.	Pliego de prescripciones técnicas	46
6.1	Objeto	46
6.2	Ámbito geográfico.....	47

6.3	Alcance de los trabajos	47
6.4	Materiales y equipos.....	48
6.5	Puesta en marcha por personal autorizado.....	65
7.	Presupuesto.....	66
7.1	Presupuesto desglosado	66
7.2	Estudio económico.....	72
8.	Conclusiones.....	73
9.	Trabajos citados y bibliografía	74
10.	Planos	76

2. Memoria

2.1 Objeto del proyecto

El proyecto consiste en el diseño y cálculo de una instalación de producción de H₂ producción de Hidrógeno a partir de fotovoltaica para alimentar una flota de vehículos de reparto industriales.

La justificación de dicho proyecto se basa en varios aspectos que destacan la viabilidad técnica, económica y ambiental del mismo.

Sostenibilidad ambiental:

La sostenibilidad del hidrógeno depende en gran medida de la fuente de energía utilizada para producirlo. La producción de hidrógeno a partir de fuentes renovables, como la energía solar o eólica, se considera más sostenible, ya que reduce las emisiones de gases de efecto invernadero en comparación con la producción basada en combustibles fósiles.

El hidrógeno es un vector energético limpio y renovable que no produce emisiones de gases de efecto invernadero ni contaminantes atmosféricos durante su uso.

La generación de hidrógeno a partir de energía solar fotovoltaica garantiza un ciclo de vida bajo en carbono, contribuyendo así a la reducción de la huella de carbono asociada con la movilidad industrial.

Eficiencia energética:

La conversión de energía solar en hidrógeno a través de la electrólisis puede ser altamente eficiente, especialmente si se utiliza tecnología de última generación.

Por ello se va a realizar un proyecto buscando la máxima eficiencia teórica posible.

Almacenar la energía en forma de hidrógeno permite superar la variabilidad de la energía solar, ya que el hidrógeno puede ser almacenado y utilizado cuando sea necesario.

Reducción de costos a largo plazo:

Aunque la inversión inicial en infraestructura fotovoltaica y sistemas de electrólisis puede ser significativa, a largo plazo, la producción de hidrógeno puede resultar más económica que los combustibles fósiles tradicionales, especialmente si se consideran las tendencias de disminución de costos en tecnologías renovables.

La disminución de los costos de producción y almacenamiento de hidrógeno, junto con el aumento en la eficiencia de las tecnologías solares, hace que la propuesta sea más atractiva con el tiempo.

Adaptación a regulaciones y tendencias del mercado:

La transición hacia fuentes de energía renovable está respaldada por regulaciones ambientales cada vez más estrictas en muchos lugares del mundo.

La adopción de tecnologías limpias y sostenibles puede mejorar la imagen de la empresa, cumplir con requisitos legales y posicionarse favorablemente en un mercado que valora la responsabilidad ambiental.

Beneficios fiscales y subvenciones:

Muchos gobiernos ofrecen incentivos fiscales y subvenciones para proyectos de energías renovables y movilidad sostenible. Aprovechar estas oportunidades puede hacer que el proyecto sea más atractivo desde el punto de vista financiero.

2.2 Contexto del proyecto

El contexto del proyecto implica considerar diversos elementos relacionados con el entorno nacional, las tendencias del mercado y los desafíos específicos del sector. Aquí tienes una contextualización:

Entorno energético español:

España está comprometida con la transición hacia fuentes de energía renovable para cumplir con los objetivos de la Unión Europea en cuanto a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y la promoción de la sostenibilidad.

La abundante radiación solar en muchas regiones de España hace que la energía fotovoltaica sea una opción atractiva y viable para la generación de electricidad.

Marco normativo:

Políticas y regulaciones en España que favorecen las energías renovables y la movilidad sostenible.

Tendencias en la movilidad sostenible:

La creciente conciencia ambiental y las restricciones de emisiones en áreas urbanas han impulsado la demanda de soluciones de movilidad sostenible en España. Es necesario subrayar cómo el uso de hidrógeno como combustible para vehículos industriales se presenta como una alternativa viable y eficiente en comparación con los combustibles convencionales.

Ventajas de la Energía Fotovoltaica:

España cuenta con condiciones climáticas favorables que hacen que la energía solar sea una opción eficiente y rentable.

La producción descentralizada de hidrógeno a través de la electrólisis alimentada por energía fotovoltaica permite aprovechar los recursos locales y reducir las pérdidas asociadas con la transmisión de electricidad a larga distancia.

Impacto Medioambiental:

Cabe resaltar que la generación de hidrógeno a partir de fuentes renovables, en este caso, la energía fotovoltaica, contribuye directamente a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero, mejorando así la calidad del aire y mitigando el cambio climático.

Resiliencia Operativa:

Destacar también la resiliencia operativa que ofrece el sistema de generación de hidrógeno, el cual permite almacenar energía para su uso en momentos de baja generación solar y asegurando un suministro constante para la flota de vehículos.

2.3 Marco teórico

Para que se puedan entender los conceptos que se van a tratar en este proyecto primero se debe definir una serie de conceptos básicos tales como la energía.

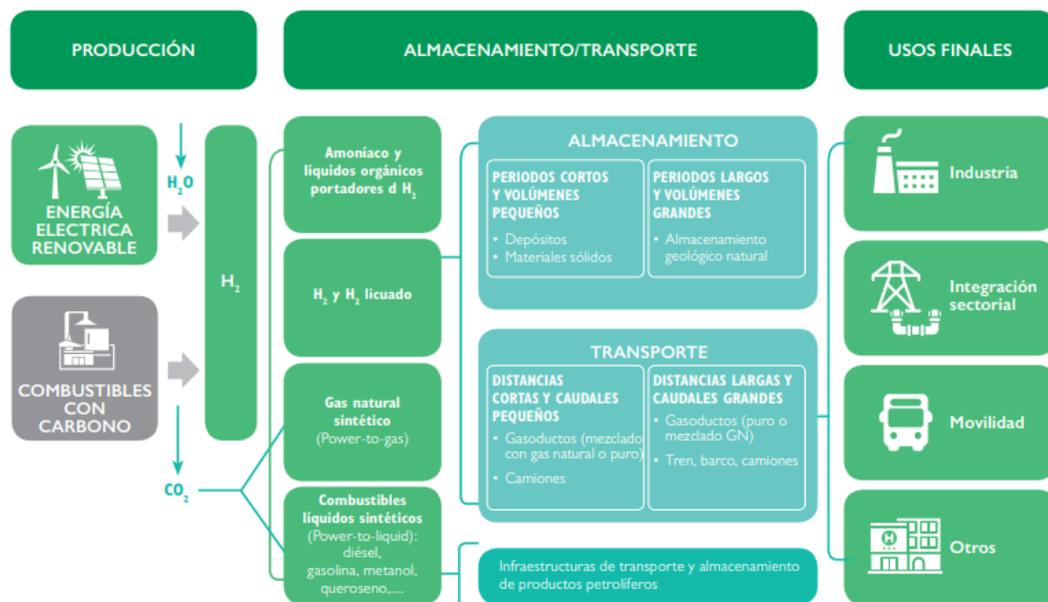
En las ciencias físicas no tiene mucho sentido hablar de “energía” a secas, término que, aislado de algún otro que especifique el tipo de energía, no es una

magnitud mensurable y carece de una definición concluyente.¹ La energía en el ámbito de la física se define como una propiedad fundamental que se manifiesta en diversas formas y puede ser transferida o convertida entre diferentes sistemas físicos.

Se entiende por energía primaria todas las fuentes de energía naturales, en su forma original y sin alteraciones. Es decir, todas las que están disponibles en la naturaleza antes de que esa energía sea convertida o transformada. Se denomina vector energético a aquellas sustancias o dispositivos que almacenan energía, de tal manera que ésta pueda liberarse posteriormente de forma controlada.²

Por estas definiciones se deduce que en la instalación a proyectar se va a utilizar la energía primaria solar, esta se convertirá mediante placas fotovoltaicas a energía secundaria electricidad y esta será utilizada para generar un vector energético el hidrógeno que alimentará a vehículos industriales.

Etapas de la cadena de valor del hidrógeno.



2.4 Marco normativo

Referente al apartado energético de la instalación

Normativas que se han de tener en cuenta a la hora de realizar el proyecto según el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (REBT), cuyo objetivo es establecer el marco de las condiciones técnicas y garantías que deben cumplirse tipo de instalaciones:

1 González Arias, A. (2006). El concepto "energía" en la enseñanza de las ciencias. Revista Iberoamericana De Educación, 38(2), 1-7. <https://doi.org/10.35362/rie3822660>

2 El hidrógeno como vector energético: Mucho hecho pero casi todo por hacer. (2019). Recuperado el 2 de 1 de 2024, de <https://repositorio.uam.es/handle/10486/688504>

- **Real Decreto 842/2002**, de 2 de agosto de 2002, por el que se aprueba el nuevo Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, e Instrucciones Técnicas Complementarias (ITC) BT01 a BT51.³
- **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.⁴
- **Ley 21/2013**, de 9 de diciembre, de Evaluación Ambiental.⁵
- **Decreto-ley 1/2022**, de 22 de abril, del Consell, de medidas urgentes en respuesta a la emergencia energética y económica originada en la Comunitat Valenciana por la guerra en Ucrania.⁶
- **Real Decreto-ley 15/2018**, de 5 de octubre, de medidas urgentes para la transición energética y la protección de los consumidores.⁷
- **Ley 24/2013**, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico.⁸
- **Real Decreto 1110/2007**, de 24 de agosto, por el que se aprueba el reglamento unificado de puntos de medida del sistema eléctrico.⁹
- **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.¹⁰
- **Orden FOM/1635/2013**, de 10 de septiembre, por la que se actualiza el Documento Básico DB-HE «Ahorro de Energía», del Código Técnico de la Edificación, aprobado por Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo.¹¹

³ Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión. Boletín Oficial del Estado, 224, de 18 de septiembre de 2002.

<https://www.boe.es/eli/es/rd/2002/08/02/842/con>

⁴ 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» núm. 140, de 10 de junio de 2014, páginas 43876 a 43978 (103 págs.)

<https://www.boe.es/eli/es/rd/2014/06/06/413>

⁵ Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de evaluación ambiental.

«BOE» núm. 296, de 11/12/2013.

<https://www.boe.es/eli/es/l/2013/12/09/21/con>

⁶ Decreto-ley 1/2022, de 22 de abril, del Consell, de medidas urgentes en respuesta a la emergencia energética y económica originada en la Comunitat Valenciana por la guerra en Ucrania. «DOGV» núm. 9323, de 22/04/2022.

⁷ Real Decreto-ley 15/2018, de 5 de octubre, de medidas urgentes para la transición energética y la protección de los consumidores. «BOE» núm. 242, de 6 de octubre de 2018, páginas 97430 a 97467 (38 págs.)

<https://www.boe.es/eli/es/rdl/2018/10/05/15>

⁸ Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico. «BOE» núm. 310, de 27/12/2013.

<https://www.boe.es/eli/es/l/2013/12/26/24/con>

⁹ Real Decreto 1110/2007, de 24 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento unificado de puntos de medida del sistema eléctrico. «BOE» núm. 224, de 18/09/2007.

<https://www.boe.es/eli/es/rd/2007/08/24/1110/con>

¹⁰ 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 27/12/2000.

<https://www.boe.es/eli/es/rd/2000/12/01/1955/con>

¹¹ Orden FOM/1635/2013, de 10 de septiembre, por la que se actualiza el Documento Básico DB-HE "Ahorro de Energía", del Código Técnico de la Edificación, aprobado por Real Decreto 314/2006,

Referente a la seguridad y salud

- **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, y resto de normativa aplicable en materia de prevención de riesgos.¹²
- **Ley 31/1995**, de 8 de noviembre de prevención de riesgos laborales¹³
- **Real Decreto 171/2004**, de 30 de enero, por el que se desarrolla el artículo 24 de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, en materia de coordinación de actividades empresariales.¹⁴

Referente al hidrógeno

a continuación, se va a hacer un listado de la normativa que se aplica a la tecnología del hidrógeno:

- El **Real Decreto 919/2006**, que define como instalador de gas “Persona física que, en virtud de poseer los conocimientos teórico-prácticos de la tecnología de la industria del gas y de su normativa, y cumpliendo los requisitos establecidos en la ITC-ICG 09, está capacitado para realizar y supervisar las operaciones correspondientes a su categoría”.¹⁵
- **Real Decreto 840/2015**, de 21 de septiembre, por el que se aprueban medidas de control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en el que intervengan sustancias peligrosas.¹⁶
- **UNE-ISO 22734-1:2008 e ISO 22734-2: Hydrogen generators using water electrolysis — Industrial, commercial, and residential applications.**¹⁷

Almacenamiento del hidrógeno

de 17 de marzo. «BOE» núm. 219, de 12 de septiembre de 2013, páginas 67137 a 67209 (73 págs.)

<https://www.boe.es/eli/es/o/2013/09/10/fom1635>

¹² 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, y resto de normativa aplicable en materia de prevención de riesgos «BOE» núm. 148, de 21/06/2001.

¹³ Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales. «BOE» núm. 269, de 10/11/1995.

<https://www.boe.es/eli/es/l/1995/11/08/31/con>

¹⁴ Real Decreto 171/2004, de 30 de enero, por el que se desarrolla el artículo 24 de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, en materia de coordinación de actividades empresariales. «BOE» núm. 27, de 31/01/2004.

<https://www.boe.es/eli/es/rd/2004/01/30/171/con>

¹⁵ Real Decreto 919/2006, de 28 de julio, por el que se aprueba el Reglamento técnico de distribución y utilización de combustibles gaseosos y sus instrucciones técnicas complementarias ICG 01 a 11. «BOE» núm. 211, de 4 de septiembre de 2006, páginas 31576 a 31632 (57 págs.)

<https://www.boe.es/eli/es/rd/2006/07/28/919>

¹⁶ Real Decreto 840/2015, de 21 de septiembre, por el que se aprueban medidas de control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas.

«BOE» núm. 251, de 20 de octubre de 2015, páginas 97531 a 97567 (37 págs.)

<https://www.boe.es/eli/es/rd/2015/09/21/840>

¹⁷ • ISO 22734:2019 Hydrogen generators using water electrolysis — Industrial, commercial, and residential applications

<https://www.iso.org/standard/69212.html>

- **Real Decreto 2060/2008**, de 12 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de equipos a presión y sus instrucciones técnicas complementarias.¹⁸
- **Real Decreto 656/2017**, de 23 de junio, por el que se aprueba el Reglamento de almacenamiento de productos químicos y sus instrucciones técnicas complementarias MIE APQ 0 a 10.¹⁹

Transporte de hidrógeno

En caso de ser necesario el transporte del hidrógeno por vía terrestre

- Las condiciones de seguridad del transporte del hidrógeno por carretera se encuentran reguladas en el **Acuerdo Europeo sobre Transporte Internacional de Mercancías Peligrosas por Carretera (ADR)**. Finalmente, las que aplican a la transformación de hidrógeno a electricidad mediante la pila de combustible, a este sistema se le aplica la normativa siguiente:
- El sistema de alimentación es una instalación a gas que debe cumplir con el reglamento de instalaciones a gas, **Real Decreto 919/2006**, de 28 de junio, en concreto las ITCICG 07 de instalaciones receptoras de combustibles gaseoso
- **EN 62282-3-100:2012**. Tecnología de las pilas de combustible. Parte 3-100: Sistemas estacionarios de pilas de combustible. Seguridad. **IEC 62282-3-100:2012**
- **EN 62282-3-300:2012**. Tecnología de las pilas de combustible. Parte 3-300: Sistemas estacionarios de pilas de combustible. Instalación. **IEC 62282-3-100:2012**
- **EN 62282-3-100:2012**. Tecnología de las pilas de combustible. Parte 5-1: Sistemas de pilas de combustible portátiles. Seguridad. **IEC 62282-3-100:2012**.

Dichas normas armonizadas, si bien derivan de la **Directiva 2014/35/UE** de material eléctrico, no solo incluyen los riesgos de la parte eléctrica, sino todo conjunto de riesgos del equipo, incluidos los derivados del sistema de alimentación de gas.

Ahora bien, atendiendo a la **Ley 16/2002**, de 1 de julio, de prevención y control integrados de la contaminación, establece que las “Instalaciones químicas para la fabricación de productos químicos inorgánicos” entre ellas el hidrógeno, están sometidas al régimen de **autorización ambiental integrada (AAI)**

Además, el **Real Decreto 509/2007** especifica que la solicitud de AAI debe incluir:

¹⁸ Real Decreto 2060/2008, de 12 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de equipos a presión y sus instrucciones técnicas complementarias. «BOE» núm. 31, de 5 de febrero de 2009, páginas 12297 a 12388 (92 págs.)

<https://www.boe.es/eli/es/rd/2008/12/12/2060>

¹⁹ • Real Decreto 656/2017, de 23 de junio, por el que se aprueba el Reglamento de almacenamiento de productos químicos y sus instrucciones técnicas complementarias MIE APQ 0 a 10 «BOE» núm. 176, de 25 de julio de 2017, páginas 65747 a 65956 (210 págs.)

<https://www.boe.es/eli/es/rd/2017/06/23/656>

- La identidad del titular.
- La documentación técnica para poder determinar las medidas relativas a las condiciones de explotación en situaciones distintas de las normales que puedan afectar al medio ambiente (puesta en marcha, fugas, fallos de funcionamiento, paradas temporales, cierre definitivo, etc.).
- Si la actividad implica la realización de vertidos, información específica sobre los vertidos, emisiones y pérdidas de sustancias consideradas prioritarias en el marco de la Ley de Aguas.
- Los procesos en los que intervengan sustancias, preparados o artículos enumerados en los Anexos XIV y XVII del **REACH**, así como las sustancias para las que no exista una resolución firme pero sí evidencia científica de que podrían cumplir los criterios del Anexo XIII del **REACH**.

3. Proceso de generación de H₂

Existen diferentes métodos para obtener hidrógeno, y la elección del método depende de varios factores, como la fuente de energía utilizada, la disponibilidad de recursos y las aplicaciones previstas para el hidrógeno. Es importante destacar que la sostenibilidad de la producción de hidrógeno depende en gran medida de la fuente de energía utilizada para alimentar estos procesos. Las tecnologías que utilizan energía renovable, como la electrólisis con energía solar o eólica, se consideran más sostenibles en términos ambientales. Además, se están realizando esfuerzos para mejorar la eficiencia y reducir los costos asociados con estos métodos de producción de hidrógeno.. Aquí se enumeran algunos de los principales sistemas de obtención de hidrógeno:

3.1 Reformado de Gas Natural:

El proceso de generación de hidrógeno mediante reformado de gas natural, conocido como reformado con vapor de metano (SMR, por sus siglas en inglés), es uno de los métodos más comunes y económicamente viables para producir hidrógeno a escala industrial. Este proceso implica varias etapas clave, que se describen a continuación:

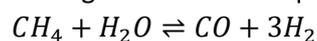
En la práctica, este proceso se lleva a cabo a altas temperaturas (generalmente en el rango de 700-1100°C) y utilizando catalizadores para aumentar la velocidad de reacción. Los hidrocarburos utilizados comúnmente incluyen gas natural, metano, propano o incluso alcoholes y otros compuestos orgánicos.

Reacción de Reformado (principal):

Antes del reformado, el gas natural (principalmente metano, CH₄) se purifica para eliminar impurezas como azufre y otros contaminantes que podrían dañar los catalizadores utilizados en el proceso.

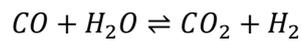
Reformado con Vapor:

El gas natural se mezcla con vapor de agua y se introduce en un reactor de reformado. En presencia de un catalizador a altas temperaturas (700-1,100°C) y altas presiones, el metano reacciona con el vapor para producir hidrógeno y monóxido de carbono según la siguiente reacción química:



Reacción de desplazamiento de Agua-Gas

El gas de síntesis resultante del reformado (una mezcla de hidrógeno, monóxido de carbono, dióxido de carbono y vapor) se somete a la reacción de desplazamiento de agua-gas para aumentar la producción de hidrógeno. En este proceso, el monóxido de carbono reacciona con vapor de agua en presencia de un catalizador para producir dióxido de carbono y más hidrógeno:



Purificación del hidrógeno

El gas resultante, que contiene una mezcla de hidrógeno, dióxido de carbono, vapor y otros gases, se purifica para separar el hidrógeno del resto de los componentes. Los métodos comunes de purificación incluyen:

Absorción por Cambio de Presión (PSA): Utiliza materiales adsorbentes que capturan y retienen el dióxido de carbono y otros gases, permitiendo que el hidrógeno puro se libere.

Absorción Química: Emplea soluciones líquidas para disolver los gases no deseados.

Membranas de Separación: Utilizan membranas permeables selectivas para permitir que solo el hidrógeno pase a través de ellas.

Almacenamiento y distribución

El hidrógeno purificado se almacena en tanques especiales y se distribuye según sea necesario. Puede ser comprimido o licuado para facilitar su almacenamiento y transporte.

Consideraciones ambientales

Aunque el reformado de gas natural es una tecnología madura y eficiente, presenta desafíos ambientales significativos, principalmente debido a la emisión de dióxido de carbono (CO₂) como subproducto del proceso. Para mitigar el impacto ambiental, se están desarrollando tecnologías como la captura y almacenamiento de carbono (CCS, por sus siglas en inglés) para capturar y almacenar el CO₂ producido durante el reformado.

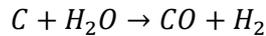
En resumen, el reformado con vapor de metano es un proceso eficiente y ampliamente utilizado para la producción de hidrógeno, pero su impacto ambiental hace que sea esencial buscar formas de hacerlo más sostenible, como la integración de tecnologías de captura de carbono y el uso de fuentes de energía renovables.

3.2 Producción de Hidrógeno desde el Carbón

La producción de hidrógeno a partir del carbón es un proceso químico que transforma el carbón en hidrógeno, utilizando una serie de reacciones químicas y técnicas de conversión. A continuación, se describe un esquema general de cómo se produce hidrógeno desde el carbón, junto con algunas consideraciones y tecnologías involucradas:

Gasificación del Carbón

El carbón se introduce en un reactor de gasificación, donde se lleva a cabo el proceso químico. En este proceso, el carbón se convierte en gas de síntesis mediante una reacción con oxígeno y vapor a altas temperaturas.



Reacción WGS

El gas de síntesis producido en la gasificación contiene CO y H₂. La reacción de desplazamiento de agua-gas se utiliza para convertir el CO en CO₂ y generar más hidrógeno.



Separación y Purificación del Hidrógeno:

El hidrógeno producido en las etapas anteriores necesita ser separado y purificado del CO₂ y otros gases. Esto se puede hacer mediante diversas tecnologías como la adsorción por cambio de presión (PSA, Pressure Swing Adsorption), la cual separa el hidrógeno de otros gases mediante diferencias en la capacidad de adsorción a distintas presiones; las membranas de separación, las cuales selectivamente dejan pasar el hidrógeno pero bloquean otros gases; y finalmente el *scrubbing*, proceso el cual utiliza solventes químicos para absorber y separar los gases.

Procesos de Separación y Purificación:

El gas de síntesis se somete a procesos de separación y purificación para eliminar impurezas y obtener un producto más limpio.

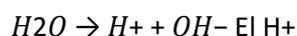
3.3 Producción de Hidrógeno mediante electrólisis

La electrólisis es un proceso por el cual se consigue separar el agua en sus dos elementos, el hidrógeno y el oxígeno con el suministro de corriente eléctrica continua.



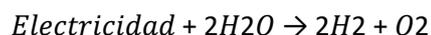
En 1800 Alessandro Volta inventó la primera pila, ese mismo año, a Anthony Carlisle y William Nicholson se les ocurrió meter en el agua un hilo de cobre atado en sus extremidades a la pila. De esta manera observaron como en un extremo se desprendía un gas: el hidrógeno. [21]

El principio de funcionamiento de la electrólisis del agua emplea una conexión de dos electrodos a una pila sumergidos en el agua. Cada uno de estos es conectado uno al polo positivo de la pila (ánodo) y el otro al negativo (cátodo). Este potencial eléctrico provoca que los electrones OH sean atraídos hacia el ánodo, mientras que los H⁺ son atraídos por el cátodo. Provocando de este modo la separación de las moléculas de agua.



cuando se dirige al cátodo se combina con un electrón para obtener carga neutra. A continuación, se une a otro átomo de hidrógeno y asciende a la superficie siendo H₂. En lo referente al OH el ánodo absorbe el electrón que le sobra y posteriormente se combina con tres

moléculas de hidróxidos dando como resultado dos moléculas de agua y una de oxígeno. El proceso finalmente sería lo resultante del proceso expuesto a continuación:



Como se ha dicho, para conseguir esto, es necesario una corriente eléctrica. Esto ofrece la posibilidad de utilizar cualquier fuente de energía para la producción del hidrógeno. Ahora bien, esta tecnología presenta un inconveniente, y es que, la energía necesaria para lograr su separación es grande debido a la estabilidad de la molécula (286,45 kJ/mol a 25°C), teóricamente, el potencial termodinámico para conseguir la electrólisis del agua es de 1,23 V. Cabe remarcar que la energía a suministrar va a depender de dos factores que son la temperatura y la presión. Es interesante trabajar a temperaturas altas porque así no toda la energía necesaria para la separación de la molécula se ha de suministrar. Si se trabaja a temperaturas más altas es posible sustituir parte de la electricidad por calor. En lo referente a la presión, si se opera a valores altos se pueden evitar costes adicionales en la compresión del hidrógeno, necesario para el almacenamiento del hidrógeno. El objetivo va a ser siempre reducir el aporte eléctrico para la electrólisis ya que el coste del hidrógeno va a estar dominado por el de la electricidad utilizada.

3.4 Electrolizador

Aunque se hayan mejorado considerablemente los sistemas de obtención de hidrógeno por vía electrolítica, hoy en día, es complicado obtener una eficiencia alta y un coste bajo, que es el objetivo principal, a causa del alto consumo energético. A continuación, se van a presentar distintas tecnologías electrolíticas que van a depender de la función y del tamaño del electrolizador:

Electrolizador alcalino (AEL)

Utiliza una solución electrolítica como el KOH (hidróxido de potasio o potasa cáustica) o el NaOH (hidróxido de sodio o sosa cáustica) con agua. El hidrógeno se produce en una celda formada por un ánodo, un cátodo y una membrana. Por tal de conseguir más hidrógeno las celdas se montan en serie. Se han utilizado durante más de 100 años y no requieren metales nobles como catalizador. Es una tecnología barata y ofrece una eficiencia energética entre 70 y 80%. Por otro lado, la pureza del hidrógeno es baja, así como la presión de trabajo, comprendida entre los 3 y los 30 bar. A continuación, se presenta una imagen del proceso y las operaciones químicas que tienen lugar en este tipo.

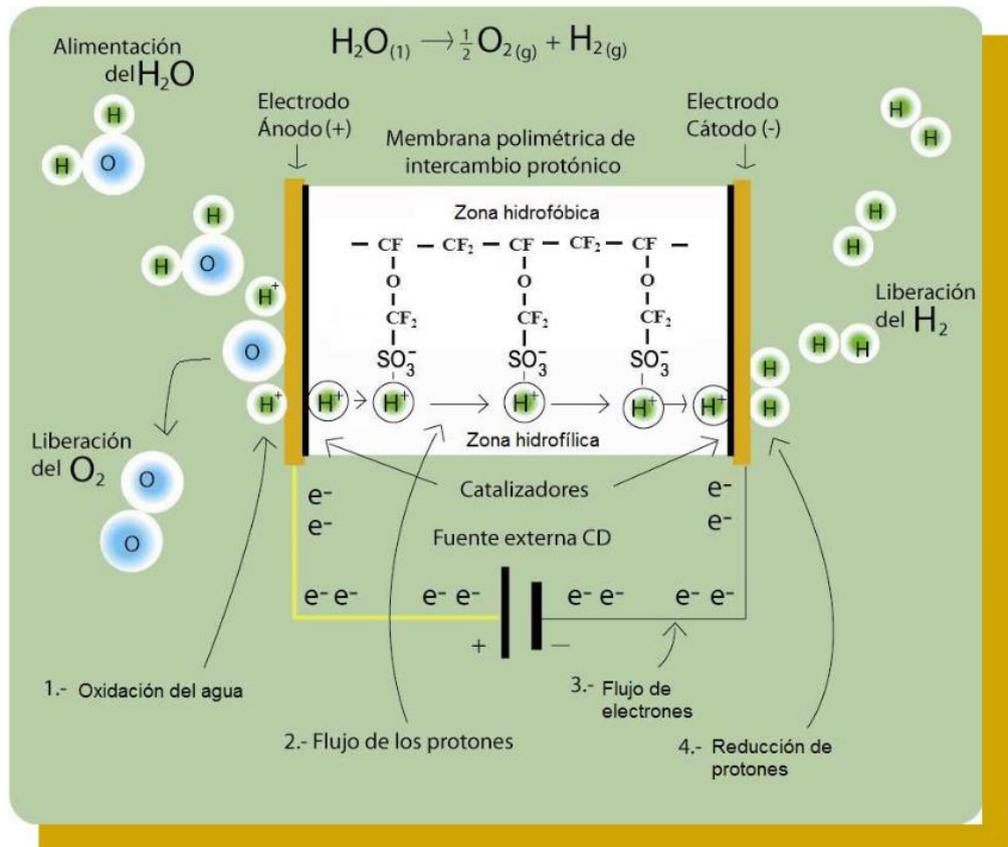
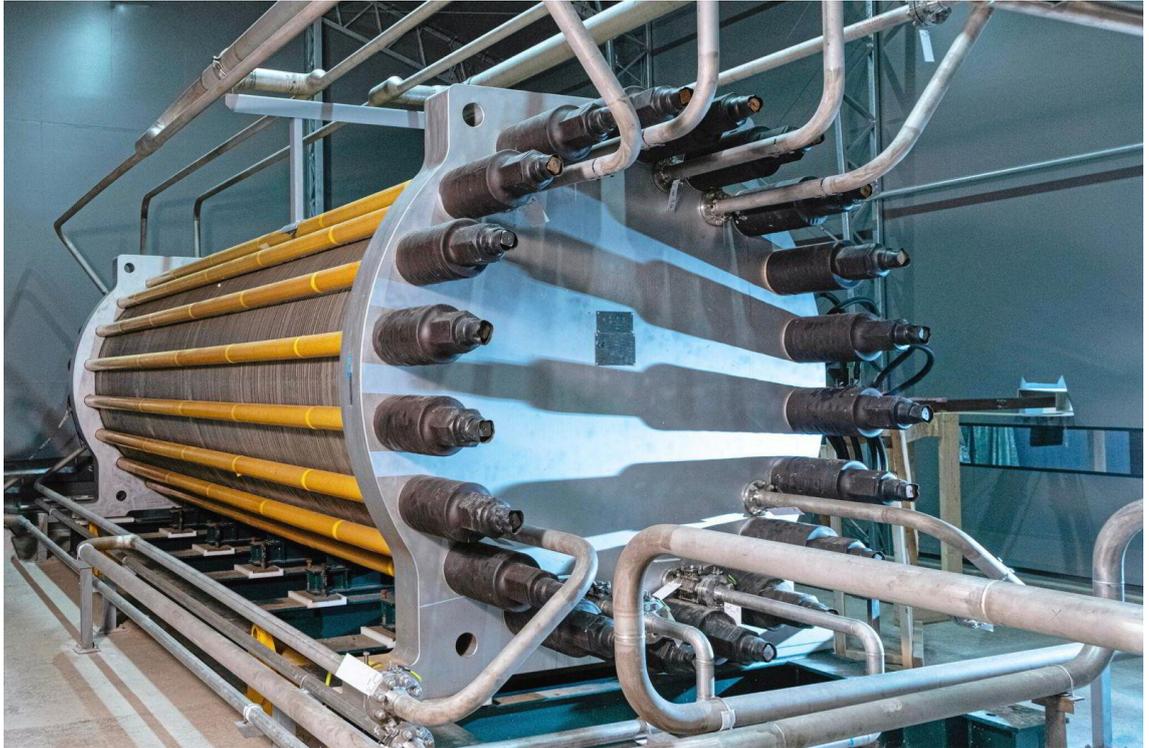


Figura extraída de ²⁰

²⁰ Sánchez-Dirzo, Rafael. (2016). UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO HIDRODINÁMICA Y OPTIMIZACIÓN DE UN DISPOSITIVO ENERGÉTICO TIPO TAPCHAN DOCTOR EN INGENIERÍA RAFAEL SÁNCHEZ DIRZO TUTOR: DR. RODOLFO SILVA CASARÍN. 10.13140/RG.2.2.19821.61927. <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.19821.61927>



Electrolizador AEL comercializado

Electrolizador membrana de intercambio aniónico (AEM)

Utilizan una membrana de intercambio de protones y un electrolito polimérico sólido. Cuando se le aplica la corriente a la pila, el agua se divide en hidrógeno y oxígeno. Producen hidrógeno de alta pureza. Estos electrolizadores continúan en fase de desarrollo, aunque ya se comercializan. Son la mejor opción para acoplarlos a un sistema de generación energética por vía renovable ya que tienen una respuesta muy rápida y dinámica, requerimientos necesarios para hacer frente al carácter fluctuante de las renovables. Presenta una alta eficiencia, entre el 80 y el 90 % y una pureza del hidrógeno del 99%. Es un sistema compacto y de rápida respuesta, en cambio los componentes de esta tecnología son caros, ya que utiliza materiales preciosos como catalizadores.

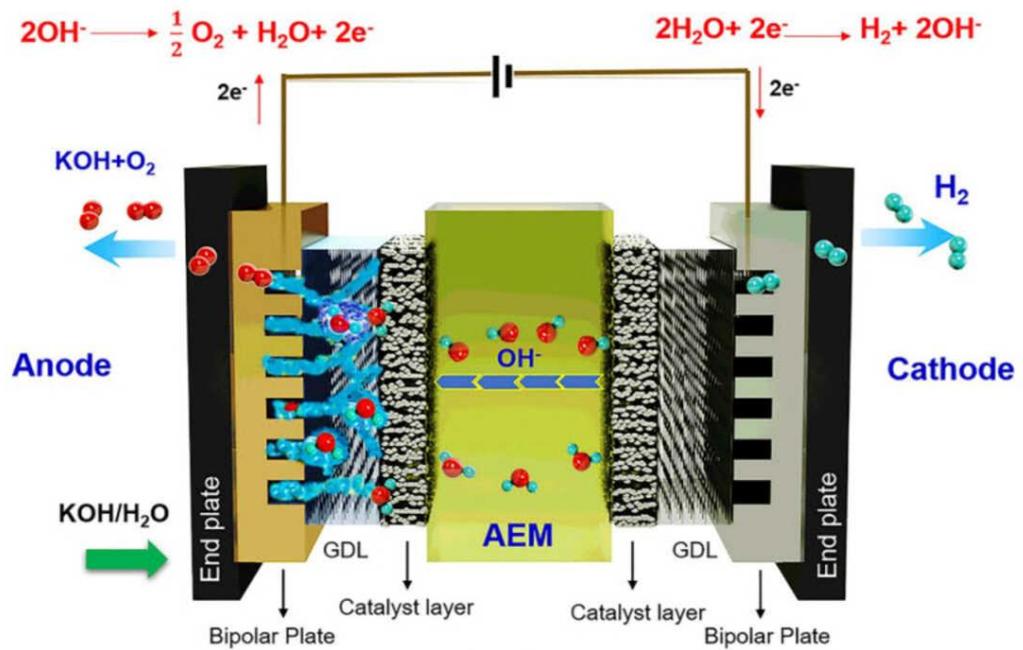


Figura reacción abstracta del electrolizador de intercambio aniónico



Prototipo electrolizador de intercambio aniónico

Electrolizador de membrana de intercambio de protones (PEM)

Utilizan una membrana de intercambio de protones y un electrolito polimérico sólido. Cuando se le aplica la corriente a la pila, el agua se divide en hidrógeno y oxígeno. Producen hidrógeno de alta pureza. Estos electrolizadores continúan en fase de desarrollo, aunque ya se comercializan. Son la mejor opción para acoplarlos a un sistema de generación energética por vía renovable ya que tienen una respuesta muy rápida y dinámica, requerimientos necesarios para hacer frente al carácter fluctuante de las renovables. Presenta una alta eficiencia, entre el 80 y el 90 % y una pureza del hidrógeno del 99%. Es un sistema compacto y de rápida respuesta,

en cambio los componentes de esta tecnología son caros, ya que utiliza materiales preciosos como catalizadores.

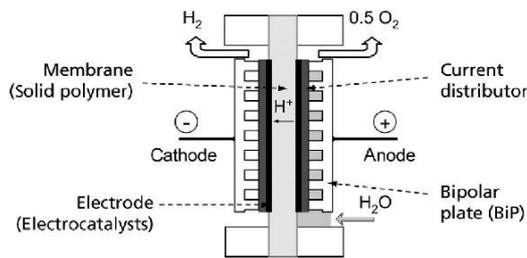


Figura de Descripción de la publicación Congreso Iberoamericano de Hidrógeno y Pilas de Combustible²¹

Electrolizador de óxido sólido (SOEC)

Utilizan una membrana de intercambio de protones y un electrolito polimérico sólido. Cuando se le aplica la corriente a la pila, el agua se divide en hidrógeno y oxígeno. Producen hidrógeno de alta pureza. Estos electrolizadores continúan en fase de desarrollo, aunque ya se comercializan. Son la mejor opción para acoplarlos a un sistema de generación energética por vía renovable ya que tienen una respuesta muy rápida y dinámica, requerimientos necesarios para hacer frente al carácter fluctuante de las renovables. Presenta una alta eficiencia, entre el 80 y el 90 % y una pureza del hidrógeno del 99%. Es un sistema compacto y de rápida respuesta, en cambio los componentes de esta tecnología son caros, ya que utiliza materiales preciosos como catalizadores.



Figura esquematizada de un SOEC

²¹ Amores, Ernesto & Contreras, Alfonso & Rodriguez, Lourdes. (2017). Análisis de la distribución de flujo mediante simulación CFD en celdas de electrólisis PEM con configuración de canales paralelos.

Propuesta

Este último tipo de electrolizador es el que menos ha despuntado y eso es a causa de su objetivo principal. Como se ha comentado en el apartado anterior, el potencial termodinámico para la electrólisis es de 1,23 V. Para conseguir esto se produce una división electroquímica del agua en sus dos componentes mediante una membrana de intercambio de aniones. Para los electrolizadores alcalinos y los tipo PEM se requieren metales nobles como catalizadores, el platino por ejemplo. Esta tecnología utiliza metales de transición que son menos costosos y, además, ofrecen una respuesta rápida. Sin embargo, su eficiencia es baja (50 %) y no se ha desarrollado al mismo nivel que los anteriores casos.

TIPO ELECTROLIZADOR	AEL	PEM	SOEL	AEM
Eficiencia (η)	60-70%	70-80%	85-95%	~50%
Consumo	4.6-5.2 KWhe/Nm ³ H ₂	4.5-4.8 KWhe/Nm ³ H ₂	3.2-3.5 KWhe/Nm ³ H ₂	4.5-4.8 KWhe/Nm ³ H ₂
Densidad de corriente (mA/cm ²)	200-600	600-2000	≤ 2000	200-1000
Presión (bar)	< 30	< 60	1-5	< 30
Coste (€/kw)	1000-1500	1500-2000	prototipo	prototipo
Ventajas	Tecnología madura	Respuesta rápida	Elevada eficiencia	Catalizadores no pertenecientes PGM
Desventajas	Electrolito líquido	Catalizadores PGM	Cerámicas complejas	Baja eficiencia

Como se puede apreciar en la imagen, los únicos que se comercializan son los alcalinos y los de tipo PEM, aunque los SOEL también se comercializan para bajas presiones, los dos primeros son los más implementados. Para el trabajo se ha escogido un electrolizador de tipo PEM, ya que ofrece una buena eficiencia junto con una pureza muy alta del hidrógeno (99 %). Aunque emplee metales nobles que lo encarecen (1500-2000 €/kw), permite trabajar a presiones altas, hecho que facilita el proceso de compresión. No se ha escogido el tipo AEL ya que la eficiencia es menor, aunque el precio sea más barato y, además, no responde bien a cambios de potencia, y la potencia de la instalación fotovoltaica va a ser variable. También a causa de su electrolito, que es líquido, impidiendo un diseño compacto y sin una respuesta rápida. Este tipo de electrolizadores suele trabajar en una presión de unos 30 bar, puesto que mayores presiones perjudicarían gravemente a la membrana restándole años de vida. En lo referente a la temperatura, debe ser inferior a los 100 grados para garantizar lo mismo, a temperaturas superiores la membrana se daña y pierde su funcionalidad.

3.5 Distribución

El hidrógeno es un gas con una densidad muy baja, factor que complica su almacenamiento. Aun así, existen tecnologías muy diversas para lograrlo, ofreciendo diferentes técnicas para cada aplicación. Por otro lado, en las aplicaciones dedicadas a la movilidad no se ofrece una solución viable en términos de peso, volumen y costes. Como se puede ver en la Imagen 12 el hidrógeno líquido y el gaseoso a presión de 700 bar son las soluciones que ofrecen mejores condiciones de volumen, no obstante, siguen siendo entre 7 y 9 veces más voluminosas que la gasolina, en referencia a un contenido de combustible equivalente.

Seguidamente se van a presentar distintas tecnologías para el almacenamiento del hidrógeno. El hidrógeno gas se puede almacenar en tanques a presión o en microesferas de vidrio:

Tanques a presión

El hidrógeno se puede almacenar en estado gaseoso de distintas maneras, ya sea en depósitos móviles o estacionarios y en depósitos subterráneos. En lo referente a los móviles o estacionarios, existen cuatro tipos de almacenamiento a alta presión.

El tanque de tipo I operan a presiones de 175 bar hasta 200 bar, dependiendo si están fabricados de aluminio o acero. Estos tanques son muy pesados y su capacidad gravimétrica es pequeña. Son una buena opción para aplicaciones estacionarias, como el almacenamiento en laboratorios.

El de tipo II son tanques metálicos, de acero o de aluminio y están reforzados con compuestos de fibra de carbono o vidrio. Estos son capaces de soportar presiones de 700 a 1000 bar. Son depósitos muy pesados, lo que les limita a aplicaciones estacionarias, como el almacenamiento en hidrogenéras.

El tanque de tipo III a diferencia del anterior, está formado en mayor cantidad de materiales compuestos lo que le permite disminuir considerablemente el peso. También son capaces de soportar presiones de 700 bares. Finalmente, el tanque de tipo IV, permite eliminar la mayoría del material metálico del depósito, haciendo que estos sean los más ligeros. Están compuestos por un forro interno de material plástico reforzado por fibras de carbono en diferentes direcciones que recubre un forro de plástico. En contra son más caros debido al gran uso de fibra de carbono, no obstante, son los más ligeros y permiten presiones de hasta 700 bares y más. Este último comentado es el objetivo principal para poder implementar el hidrógeno en el sector del automóvil, aunque a 350 bar es suficiente si se trata de autobuses. Por ejemplo, en el Toyota Mirai se encuentran dos tanques de este tipo, con una capacidad total de 122,4 l. [13] También existen depósitos de menores presiones, cuyas dimensiones son elevadas. Sirven para almacenar hidrógeno a presiones de hasta 100 bar.

Microesferas de vidrio

Esta tecnología aprovecha la permeabilidad del hidrógeno a altas presiones para cargar el gas a altas temperaturas en unas esferas resistentes a la presión. Cuando se ha completado la carga las microesferas se enfrían a temperatura ambiente y retienen en su interior el hidrógeno. Para poder transferir el hidrógeno que posee su interior, estas esferas se han de calentar a 200-300°C. En cuanto a sus problemas se encuentran las altas presiones de llenado y las altas temperaturas de liberación del hidrógeno.

En lo referente al almacenamiento líquido del hidrógeno se van a exponer dos opciones, puesto y que existen varios métodos, estos son los más avanzados y que ofrecen una mejor solución:

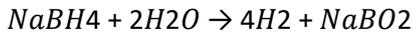
Hidrógeno líquido

El hidrógeno se puede licuar a temperaturas muy bajas (-253°C). Esto ofrece una ventaja primordial, su densidad energética es muy superior a la del gas hidrógeno. En este estado ocupa 700 veces menos que a temperatura ambiente y presión atmosférica. En desventaja, para conseguir licuarlo se ha de perder entre el 30 y el 40% de energía, y además se han de usar

contenedores criogénicos muy aislantes, hecho que provoca pérdidas por evaporación cuando no se usa el sistema.

Disoluciones de borohidruros

El hidrógeno es liberado a partir de la reacción siguiente:



Esta reacción catalítica se puede producir a bordo del vehículo de una forma segura y controlable, no obstante, el producto de la reacción ha de almacenarse y ser regenerado en NaBH_4 en un proceso que no se puede realizar en el vehículo.

Finalmente, solo queda por mostrar las posibilidades que ofrece el estado sólido. Se van a presentar dos grupos seguros y eficientes

Materiales basados en el carbono (nanotubos y nanofibras de grafito)

Los nanotubos están formados por redes hexagonales curvadas y cerradas de carbono formando tubos. Este sistema es ligero, hueco y poroso, con alta resistencia mecánica e interesante para el refuerzo estructural de materiales y formación de composites de bajo peso. Gracias a la poca masa que tienen y a la alta capacidad de adsorción, pueden almacenar densidades dobles que las de los tanques de hidrógeno líquido. Ahora bien, se ha demostrado que este sistema únicamente es posible a temperaturas extremadamente bajas (por debajo de los 196 °C bajo cero), ya que, a temperatura ambiente, la mayor parte del hidrógeno se ha evaporado. De todos modos, se desconoce la cantidad que se puede almacenar, y el cómo de su almacenamiento, si se enlaza químicamente con el nanotubo o no.

Hidruros recargables

Una determinada masa metálica se puede cargar y descargar prácticamente infinidad de veces y se puede utilizar como depósito de almacenamiento sólido de hidrógeno. Esto es posible porque el hidrógeno puede reaccionar con varios metales y formar hidruros. Este hidrógeno se libera cuando se aplica calor a los metales cuando se calienta el tanque y reduciendo la presión, por ejemplo. Este método es seguro y manejable y además permite mayor hidrógeno por unidad del volumen que el líquido. Por el contrario, el peso del sistema es elevado y esto dificulta su uso en aplicaciones móviles.

3.6 El Hidrógeno como combustible en motores de combustión interna alternativos.

Aunque existen diferentes aplicaciones para el hidrógeno, en este apartado se van a exponer algunas de éstas, todas ellas relacionadas con el sector del transporte. Se va a incluir la pila de combustible, de la que se va a hacer pleno análisis, ya que lidera el sector por delante de las otras opciones. El hidrógeno en el sector del automóvil puede utilizarse mediante la pila nombrada y un motor eléctrico, por medio de un motor de combustión o una combinación de ambas. En primer lugar, en lo referente a los motores convencionales, se encuentran dos. El primero es el motor Wankel y el segundo es el motor de combustión interna, los cuales se pueden adaptar al hidrógeno como combustible.

Motor Wankel

La configuración del Wankel permite minimizar las dificultades de combustión que pueden tener otro tipo de combustibles. Además, no tiene problemas de autoencendido ya que,

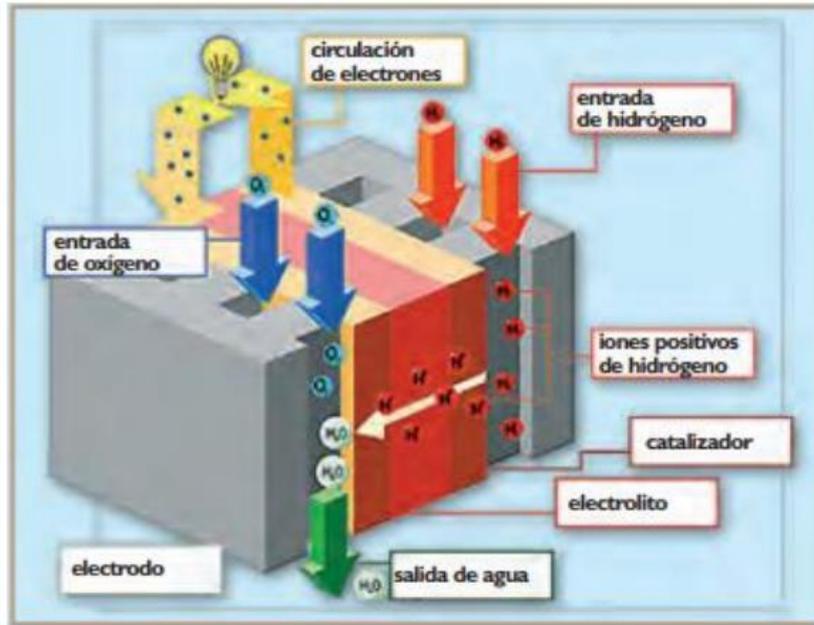
suponiendo que los gases de escape fuesen los responsables de esto, la geometría de giro del motor hace que, cuando los gases “frescos” entran, asegura que la cámara se encuentra vacía y los gases de escape lejos. Por último, este motor permite una mayor homogeneidad de temperaturas en las cámaras de combustión, por el hecho explicado anteriormente, y esto es causante de un gran interés en esta tecnología. Mazda lleva años investigando al respecto, y estima que hacia 2030 la mayoría de los vehículos eléctricos hayan adquirido esta tecnología como extensor de autonomía.

Motor de combustión interna alternativo

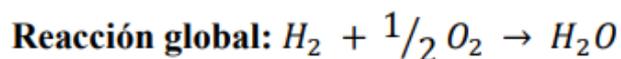
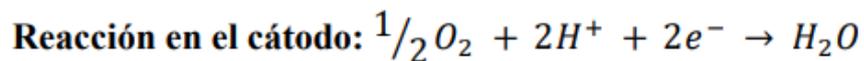
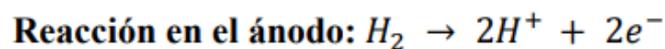
El funcionamiento es muy similar que si se emplease gasolina. El hidrógeno se comporta como combustible, el oxígeno como comburente y una bujía se encarga de realizar la chispa que inicia la combustión. La reacción que se produce tiene dos Manuel Gutiérrez Viña 28 moléculas de hidrógeno por cada molécula de oxígeno, obteniendo como residuo vapor de agua y NOX en pequeñas cantidades debido al calor producido en las cámaras de combustión. No obstante, dicho motor no es como el que se usa hoy en día con gasolina, si no que se encuentra adaptado al hidrógeno, cuyo comportamiento frente los materiales del motor es diferente que el de la gasolina. Por último, se va a analizar el principio de funcionamiento de la pila de combustible cuyo contenido se va a encontrar en un apartado nuevo debido a su magnitud e importancia dentro del trabajo.

3.7 La pila de combustible

Es capaz de revertir el proceso que realiza un electrolizador, es decir, convierte la energía química almacenada en un combustible en energía eléctrica. A diferencia de las baterías, que almacenan energía química que después transforma en electricidad, y cuya vida depende de la durabilidad de la primera de ellas, la pila de combustible convierte en electricidad la energía química del combustible que recibe del exterior y suministra energía eléctrica de forma continua mientras dure el aporte del combustible. La reacción que se lleva a cabo en el interior de la pila emplea un combustible como reactivo, que en este caso va a ser hidrógeno, y un elemento oxidante, generalmente oxígeno. Bien, las pilas de combustible son una suma de pilas individuales que, para distinguirlas, a estas, se las llama celdas o células de combustible. Cada una de éstas está formada por dos electrodos, ánodo y cátodo, separados por un electrolito sólido o líquido. A continuación, se muestra la imagen del funcionamiento de esta tecnología.



Si se sigue el recorrido de la Imagen 13, en el ánodo el hidrógeno se disocia en protones y electrones, en presencia de un catalizador, y se puede ver como los iones positivos son los que circulan a través del electrolito, hasta el cátodo. Por otro lado, los electrones se mueven por un circuito eléctrico que conecta a los dos electrodos, al no travesar este electrolito. Este flujo de electrones es la energía eléctrica que se obtiene del proceso. Cuando éstos llegan al cátodo se combinan con los protones que sí que han atravesado el electrolito y forman el único residuo, que en este caso va a ser agua. Las ecuaciones resultantes de este proceso son las siguientes:



Existen diferentes tipos de pilas de combustible, en la Imagen 14 se muestra una comparación entre todas ellas. La opción polimérica (PEMFC) es la que mejor se acopla a las necesidades. Como se puede observar, es la empleada para el sector del transporte y ofrece las ventajas de trabajar a bajas temperaturas, su arranque es rápido, de modo que proporciona una alta respuesta dinámica y tanto su grado de corrosión como su coste de mantenimiento es bajo.

	PEMFC	AFC	PAFC	MCFC	SOFC	DMFC
Electrolito	Membrana de Polímero Sólido	Solución Alcalina	Ácido Fosfórico	Carbonatos Fundidos	Óxido Sólido	Membrana de Polímero Sólido
Temperatura Operación (°C)	60 - 80	100 - 120	200 - 250	600 - 700	800 - 1000	50 - 120
Rango potencia	5 - 250 kW	5 - 150 kW	50 kW - 11 MW	100 kW - 2 MW	100 - 250 kW	5 kW
Ventajas	Baja Temperatura Arranque rápido Baja corrosión y mantenimiento	Mayor eficiencia Reacción catódica más rápida	Acepta H2 impuro	Reformado interno Cogeneración	Reformado interno Cogeneración	No necesita reformador de combustible
Aplicaciones	Transporte Portátiles Residencial	Espaciales	Generación eléctrica distribuida y calor	Generación eléctrica distribuida y calor	Generación eléctrica distribuida y calor	Portátiles

Este tipo de pila, como bien se indica en la tabla, emplea una membrana de polímero sólido como electrolito. Esta membrana separa la parte anódica y catódica de cada celda, y tiene la propiedad de permitir el paso únicamente de iones positivos.

4. Cálculos previos

4.1 Generación fotovoltaica

Elección de Parcela

Las parcelas se encuentran en PL POLIGONO 18 298 N2-300 PENISCOLA / PEÑISCOLA (CASTELLÓN) con una superficie de 10.415 m² 4.838m²según catastro, sus coordenadas son 40°23'39.6"N 0°22'13.3"E.

Irradiación solar

La irradiación solar es la magnitud usada para medir la energía por unidad de área que recibe radiación solar durante un tiempo determinado (kWh/m²). Se ha utilizado la herramienta de PVGIS, concretamente PVGIS-SARAH2 Esta herramienta de PVGIS proporciona los valores promedio mensuales de radiación solar en el emplazamiento seleccionado, mostrando gráficamente y en tablas cómo el valor promedio de irradiación solar varía a lo largo de un periodo de varios años. Se pueden obtener datos de irradiación solar global sobre plano horizontal y/o inclinado, así como datos de irradiación directa normal (DNI).

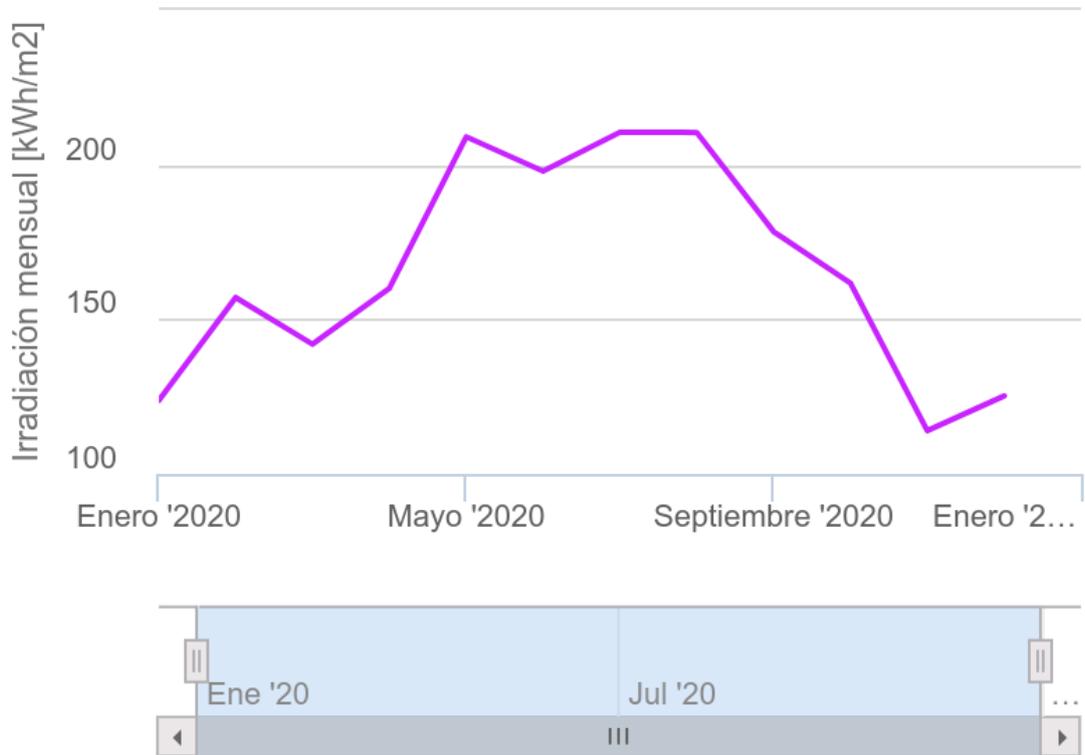
Los datos aportados al programa son:

Datos proporcionados:	
Localización [Lat/Lon]:	40.394,0.370
Horizonte:	Calculado
Base de datos:	PVGIS-SARAH2
Año inicial:	2020
Año final:	2020

Los datos aportados en gráfica son:

Irradiación solar mensual

(C) PVGIS, 2024



Irradiación (Click on series to hide)

— Irradiación ángulo seleccionado

Revisar anexo PVGIS-5_MonthlyRadiation_40.394_0.370_undefined_2020-2020

Diseño de la instalación solar

En cuanto a la situación de los paneles, se van a situar sobre una estructura, ya que se trata de suelo rústico. Para calcular el número de placas se van a necesitar los datos del inversor escogido, así como de las placas seleccionadas. De este modo se pueden calcular cuantas placas en serie y en paralelo admite una unidad de inversor. En primer lugar, se procede al cálculo del número de módulos totales que el inversor permite conectar, con la siguiente fórmula:

$$N_p = \frac{P_{inv}}{P_{m_{max}}}$$

- N_p = Número de placas de la instalación

- P_{inv} = Potencia del inversor =100kW

- $P_{m_{max}}$ = Potencia máxima del módulo=610W

$$N_p = 163,9344 \approx 164$$

En segundo lugar, para hallar los módulos en serie como máximo que se pueden conectar por inversor se utiliza la siguiente fórmula:

$$N_{ps} = \frac{Ve_{inv}}{Vm_{pm}}$$

- N_{ps} = Número de placas en serie

- Ve_{inv} = Tensión de máximo rendimiento del inversor = 720V

- Vm_{pm} = Tensión pico máxima del módulo FV = 34,8V

$$N_{ps} = 20.689 \approx 20$$

Con esto se puede calcular el número de módulos en paralelo que se pueden conectar con dicha cantidad de módulos en serie:

$$N_{pp} = \frac{N_p}{N_{ps}} = 8.2 \approx 8$$

Con estos resultados si elegimos instalar 8 bloques en paralelo de 21 modulos en serie la potencia teórica que recibiría el inversor sería superior a la potencia máxima teórica que admite, por tanto debemos redondear a la baja y elegir 7 bloques de 21 modulos.

$$Pot_{diseñoinv} = N_{pp} * N_{ps} * Pm_{max} = 97,600kW$$

Dado que la potencia de nuestro diseño es inferior a la potencia máxima del inversor $Pot_{maxinv} < Pot_{diseñoinv}$ nuestra propuesta es correcta.

Como estamos buscando 1MW de capacidad solar vamos a tener que calcular el nº de inversores según nuestro diseño que vamos a necesitar.

$$N_{inv} = \frac{Pot_{deseada}}{Pot_{diseñoinv}} = 10,245 \approx 11$$

Dado que el número de bloques de inversores debe ser un entero y que la potencia solar no debe ser inferior a 1Mw vamos a redondear a 11 inversores siendo la potencia final de la instalación el producto de $Pot_{diseñoinv}$ y N_{inv} , 1,073MW.

Por tanto, se van a instalar 11 inversores con 8 grupos de 20 placas cada siendo un total de 1760 placas a instalar.

4.2 Energía producida por la instalación

Vamos a utilizar la aplicación de cálculo de PVGIS introduciendo los datos de localización de la parcela, las placas a instalar y la potencia de diseño a la que hemos llegado para el predimensionamiento.

-Localización (LAT/LONG)º = [40.394,0.370]

-Potencia pico instalada = 1,073MW

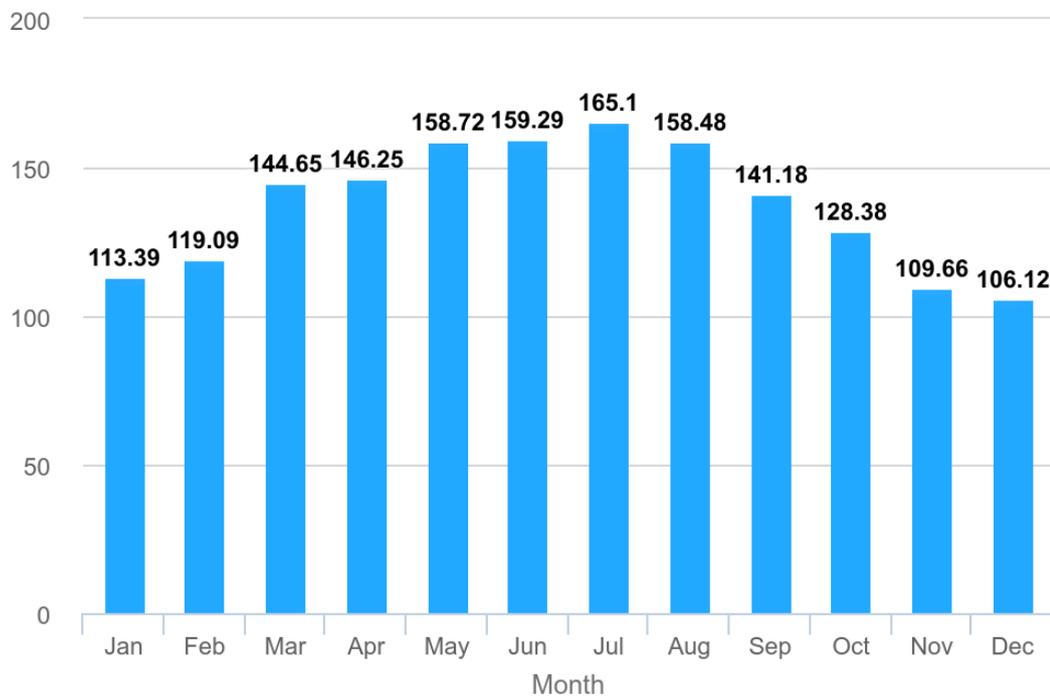
-Inclinación optimizada por latitud = 37º

Siendo los valores generados

Mes	Energia Generada (MWh)
Enero	113,4
Febrero	119,1
Marzo	144,7
Abril	146,3
Mayo	158,7
Junio	159,3
Julio	165,1
Agosto	158,5
Septiembre	141,2
Octubre	128,4
Noviembre	109,7
Diciembre	106,1
ANUAL	1650,3

Monthly energy output from fix-angle PV system

(C) PVGIS, 2024



4.3 Disposición de los paneles

La distancia d , medida sobre la horizontal, entre unas filas de módulos obstáculo, de altura h , que pueda producir sombras sobre la instalación deberá garantizar un mínimo de 4 horas de sol en torno al mediodía del solsticio de invierno. Esta distancia d será superior al valor obtenido por la expresión:

$$d = h \cdot k$$

Donde k es un coeficiente adimensional que sigue la expresión $k = \frac{1}{\tan(61^\circ - \text{latitud})}$

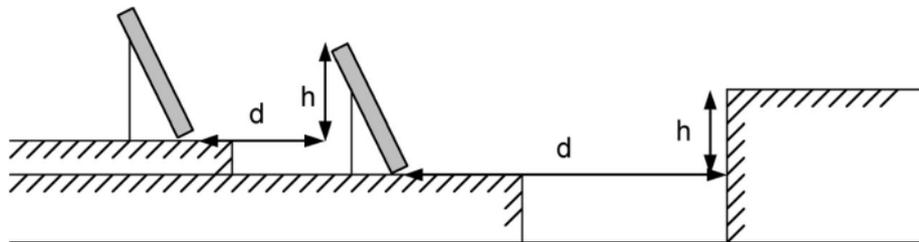
Siendo la latitud $40,394^\circ$ obtenemos una k de 2,659.

La separación entre la parte posterior de una fila y el comienzo de la siguiente no será inferior a la obtenida por la expresión anterior, aplicando h a la diferencia de alturas entre la parte alta de una fila y la parte baja de la siguiente, efectuando todas las medidas de acuerdo con el plano que contiene a las bases de los módulos.

Se ha decidido que la disposición de las estructuras por cada inversor sea de 2 modulo por elemento estructural para crear filas de elementos, y que se va a dejar una altura libre al suelo para facilitar la instalación y el mantenimiento de 0,5m.

$$h_{mod} = 2,172 \text{ m}$$

$$h = 0,5 + \sin 37^\circ \cdot 2 \cdot h_{mod} = 3,114 \text{ m}$$



Por tanto

$$d = 8.28 \text{ m}$$

Teniendo en cuenta qué vamos a tener 11 inversores, de los cuales cada uno tendrán 8 bloques de módulos de 20 elementos cada uno se procede a calcular el área proyectada mínima que necesitaremos de terreno para los mismos, siguiendo esta la expresión:

$$A_{total} = N_{inv} * N_{pp} * A_{Nps}$$

$$A_{Nps} = (2 * d + 2 * h_{mod}) * (5 * l_{mod}) = 136,189 \text{ m}^2$$

$$A_{total} = 11984,681 \text{ m}^2$$

Por lo que necesitaremos acomodar en las dos parcelas las placas.

5. Características generales

5.1 Localización parcela a utilizar

Tal y como se ha comentado en el apartado 4.2 Las parcelas se encuentran en PL POLIGONO 18 298 N2-300 PENISCOLA/ PEÑISCOLA (CASTELLÓN) con una superficie de 10.415 m² 4.838m² según catastro, sus coordenadas son 40°23'39.6"N 0°22'13.3"E. El valor catastral de referencia para este lo podemos encontrar en el anejo referente al presupuesto.

5.2 Placas

Se han elegido unos módulos monocristalinos Vertex de $W_p = 610W$

5.3 Inversor

El inversor va a ser el elemento eléctrico encargado de transformar la corriente continua que reciba de las placas fotovoltaicas en corriente alterna para que pueda ser consumida por los electrolizadores y por el resto de las componentes de la instalación. El inversor que se va a utilizar es el Huawei Sun 2000-100kWTL-M1 Trifásico que tiene una eficiencia del 98,6 % y una potencia de 100 kW. Aunque no es el caso, este inversor permite la conectividad a red de la instalación, de este modo, si en algún momento se decidiera tomar esta decisión, no sería necesario realizar un cambio de inversor. El mismo inversor tiene protectores de sobreintensidad tipo II tanto para CC como para CA

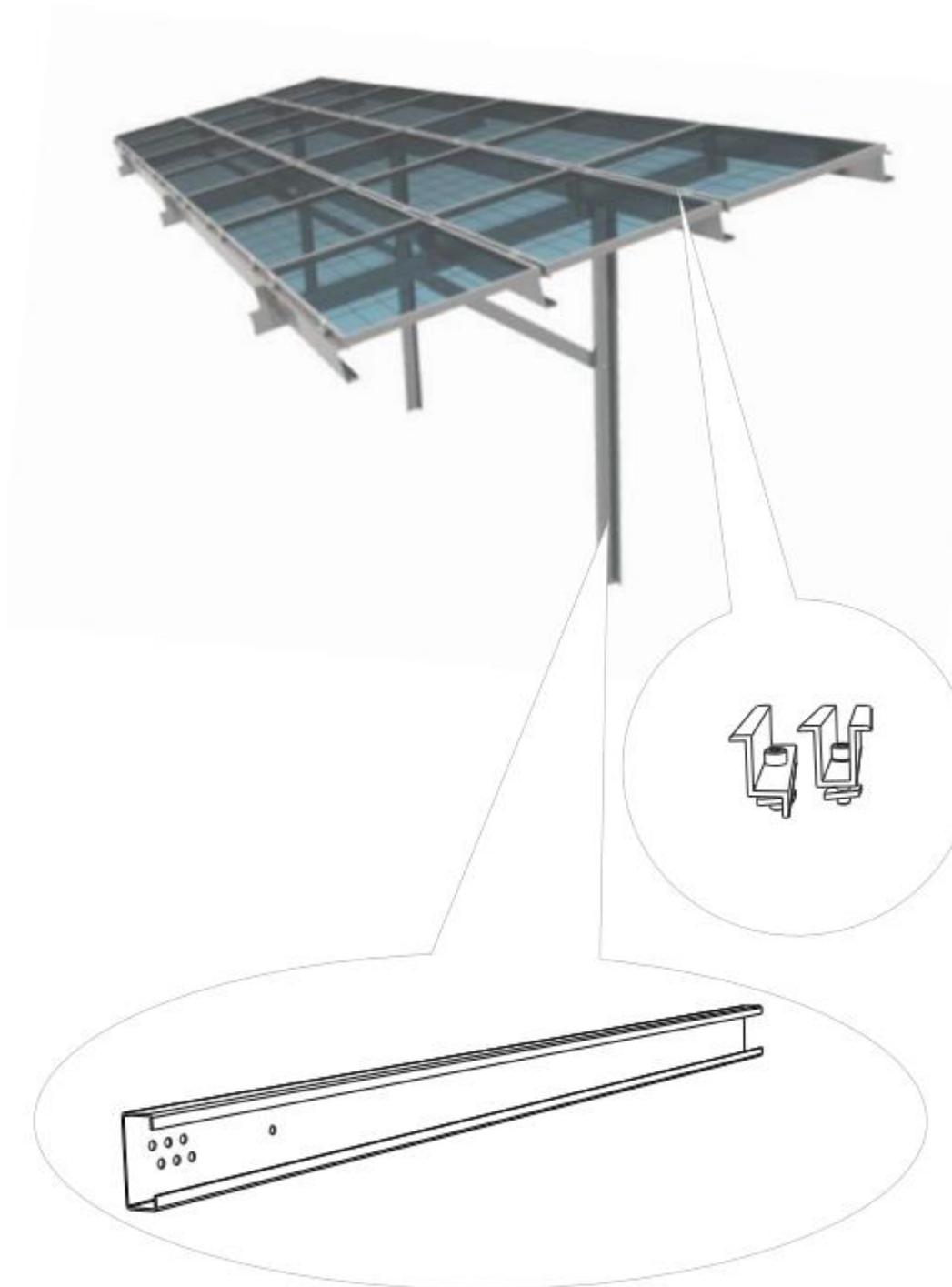
5.4 Sistema de supervisión de energía

Se va a supervisar mediante un sistema de Schneider PowerLogic PM5000 con un sistema de toroidales incorporados en el mismo.

El monitorizador seleccionado para la instalación es el Huawei SmartLogger SL3000A. Este dispositivo de monitorización, compatible con el inversor elegido, lo dotará de conexión a internet para el adecuado control del funcionamiento mediante el portal proporcionado por el fabricante. Es necesario en la instalación ya que los inversores no incorporan conectividad tipo Wifi o LAN interna, por tanto, gracias a este elemento, se pueden conocer los datos de producción en tiempo real y también el histórico

5.5 Suportación

Se ha elegido una solución de soportes para placas solares de un solo poste de la marca Solarstem. Sistema con un poste que puede ir con fundaciones o hincado. • Longitud de la mesa adaptable a cada proyecto, al igual que la distribución de los módulos. • Perfilera en acero galvanizado por inmersión en caliente o Magnelis®. Puede combinarse con perfiles portantes de aluminio. • Tornillos en acero inoxidable o de acero con protección Geomet®. • Bridas de sujeción en aluminio. • Tiempo de montaje reducido ya que todos los componentes están prefabricados. • Sistema diseñado cumpliendo la normativa: DIN1055 E según DIN1055, parte 4 (03/2005), parte 5 (06/2005), parte 100 (03/2001), Eurocódigo 1 (06/2002), DIN4113, DIN18800, Eurocódigo 9 y otras.



5.6 Conexiones eléctricas.

Los conectores empleados son unos MC4 macho y hembra, que permiten la conexión entre los paneles fotovoltaicos. En lo referente al cableado, es imprescindible calcular la sección mínima que estos han de tener por tal de asegurar un correcto funcionamiento. Otro parámetro tan importante como la sección es el grado de aislamiento. Es por ello por lo que se van a distinguir diferentes zonas para realizar el cálculo de ambos parámetros: la conexión entre paneles, la conexión de estos con los inversores, la conexión de estos inversores a los cuadros y

finalmente la que une estos cuadros con los distintos elementos de la instalación de obtención de hidrógeno. El cálculo de estos se realiza para las condiciones más desfavorables o críticas.

Cableado para la conexión entre paneles

Para la conexión de los paneles entre ellos, se puede ver como en la ficha técnica de los mismos viene un cableado de salida. El cable que se usa para ello es el que suministra la empresa por la que se han obtenido las placas solares. La empresa facilita un conector macho y uno hembra MC4, que permite la unión de ellos a través del cable de salida TUV de 4mm² de sección.

MECHANICAL DATA

Solar Cells	Monocrystalline
No. of cells	120 cells
Module Dimensions	2172×1303×33 mm (85.51×51.30×1.30 inches)
Weight	30.6 kg (67.5 lb)
Glass	3.2 mm (0.13 inches), High Transmission, AR Coated Heat Strengthened Glass
Encapsulant material	EVA/POE
Backsheet	White
Frame	33mm(1.30 inches) Anodized Aluminium Alloy
J-Box	IP 68 rated
Cables	Photovoltaic Technology Cable 4.0mm ² (0.006 inches ²), Portrait: 350/280 mm(13.78/11.02 inches) Length can be customized
Connector	MC4 EV02 / TS4*

*Please refer to regional datasheet for specified connector.

Cableado para la conexión de los paneles al inversor

Esta conexión se hace desde las placas hasta el inversor, que podrá encontrarse a la intemperie en una de las estructuras de cada línea. Primero de todo se ha de calcular la intensidad que puede circular por el cable.

Se ha tenido en cuenta para el cálculo de la corriente admisible que se tratará de 2 conductores que se enterrarán directamente en el suelo sin protección mecánica adicional por lo que según la ITC-BT-19 y la norma UNE-HD 60364-5-52:2014. Por lo que la instalación de referencias

TABLA B.52-1 (UNE-HD 60364-5-52: 2014) Métodos de instalación de referencia

Instalación de referencia			Tabla y columna				
			Intensidad admisible para los circuitos simples				
			Aislamiento PVC		Aislamiento XLPE o EPR		
			Número de conductores				
			2	3	2	3	
	Local	Conductores aislados en un conducto en una pared térmicamente aislante	A1	Tabla C.52-1 bis columna 4	Tabla C.52-1 bis columna 3	Tabla C.52-1 bis columna 7b	Tabla C.52-1 bis columna 6b
	Local	Cable multiconductor en un conducto en una pared térmicamente aislante	A2	Tabla C.52-1 bis columna 3	Tabla C.52-1 bis columna 2	Tabla C.52-1 bis columna 6b	Tabla C.52-1 bis columna 5b
		Conductores aislados en un conducto sobre una pared de madera o mampostería	B1	Tabla C.52-1 bis columna 6a	Tabla C.52-1 bis columna 5a	Tabla C.52-1 bis columna 10b	Tabla C.52-1 bis columna 8b
		Cable multiconductor en un conducto sobre una pared de madera o mampostería	B2	Tabla C.52-1 bis columna 5a	Tabla C.52-1 bis columna 4	Tabla C.52-1 bis columna 8b	Tabla C.52-1 bis columna 7b
		Cables unipolares o multipolares sobre una pared de madera o mampostería	C	Tabla C.52-1 bis columna 8a	Tabla C.52-1 bis columna 6a	Tabla C.52-1 bis columna 11	Tabla C.52-1 bis columna 9b
		Cable multiconductor en conductos enterrados	D1	Tabla C.52-2 bis columna 3	Tabla C.52-2 bis columna 4	Tabla C.52-2 bis columna 5	Tabla C.52-2 bis columna 6
		Cables con cubierta unipolares o multipolares directamente en el suelo	D2				
		Cable multiconductor al aire libre Distancia al muro no inferior a 0,3 veces el diámetro del cable	E	Tabla C.52-1 bis columna 9a	Tabla C.52-1 bis columna 7a	Tabla C.52-1 bis columna 12	Tabla C.52-1 bis columna 10b
		Cables unipolares en contacto al aire libre Distancia al muro no inferior al diámetro del cable	F	Tabla C.52-1 bis columna 10a	Tabla C.52-1 bis columna 8a	Tabla C.52-1 bis columna 13	Tabla C.52-1 bis columna 11
		Cables unipolares espaciados al aire libre Distancia entre ellos como mínimo el diámetro del cable	G	Ver UNE-HD 60364-5-52			

XLPE: Polietileno reticulado (90°C) EPR: Etileno-propileno (90°C) PVC: Policloruro de vinilo (70°C)

Cobre: $\rho_{20} = 1/56 \Omega\text{mm}^2/\text{m}$; Aluminio: $\rho_{20} = 1/35 \Omega\text{mm}^2/\text{m}$

$$\rho = K_{\theta} \cdot \rho_{20}$$

Para el cobre y el aluminio: $\theta = 70^{\circ}\text{C} \rightarrow K_{\theta} = 1,20$; $\theta = 90^{\circ}\text{C} \rightarrow K_{\theta} = 1,28$

POTENCIAS NORMALIZADAS DE TRANSFORMADORES (EN KVA):

5, 10, 15, 20, 30, 50, 75, 100, 125, 160, 200, 250, 315, 400, 500, 630, 800, 1000, 1250, 1600, 2000

FACTORES DE MAYORACIÓN K_{θ} : 1,25 para motores y 1,8 para lámparas de descarga

Se elige en primer lugar el cable de la casa Miguelez Cable SOLFLEX H1Z2Z2-K 1x6 poliolefina termoestable Z2 HFFR negro y rojo según polaridad.

TABLA C.52-1 bis (UNE-HD 60364-5-52: 2014)
Intensidades admisibles en amperios Temperatura ambiente 40 °C en el aire

Método de instalación de la tabla B.52-1	Número de conductores cargados y tipos de aislamiento																			
	A1	PVC 3	PVC 3	PVC 2		XLPE 3		XLPE 2												
A2	PVC 3	PVC 2			XLPE 3		XLPE 2													
B1				PVC 3		PVC 2					XLPE 3					XLPE 2				
B2			PVC 3	PVC 2				XLPE 3		XLPE 2										
C						PVC 3			PVC 2			XLPE 3				XLPE 2				
E							PVC 3			PVC 2			PVC 2		XLPE 3		XLPE 2		XLPE 2	
F									PVC 3		PVC 2			PVC 2		XLPE 3		XLPE 2	XLPE 2	
	1	2	3	4	5a	5b	6a	6b	7a	7b	8a	8b	9a	9b	10a	10b	11	12	13	
Sección mm²																				
Cobre																				
1,5	11	11,5	12,5	13,5	14	14,5	15,5	16	16,5	17	17,5	19	20	20	20	21	23	-		
2,5	15	15,5	17	18	19	20	20	21	22	23	24	26	27	26	28	30	32	-		
4	20	20	22	24	25	26	28	29	30	31	32	34	36	36	38	40	44	-		
6	25	26	29	31	32	34	36	37	39	40	41	44	46	46	49	52	57	-		
10	33	36	40	43	45	46	49	52	54	54	57	60	63	65	68	72	78	-		
16	45	48	53	59	61	63	66	69	72	73	77	81	85	87	91	97	104	-		
25	59	63	69	77	80	82	86	87	91	95	100	103	108	110	115	122	135	146		
35	-	-	-	95	100	101	106	109	114	119	124	127	133	137	143	153	168	182		
50	-	-	-	116	121	122	128	133	139	145	151	155	162	167	174	188	204	220		
70	-	-	-	148	155	155	162	170	178	185	193	199	208	214	223	243	262	282		
95	-	-	-	180	188	187	196	207	216	224	234	241	252	259	271	298	320	343		
120	-	-	-	207	217	216	226	240	251	260	272	280	293	301	314	350	373	397		
150	-	-	-	-	-	247	259	276	289	299	313	322	337	343	359	401	430	458		
185	-	-	-	-	-	281	294	314	329	341	356	368	385	391	409	460	493	523		
240	-	-	-	-	-	330	345	368	385	401	419	435	455	468	489	545	583	617		
Aluminio																				
2,5	11,5	12	13	14	15	16	16,5	17	17,5	18	19	20	20	20	21	23	25	-		
4	15	16	17	19	20	21	22	22	23	24	25	26	28	27	29	31	34	-		
6	20	20	22	24	25	27	29	28	30	31	32	33	35	36	38	40	44	-		
10	26	27	31	33	35	38	40	40	41	42	44	46	49	50	52	56	60	-		
16	35	37	41	46	48	50	52	53	55	57	60	63	66	66	70	76	82	-		
25	46	49	54	60	63	63	66	67	70	72	75	78	81	84	88	91	98	110		
35	-	-	-	74	78	78	81	83	87	89	93	97	101	104	109	114	122	136		
50	-	-	-	90	94	95	100	101	106	108	113	118	123	127	132	140	149	167		
70	-	-	-	115	121	121	127	130	136	139	145	151	158	162	170	180	192	215		
95	-	-	-	140	146	147	154	159	166	169	177	183	192	197	206	219	233	262		
120	-	-	-	161	169	171	179	184	192	196	205	213	222	228	239	254	273	306		
150	-	-	-	-	-	196	205	213	222	227	237	246	257	264	276	294	314	353		
185	-	-	-	-	-	222	232	243	254	259	271	281	293	301	315	337	361	406		
240	-	-	-	-	-	261	273	287	300	306	320	332	347	355	372	399	427	482		

Aislamientos termoestables (90°C)				Aislamientos termoplásticos (70°C)			
XLPE: Polietileno reticulado		EPR: Etileno-propileno		PVC: Policloruro de vinilo			

Según nuestro elemento de estudio la corriente máxima admisible que no podemos superar será 31 A, como nuestra corriente máxima en las placas será la de cortocircuito y esta es 18,62A la sección la podemos disminuir a Miguelez Cable SOLFLEX H1Z2Z2-K 1x4mm poliolefina termoestable Z2 HFFR negro y rojo según polaridad.

Cableado para la conexión de los inversores a los cuadros AC

Este va a ser de cobre cuyo aislamiento va a ser termoestable (polietileno reticulado), igual que el usado hasta el momento. Se ha decidido conducir el cable bajo tierra por tal de asegurar la seguridad de este. Se realizará una zanja de 0,6 metros de profundidad que irá desde cada uno de los inversores hasta el cuadro de corriente alterna AC. Para el cálculo de la sección del cable a emplear se va a tener en cuenta las siguientes condiciones:

- La zanja tiene una profundidad de 0,6 metros.
- La temperatura del terreno a esa profundidad es de 25°C.
- La resistividad térmica del terreno es de 1 K·m/W.
- Temperatura de servicio de 90°C. (trabajo de los conductores).
- Circulan diez cables tripolares.
- Los cables están enterrados en toda la longitud de la zanja.

En primer lugar, se va a calcular la intensidad que circula por los conductores.

$$I_{carga} = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos \varphi} = \frac{100 \cdot 10^3 W}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0.8} = 180,42 A$$

La potencia usada es la correspondiente un inversor, ya que, cada cable va a transportar la intensidad de uno de ellos. En segundo lugar, se van a calcular todos los factores de corrección. En la IMAGEN se muestra el factor de corrección a causa de la profundidad de la zanja, en este caso se trata de 1,01.

Factores de corrección para diferentes profundidades de instalación

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

A continuación, se va a ajustar el factor de corrección dedicado a la temperatura. Se puede dar una situación crítica en la que el terreno llegue a una temperatura de 35°C, es por ello que según la tabla existe un factor de corrección de 0,92.

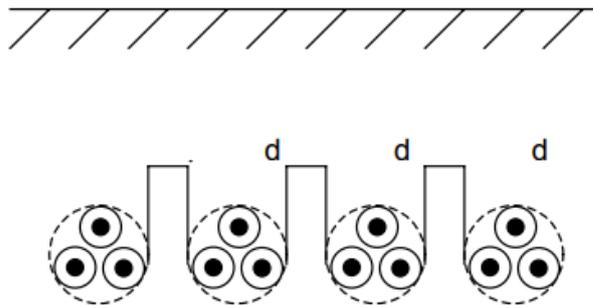
Coefficiente de corrección F para temperatura ambiente distinta de 40°C

Temperatura de servicio Θ_s en °C	Temperatura ambiente, Θ_a , en °C										
	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
90	1.27	1.22	1.18	1.14	1.10	1.05	1	0.95	0.90	0.84	0.77
70	1.41	1.35	1.29	1.22	1.15	1.08	1	0.91	0.81	0.71	0.58

Bien, como la instalación tiene 11 inversores, y la tabla facilitada por la norma ITC-BT-07 llega hasta 12 unidades de cables agrupados, se va a hacer el estudio como si se realizaran tres zanjas, en cada una viajarán 4 ternas, separadas $d=0,1m$ entre ellas.

Factor de corrección para agrupaciones de cables trifásicos o ternas de cables unipolares

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



Seguidamente, se procede al cálculo del factor de corrección global, que es el resultado de la multiplicación de los tres anteriores.

$$F_g = F_{c1} \cdot F_{c2} \cdot F_{c3} = 1.01 \cdot 0.92 \cdot 0.69 = 0.641$$

Con esto, se permite obtener la intensidad que se comprobará en la tabla y así escoger el conductor adecuado. De este modo, la intensidad seleccionada ha de cumplir la siguiente condición:

$$I \geq \frac{I_{carga}}{F_g} \geq \frac{180,42}{0.51} \geq 281,46A$$

Intensidad máxima admisible, en amperios, para cables con conductores de cobre en instalación enterrada (servicio permanente).

SECCIÓN NOMINAL mm ²	Tema de cables unipolares (1) (2)			1 cable tripolar o tetrapolar (3)		
						
	TIPO DE AISLAMIENTO					
	XLPE	EPR	PVC	XLPE	EPR	PVC
6	72	70	63	66	64	56
10	96	94	85	88	85	75
16	125	120	110	115	110	97
25	160	155	140	150	140	125
35	190	185	170	180	175	150
50	230	225	200	215	205	180
70	280	270	245	260	250	220
95	335	325	290	310	305	265
120	380	375	335	355	350	305
150	425	415	370	400	390	340
185	480	470	420	450	440	385
240	550	540	485	520	505	445
300	620	610	550	590	565	505
400	705	690	615	665	645	570
500	790	775	685	-	-	-
630	885	870	770	-	-	-

Tipo de aislamiento:

XLPE - Polietileno reticulado - Temperatura máxima en el conductor 90°C (servicio permanente).

EPR - Etileno propileno - Temperatura máxima en el conductor 90°C (servicio permanente).

PVC - Policloruro de vinilo - Temperatura máxima en el conductor 70°C (servicio permanente).

Temperatura del terreno 25°C.

Profundidad de instalación 0,70 m.

Resistividad térmica del terreno 1 K.m/W.

Tal y como se ve en la tabla, para el cable elegido que es XLPE debemos elegir sección de 95mm². Así pues, hay que calcular si estas secciones son suficientes para la caída de tensión, utilizando la misma metodología que en el apartado de "Cableado para la conexión de los paneles al inversor". En este caso la longitud va a ser diferente, la tensión, va a ser la de la red trifásica, es decir, 400 V y la intensidad va a ser la seleccionada en el paso anterior.

$$S = \frac{2 \cdot L \cdot I}{\gamma_{90^{\circ}C} \cdot \Delta V}$$

Como longitud se va a tomar la mayor que se puede encontrar en el plano de Distribución de los strings de la parcela.

$$L = 106,9 \text{ m}$$

$$V = 400 \text{ V}; \Delta V = 1,5\% \cdot 400 = 6 \text{ V}$$

$$S = \frac{2 \cdot 106,9 \cdot 180,42}{44 \cdot 6} = 146,11 \text{ mm}^2$$

Se comprueba como la primera sección no cumpliría, mientras que la segunda sí. Un cable de sección 150 mm² sería correcto. El cable 1x150 mm² RZ1-K 0,6/1 KV EXZHELLENT es correcto para realizar esta acometida.

Cableado de conexión entre el cuadro AC y los equipos de la instalación de hidrógeno

Los equipos que van a consumir energía van a ser el equipo de electrolizadores y el de compresores.

Electrolizador

El cable va a ser de cobre cuyo aislamiento va a ser termoestable (polietileno reticulado). Se va a realizar mediante una canaleta que viajará por la nave en la que se encuentran los equipos, de manera que se garantiza una eficaz renovación del aire, tomando como la temperatura del medio ambiente de 40°C.

- Circulan 3 cables trifásicos.
- Temperatura de servicio de 90°C.
- Temperatura del aire máxima de 45°C.

En primer lugar, se va a calcular la intensidad que circula por los conductores.

$$I_{carga} = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos \varphi} = \frac{303kW}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0.8} = 546.68A$$

La potencia que se ha usado es la consumida por un electrolizador, para los otros 2 que se van a instalar se utilizarán los mismos cables elegidos aquí.

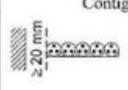
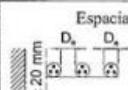
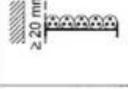
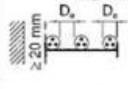
A continuación, se va a ajustar el factor de corrección dedicado a la temperatura. Se puede dar una situación crítica en la que el terreno llegue a una temperatura de 45°C, es por ello que según la tabla existe un factor de corrección de 0,95.

Coefficiente de corrección F para temperatura ambiente distinta de 40°C

Temperatura de servicio Θ_s en °C	Temperatura ambiente, Θ_a , en °C										
	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
90	1.27	1.22	1.18	1.14	1.10	1.05	1	0.95	0.90	0.84	0.77
70	1.41	1.35	1.29	1.22	1.15	1.08	1	0.91	0.81	0.71	0.58

A continuación, se va a ajustar el factor de corrección a aplicar en función del tipo de instalación y número de circuitos. Se ha escogido bandeja perforada.

Tabla 15. Factor de corrección para agrupaciones de cables trifásicos

Tipo de instalación		Nº de circuitos trifásicos (1)						
		Nº de bandejas	1	2	3	4	6	9
Bandejas perforadas (2)	 <p>Contiguos</p>	1	1,00	0,90	0,80	0,80	0,75	0,75
		2	1,00	0,85	0,80	0,75	0,75	0,70
		3	1,00	0,85	0,80	0,75	0,70	0,65
	 <p>Espaciados</p>	1	1,00	1,00	1,00	0,95	0,90	-
		2	1,00	1,00	0,95	0,90	0,85	-
		3	1,00	1,00	0,95	0,90	0,85	-
Bandejas verticales perforadas (3)	 <p>Contiguos</p>	1	1,00	0,90	0,80	0,75	0,75	0,70
		2	1,00	0,90	0,80	0,75	0,70	0,70
	 <p>Espaciados</p>	1	1,00	0,90	0,90	0,90	0,85	-
		2	1,00	0,90	0,90	0,85	0,85	-
Bandejas escalera, soportes, etc. (2)	 <p>Contiguos</p>	1	1,00	0,85	0,80	0,80	0,80	0,80
		2	1,00	0,85	0,80	0,80	0,75	0,75
		3	1,00	0,85	0,80	0,75	0,75	0,70
	 <p>Espaciados</p>	1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	-
		2	1,00	1,00	1,00	0,95	0,95	-
		3	1,00	1,00	0,95	0,95	0,75	-

NOTAS:

- (1) Incluye además el conductor neutro, si existiese.
- (2) Los valores están indicados para una distancia vertical entre bandejas de 300 mm. Para distancias más pequeñas, se reducirán los factores.
- (3) Los valores están indicados para una distancia horizontal entre bandejas de 225 mm., estando las bandejas montadas dorso con dorso. Para distancias más pequeñas se reducirán los factores.

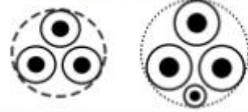
Como van a haber 3 electrolizadores significa que en una bandeja van a circular tres cables, el factor de corrección va a ser 0,8.

Seguidamente, se procede al cálculo del factor de corrección global, que es el resultado de la multiplicación de los anteriores.

$$F_g = F_{c1} \cdot F_{c2} = 0,95 \cdot 0,80 = 0,76$$

Una vez el factor de corrección calculado, se permite obtener la intensidad mínima que se comprobará en la tabla y para así escoger el conductor adecuado. De este modo, la intensidad seleccionada ha de cumplir la siguiente condición:

$$I \geq \frac{I_{carga}}{Fg} \geq \frac{546.68A}{0.76} \geq 720.31A$$

Sección nominal mm ²	Tres cables unipolares (1)			1 cable trifasico		
						
	TIPO DE AISLAMIENTO					
	XLPE	EPR	PVC	XLPE	EPR	PVC
6	46	45	38	44	43	36
10	64	62	53	61	60	50
16	86	83	71	82	80	65
25	120	115	96	110	105	87
35	145	140	115	135	130	105
50	180	175	145	165	160	130
70	230	225	185	210	220	165
95	285	280	235	260	250	205
120	335	325	275	300	290	240
150	385	375	315	350	335	275
185	450	440	365	400	385	315
240	535	515	435	475	460	370
300	615	595	500	545	520	425
400	720	700	585	645	610	495
500	825	800	665	-	-	-
630	950	915	765	-	-	-

Como se puede observar en la Imagen la intensidad máxima es inferior a la calculada, es por ello por lo que, para estas condiciones, se tendrá que utilizar más de un conductor para cumplir con la norma.

Como la intensidad es cercana la de mayor intensidad vamos a proceder a dimensionar con cables de sección 120mm,

$$n_{cables} \geq \frac{I_{carga}}{I} \geq \frac{720.31}{475} \geq 1,51 \rightarrow n_{cables} = 2$$

Así pues, sección total 2x240mm², es decir, 480mm²

Para corroborar que la sección es adecuada, es necesario demostrar que cumple con la condición de evitar una caída de tensión mayor al 1,5 %. Se va a tomar una longitud de 20 metros, aunque después dentro de la nave, ésta sea menor.

$$S = \frac{2 \cdot L \cdot I}{\gamma_{90^{\circ}C} \cdot \Delta V} = \frac{2 \cdot 20 \cdot 720.31}{44 \cdot 6} = 109,13mm^2$$

La solución propuesta cumple con la condición. Por tanto, se va a utilizar la unión de 2 cables EXZHELLENT® XXI 1000 V RZ1-K de 240mm² de sección.

Compresor

Se va a emplear un cable del mismo comportamiento que el empleado para el electrolizador. Se va a realizar mediante una canaleta que viajará por la nave en la que se encuentran los equipos, de manera que se garantiza una eficaz renovación del aire, tomando como la temperatura del medio ambiente de 40°C.

Para el cálculo de la sección del cable a emplear se va a tener en cuenta las siguientes condiciones:

- La temperatura del aire máxima es de 45°C.
- Temperatura de servicio de 90°C.
- Circula 1 cable trifásico.

En primer lugar, se va a calcular la intensidad que circula por los conductores.

$$I_{carga} = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos \varphi} = \frac{90kW}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0.8} = 162.38A$$

La potencia que se ha usado es la consumida por un compresor. En segundo lugar, se van a calcular los factores de corrección. En la tabla se muestra el factor de corrección a causa de la temperatura ambiente de la instalación, en este caso se trata de 0,95.

Coeficiente de corrección F para temperatura ambiente distinta de 40°C

Temperatura de servicio Θ_s en °C	Temperatura ambiente, Θ_a , en °C										
	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
90	1.27	1.22	1.18	1.14	1.10	1.05	1	0.95	0.90	0.84	0.77
70	1.41	1.35	1.29	1.22	1.15	1.08	1	0.91	0.81	0.71	0.58

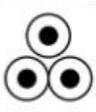
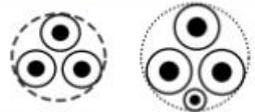
A continuación, se va a ajustar el factor de corrección a aplicar en función del tipo de instalación y número de circuitos. Se ha escogido bandeja perforada.

Como se va a utilizar un solo cable trifásico el único valor de corrección global que actúa en este caso es el de la temperatura ambiente distinta de 40°C por tanto :

$$Fg = F_{c1} = 0.95$$

Una vez el factor de corrección calculado, se permite obtener la intensidad mínima que se comprobará en la tabla y para así escoger el conductor adecuado. De este modo, la intensidad seleccionada ha de cumplir la siguiente condición:

$$I \geq \frac{I_{carga}}{Fg} \geq \frac{162.38A}{0.95} \geq 170.92A$$

Sección nominal mm ²	Tres cables unipolares (1)			1 cable trifásico		
						
	TIPO DE AISLAMIENTO					
	XLPE	EPR	PVC	XLPE	EPR	PVC
6	46	45	38	44	43	36
10	64	62	53	61	60	50
16	86	83	71	82	80	65
25	120	115	96	110	105	87
35	145	140	115	135	130	105
50	180	175	145	165	160	130
70	230	225	185	210	220	165
95	285	280	235	260	250	205
120	335	325	275	300	290	240
150	385	375	315	350	335	275
185	450	440	365	400	385	315
240	535	515	435	475	460	370
300	615	595	500	545	520	425
400	720	700	585	645	610	495
500	825	800	665	-	-	-
630	950	915	765	-	-	-

Según la tabla de la imagen la primera sección válida para este cable es la de 70mm².

Para corroborar que la sección es adecuada, es necesario demostrar que cumple con la condición de evitar una caída de tensión mayor al 1,5 %. Se va a tomar una longitud de 20 metros, aunque después dentro de la nave, ésta sea menor.

$$S = \frac{2 \cdot L \cdot I}{\gamma_{90^{\circ}C} \cdot \Delta V} = \frac{2 \cdot 20 \cdot 170.92A}{44 \cdot 6} = 25,9 \text{ mm}^2$$

El cable 3x70 mm² de la casa de MIGUELEZ es una buena opción para llevar a cabo la conexión.

5.7 Protecciones eléctricas

Fusibles

Las instalaciones fotovoltaicas con más de cuatro strings conectados en paralelo pueden sobrepasar la corriente nominal de operación y alcanzar un nivel de corriente que puede dañar la instalación. Es por eso por lo que el positivo de cada string fotovoltaico debe protegerse con un fusible. De este modo, estos fusibles aíslan el defectuoso en caso de fallo y permite que el resto de la planta siga funcionando. Los fusibles seleccionados son del valor de la intensidad de cortocircuito de los paneles y se colocaran a la salida de cada string (15 A). El modelo elegido es el Fusible de cartucho cerámico Eaton, serie Eaton Bussmann, 125 V dc, 250V ac, 15A, 6.3 x 32mm de acción rápida.

Seccionador de corte

Los seccionadores de corte permiten abrir el circuito de corriente continua de forma manual y así poder realizar cualquier intervención sobre él de forma segura si es necesario. Ha de soportar al menos la tensión y corriente máximas de trabajo del inversor, que en este caso

son, 1100V y 260A. El seccionador 3P+N de 260 A modelo TELS5- 02503NR0 se puede aplicar a la instalación.

Descargador de sobretensiones

Son elementos que derivan a tierra las sobretensiones derivadas por fenómenos atmosféricos, como por ejemplo el impacto de los rayos. Se seleccionan teniendo en cuenta que la máxima tensión prevista en el sistema sea menor que la de trabajo del descargador. Deben ponerse tanto en AC como en DC por cada polaridad y string. Un descargador de sobretensiones de 1100V sería el adecuado, puesto que esta tensión es la máxima de trabajo del inversor, y así no perjudicarlo. El suministrado por la marca Autosolar SPD-BF3-40/1100 es correcto, éste indica el fallo mediante indicador rojo en ventana, tiene un terminal de alarma remota, y ofrece una respuesta rápida.

5.8 Electrolizador y depósito de almacenamiento.

Para el equipo de electrolizadores, se ha decidido instalar 3 electrolizadores de la casa H2Greem, más específicamente el modelo HPGreem, cada uno de ellos tiene una potencia de alimentación de 300kW siendo su producción 6kg/h por unidad. El grupo de electrolizadores necesita agua purificada, dado que los valores de conductividad exigidos por el fabricante no pueden exceder 1 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y que los valores medios en España rondan los 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ se instalará en el suministro de agua a los electrolizadores 3 equipos de osmosis de la marca Pentair Water capaces de suministrar cada uno 108L/h, dado que puede funcionar sin bomba y no necesita mantenimiento se utilizará para asegurar una vida útil de la instalación mayor.

Tabla 118. Parámetros indicadores notificados en agua de consumo. (Determinaciones: Nº, Valor medio)

PARÁMETRO	DETERMINACIONES			
	Nº	%	VC medio	Unidad
Bacterias Coliformes	454.639	10,20	1,73	UFC/100 ml
Recuento De Colonias A 22 °C	293.930	6,60	22,32	UFC/1 ml
Aluminio	231.028	5,18	56,72	$\mu\text{g}/\text{L}$
Amonio	420.845	9,44	0,10	mg/L
Carbono Orgánico Total	24.701	0,55	1,41	mg/L
Cloro Combinado Residual	171.986	3,86	0,75	mg/L
Cloro Libre Residual	1.150.927	25,83	0,69	mg/L
Cloruro	65.473	1,47	85,38	mg/L
Conductividad	462.269	10,37	552,43	$\mu\text{S}/\text{cm}$ a 20°C
Hierro	102.898	2,31	16,95	$\mu\text{g}/\text{L}$
Manganeso	70.227	1,58	3,10	$\mu\text{g}/\text{L}$
Oxidabilidad	68.853	1,55	0,80	$\text{mg O}_2/\text{L}$
pH	525.346	11,79	7,81	Unidades pH
Índice de Langellier	37.705	0,85	0,06	Unidades pH
Sodio	45.910	1,03	55,09	mg/L
Sulfato	57.107	1,28	120,56	mg/L
Otros Parámetros Indicadores (20)	272.538	6,12		
TOTAL	4.456.382			

Para almacenar el hidrógeno obtenido se va a utilizar un depósito de baja presión de 20 bar. El depósito va a servir como almacén intermedio del hidrógeno entre el sistema de electrolizadores y el de compresores y es necesario saber qué capacidad se va a necesitar.

Para el cálculo es necesario saber cuántas horas se va a trabajar. Bien para este paso, se ha utilizado los cálculos del apartado 4.2 Energía producida por la instalación

$$H_{\text{rend max}}/\text{día de generación de H}_2 = \frac{\text{Energía producida media diaria}}{3 \cdot \text{Potelec Electrolizador} + P_{\text{Compresor}}}$$

$$H_{\text{rend max}}/\text{día de generación de H}_2$$

Mes	Energia Generada (MWh)	Energia Generada (kWh)	Energia Generada Media diaria (kWh)	H (rend max)/dia de generación de H2
Enero	113,4	113400	3780,00	3,82
Febrero	119,1	119100	3970,00	4,01
Marzo	144,7	144700	4823,33	4,87
Abril	146,3	146300	4876,67	4,93
Mayo	158,7	158700	5290,00	5,34
Junio	159,3	159300	5310,00	5,36
Julio	165,1	165100	5503,33	5,56
Agosto	158,5	158500	5283,33	5,34
Septiembre	141,2	141200	4706,67	4,75
Octubre	128,4	128400	4280,00	4,32
Noviembre	109,7	109700	3656,67	3,69
Diciembre	106,1	106100	3536,67	3,57
ANUAL	1650,3	1650300	4509,02	4,55

Se va a tomar el valor Anual por no existir una variación notable entre los valores. Así pues, con esto se va a calcular la masa que producirán los electrolizadores en un día:

$$m_{h_2} = n \cdot h \cdot \text{rend}_{h_2} = 81,9 \text{ kg}$$

Siendo:

$$h = 4,55 \text{ h}$$

$$\text{rend}_{h_2} = 6 \text{ kg/h}$$

$$n_{\text{electrolizadores}} = 3$$

Para elegir el volumen de depósito que va a ocupar el hidrógeno a 30 bar utilizaremos las expresiones de los gases ideales y sus variantes:

$$P \cdot V = n \cdot R \cdot T$$

Teniendo en cuenta que por facilidad de cálculo no vamos a utilizar moles del gas si no la masa del mismo utilizaremos la siguiente expresión:

$$n = \frac{m}{M}$$

Así pues, obtendremos despejando el volumen que:

$$V = \frac{m \cdot R \cdot T}{M \cdot P}$$

Teniendo en cuenta que:

-V = Volumen

-m = masa de hidrógeno = 81,9 kg

- R = Constante de los gases Ideales= 0,082
- T = Temperatura del hidrógeno =298 K
- P = Presión del hidrógeno =19,74 atm
- M = Masa molecular del hidrógeno= 0,002 kg/mol

El depósito que se instale para estas condiciones ha de tener una capacidad mínima de 50691,70 litros. Aunque la producción es mayor es suficiente con la instalación de un depósito únicamente. El elegido es uno de la marca LAPESA cuya capacidad es de 100000 litros capaz de recoger la producción del electrolizador a la presión de 20 bar

5.9 Compresor por etapas y tanques de hidrógeno

Se ha escogido el compresor de la casa Hiperbaric llamado Hiperbaric 1 KS 95. Se ha elegido este compresor, entre otras cosas, porque funciona sin lubricación en los pistones, hecho que garantiza la máxima pureza del hidrógeno y porque consta de un sistema de refrigeración que acerca al proceso a uno de compresión isoterma. Además, el ciclo de compresión se lleva a cabo en dos etapas con refrigeración entre las mismas, que permite extraer el calor muy cerca del foco donde se genera.

El sistema consta de un equipo con toda la instrumentación necesaria, teniendo en cuenta la normativa vigente para su funcionamiento completo y seguro: un compresor dentro de un contenedor de 20', con todos los periféricos necesarios para su funcionamiento, enfriadora para mantener el gas por debajo de 40º, sistema de venteo, instrumentación y control, unidad de válvulas, etc.

Este compresor consigue hasta una presión de 950 bar desde los 20-40 de suministro. El caudal mínimo es de 10 kg/h y el máximo de 50 kg/h, ahora bien, en la ficha técnica se facilita el dato de que a 20 bares de presión de admisión el caudal es de 10,34 kg/h, que es el caso de estudio, y la potencia de funcionamiento de 45 kW.

En este caso se van a necesitar depósitos de hidrógeno a 900 bar, ya que es del modo en que se va a poder suministrar en el sector automovilístico. Se ha de calcular el volumen de hidrógeno que se va a obtener a la salida del compresor. Se van a repetir los cálculos anteriores, y en este caso la presión será de 900 bar, equivalente a 888,23 atmósferas.

$$m_{h_2} = 81,9kg$$

$$V = \frac{m \cdot R \cdot T}{M \cdot P} = 1126,57L$$

- V = Volumen
- m = masa de hidrógeno =81,9kg
- R = Constante de los gases Ideales= 0,082
- T = Temperatura del hidrógeno =298 K
- P = Presión del hidrógeno =19,74 atm
- M = Masa molecular del hidrógeno= 0,002 kg/mol

Se instalará el número necesario de depósitos a presión de tipo IV para el almacenaje total de 1126,97 litros de hidrógeno. El equipo compresor según esta suposición llenará hasta un total de 22,54 tanques de 50 litros de hidrógeno a 900 bar. Los tanques que se van a emplear

son de la marca NPROXX que ofrece tanques a presión de Tipo IV integrados en contenedores estándar para su uso en estaciones de servicio.

5.10 Agua requerida por la instalación

La tabla siguiente muestra los resultados de la multiplicación del consumo de los 3 electrolizadores HP GREEM, consumo de un electrolizador son 55 L de agua a la hora teniendo en cuenta que trabajaran a máximo rendimiento.

CONSUMO DE AGUA					
Mes	H (rend max)/día de generación de H2	Litros agua/día	m3/día	m3/mes	Coste mensual
Enero	3,82	630,00	0,63	19,53	26,17
Febrero	4,01	661,67	0,66	20,51	27,49
Marzo	4,87	803,89	0,80	24,92	33,39
Abril	4,93	812,78	0,81	25,20	33,76
Mayo	5,34	881,67	0,88	27,33	36,62
Junio	5,36	885,00	0,89	27,44	36,76
Julio	5,56	917,22	0,92	28,43	38,10
Agosto	5,34	880,56	0,88	27,30	36,58
Septiembre	4,75	784,44	0,78	24,32	32,59
Octubre	4,32	713,33	0,71	22,11	29,63
Noviembre	3,69	609,44	0,61	18,89	25,32
Diciembre	3,57	589,44	0,59	18,27	24,49
MEDIA	4,55	751,50	0,75	23,30	31,22

5.11 Hidrógeno producido por la instalación

Los cálculos realizados anteriormente están hechos para el mes cuyas horas solares pico es mayor. De ese modo se han podido escoger los equipos adecuados para la instalación tanto fotovoltaica como de obtención de hidrógeno. En este apartado se va a realizar el cálculo de la cantidad de hidrógeno que se va a obtener cada mes y el total anual. Teniendo en cuenta la potencia obtenida por la instalación solar fotovoltaica, en la tabla siguiente se muestran los kilogramos de hidrógeno obtenidos cada mes. También los litros de hidrógeno obtenidos a la salida del electrolizador a una presión de 20 bar.

Mes	H (rend max)/día de generación de H2	Producción diaria (kg)	Producción mensual (kg)
Enero	3,82	68,73	2130,55
Febrero	4,01	72,18	2237,64
Marzo	4,87	87,70	2718,61

Abril	4,93	88,67	2748,67
Mayo	5,34	96,18	2981,64
Junio	5,36	96,55	2992,91
Julio	5,56	100,06	3101,88
Agosto	5,34	96,06	2977,88
Septiembre	4,75	85,58	2652,85
Octubre	4,32	77,82	2412,36
Noviembre	3,69	66,48	2061,03
Diciembre	3,57	64,30	1993,39
MEDIA	4,55	81,98	2541,45

Como se observa en la tabla anterior obtenemos de media 2,5 toneladas de hidrógeno aproximadamente, dicho hidrógeno se deberá comprimir con el compresor elegido en el apartado 5.9, la siguiente tabla muestra la cantidad de Litros comprimidos que podremos almacenar en los depósitos elegidos.

Mes	Volumen H2 a 900 bar diario (L)	Volumen H2 a 900 bar mensual (L)	Depósitos NPROXX diarios	Depósitos NPROXX mensuales
Enero	945,37	29306,60	18,91	586,13
Febrero	992,89	30779,69	19,86	615,59
Marzo	1206,31	37395,64	24,13	747,91
Abril	1219,65	37809,14	24,39	756,18
Mayo	1323,02	41013,74	26,46	820,27
Junio	1328,03	41168,80	26,56	823,38
Julio	1376,38	42667,73	27,53	853,35
Agosto	1321,36	40962,05	26,43	819,24
Septiembre	1177,13	36491,11	23,54	729,82
Octubre	1070,42	33183,14	21,41	663,66
Noviembre	914,53	28350,39	18,29	567,01
Diciembre	884,52	27420,02	17,69	548,40
MEDIA	1127,70	34958,72	22,55	699,17

De estos resultados se detecta que en el apartado 5.8 la hipótesis de cálculo para la elección de la cantidad de depósitos a la salida del compresor no es válida y se deberá modificar la cantidad a un mínimo de 28 depósitos para poder almacenar todo el hidrógeno producido en el mes de mayor producción, es decir Julio.

5.12 Vehículos alimentados por la instalación

Teniendo en cuenta que los vehículos Renault Hyvia L3H3+ elegidos tienen unos depósitos de 6,4kg de hidrógeno a 700bar podemos mediante la tabla de producción de hidrógeno anterior dimensionar nuestra flota de vehículos. Teniendo en cuenta que estos vehículos tienen una autonomía de 405km, sumando sus baterías eléctricas y sus depósitos de

H2, y que el tiempo de recarga de su depósito de hidrógeno es de 5 minutos aproximadamente estos vehículos pueden realizar varios repostajes

Mes	Depósitos de furgoneta diarios	Depósitos de furgoneta mensuales
Enero	10,74	52,02
Febrero	11,28	54,63
Marzo	13,70	66,37
Abril	13,85	67,11
Mayo	15,03	72,79
Junio	15,09	73,07
Julio	15,63	75,73
Agosto	15,01	72,70
Septiembre	13,37	64,77
Octubre	12,16	58,90
Noviembre	10,39	50,32
Diciembre	10,05	48,67
MEDIA	12,81	62,05

6. Pliego de prescripciones técnicas

6.1 Objeto

Es objeto de este Pliego es la definición de las condiciones técnicas para la construcción de la instalación proyectada en el documento principal. Por tanto, su finalidad será concretar que la instalación de placas fotovoltaicas, inversores, electrolizadores, compresores, etc, adoptan las condiciones relativas a funcionalidad y calidad de materiales, control, Seguridad en el Trabajo, pruebas de Servicio, medición, valoración y mantenimiento, establecidas en las normas: REBT y CTE DB HE.

Esta especificación se refiere a la instalación solar y la conexión al sistema de producción de hidrógeno dimensionado en el proyecto actual, incluyendo los apoyos para la instalación eléctrica. Establece los requisitos que debe cumplir la instalación, la cual debe tener características adecuadas de calidad, rendimiento y durabilidad acorde con las condiciones de operación.

Se incluirán todos los elementos necesarios de seguridad y protección tanto para las personas como para la instalación fotovoltaica, garantizando la protección contra contactos directos e indirectos, cortocircuitos, sobrecargas y otros elementos y protecciones exigidos por

la legislación vigente. Además, se incorporarán medidas de control para los riesgos inherentes a accidentes graves que involucren sustancias peligrosas.

Se denomina a continuación CONTRATISTA o ADJUDICATARIO a la persona física o jurídica que tendrá los derechos y obligaciones que este documento señale.

Se denomina DIRECCIÓN DEL SERVICIO al técnico o técnicos que la propiedad determine y que tendrá por misión la programación, desarrollo y dirección, así como la inspección, vigilancia y control de las actividades aquí reguladas.

6.2 Ámbito geográfico

Las parcelas se encuentran en PL POLIGONO 18 298 N2-300 PENISCOLA / PEÑISCOLA (CASTELLÓN) con una superficie de 10.415 m² 4.838m²según catastro, sus coordenadas son 40°23'39.6"N 0°22'13.3"E.

6.3 Alcance de los trabajos.

Los trabajos y servicios obligatorios que prestará el Contratista, de manera enunciativa y no limitativa, serán los que se indica en los apartados siguientes:

- Ejecutar un proyecto de construcción tipo “llave en mano”, de una planta de producción de hidrógeno verde mediante electrolisis basada en tecnología PEM, incluyendo
- Acometida de agua procedente del suministro del ayuntamiento.
- El equipo de electrolisis junto con todos sus equipos auxiliares se dispondrá en el interior de un contenedor con dos zonas separadas y diferenciadas: Generación de hidrógeno y equipos de apoyo.
- La tecnología de electrolisis será por intercambio de protones utilizando una membrana de electrolito de polímero como medio de transferencia de iones. Este método a menudo se denomina membrana de electrolito polimérico o electrolisis de agua de membrana de intercambio de protones (PEM).
- El hidrógeno producido a la salida del electrolizador se conducirá a un depósito de almacenamiento o alternativamente, a un depósito pulmón de la aspiración de los compresores.
- Se dispondrá a continuación de un grupo compresión de hidrógeno, que se suministrará modularmente en el interior de contenedores normalizados.
- Panel de carga para vehículos industriales a 700 bar diseñado para llenar completamente los equipos.
- Conducción y equipos auxiliares de seguridad del oxígeno producido en el sistema de electrolisis. Deberá también instalarse una salida para su emisión a la atmósfera.
- Obras civiles para implantación de los contenedores compuesta por una losa de hormigón, conducciones y canalizaciones para conexión con los sistemas exteriores (alimentación eléctrica, agua, etc.).

- Obras de urbanización, incluyendo la prolongación de un nuevo vial, firmes, bordillos y acerados, accesos peatonales y red de pluviales incluyendo su conexión con la red existente si la hubiera.
- Equipos eléctricos para suministro eléctrico de todos los equipos anteriores, así como las reformas necesarias.
- Sistemas de iluminación adecuados en la zona de implantación de los nuevos equipos y procesos. Deberá realizarse un proyecto luminotécnico para garantizar la eficiencia de la instalación y evitar afecciones al medio natural
- Equipos de instrumentación, control y supervisión de los procesos, comunicación en local con SCADA propio e integración con el sistema de control existente en la planta depuradora. La instalación deberá contar con el equipamiento necesario para la monitorización en remoto, con visualización de los principales parámetros y de alarmas en terminales móviles.
- Dotar a la instalación de sistemas antirrobo: relés de mínima tensión, sensores de movimiento, cámaras y candados inteligentes para seguimiento de los accesos. Toda la información generada por estos sistemas deberá estar incluida en la red de fibra óptica de la instalación para monitorización. Las arquetas eléctricas que se instalen serán de doble tapa, y los cables de cobre de mayor diámetro deberán llevar sensores de movimiento en cada fase. Solo se admitirán por seguridad y salud, cerraduras unificadas con llave maestra.
- Realización y manual de operación y mantenimiento de las instalaciones.
- Proyecto y tramitaciones, así como las obras e Instalaciones adicionales requeridas en el Informe de Impacto Ambiental emitido por el Órgano Ambiental.
- Tramitaciones, legalizaciones y proyectos sectoriales necesarios, así como el coste de las inspecciones de OCA's y tasas.
- Cualquier actuación, sea obra, instalación o actuación necesaria para garantizar el pleno funcionamiento de las nuevas instalaciones de producción de hidrógeno.
- Puesta en marcha de la instalación.

6.4 Materiales y equipos

Módulos fotovoltaicos

Los módulos o paneles fotovoltaicos son los encargados de transformar sin ningún paso intermedio la energía procedente de la radiación solar en energía eléctrica de continua.

- Tipología del panel Monocristalino
- Marca:
- Modelo:

Características eléctricas a STC, Irradiancia 1000 W/ m², Temperatura celda 25°C, Am = 1,5:

- Potencia salida, Pmax (Wp) ≥ 300 Wp
- Tensión máxima, Vmp (V)
- Intensidad máxima, Imp(A)

- Tensión de circuito abierto, Voc (V)
- Intensidad de cortocircuito, Isc (A)
- Eficiencia del módulo (%) $\geq 18,33 \%$
- Tolerancia máxima de potencia (%)

Características eléctricas a NOCT, Irradiancia 800 W/ m², Temperatura celda 20°C, Am =1,5,

- Velocidad del viento 1 m/s:
- Potencia salida, Pmax (Wp) $\geq 74 \%$ PSTC
Wp
- Tensión máxima, Vmp (V)
- Intensidad máxima, Imp(A)
- Tensión de circuito abierto, Voc (V)
- Intensidad de cortocircuito, Isc (A)
- Características térmicas:
- Coeficiente de temperatura del aire a Pmax
- Coeficiente de temperatura del aire a Isc
- Coeficiente de temperatura del aire a Voc
- Temperatura operativa nominal $\geq 45^\circ \text{C}$
- Condiciones operativas:
- Tensión máx del sistema, Vdc (V).
- Temperatura mínima de funcionamiento. $\leq -40^\circ \text{C}$
- Temperatura máxima de funcionamiento. $\geq 80^\circ \text{C}$
- Corriente inversa máxima, calibre fusible en serie (A).
- Carga estática máxima frontal (ej. nieve) (Pa). $\geq 5400 \text{ Pa}$
- Carga estática máxima posterior (ej. viento) (Pa). $\geq 2400 \text{ Pa}$
- Condiciones operativas:
- Tipo de panel:
Monocrystalino
- Número de células:
- Largo (mm)
- Ancho (mm)
- Espesor (mm)
- Espesor cristal templado (mm)
- Peso (kg)
- Material marco Acero inox/Aluminio
- Sección cable salida (mm²)
- Longitud cable de salida positivo (m)
- Protección caja de conexiones (IP) $\geq \text{IP } 67$
- Número de diodos de by-pass
- Garantía mínima contra defectos de fabricación 10 años
- Garantía mínima en rendimiento ≥ 25 años
- Certificados exigidos:
- Certificado de diseño según IEC 61215-1-1:2016
- Certificado de seguridad eléctrica según IEC 61730-1:2004/A1:2011
- Certificado FLASH TEST
- Marcado CE

- Certificados de comportamiento ante condiciones medioambientales adversas:

Inversor

Descripción El inversor es el encargado de convertir la corriente continua generada en los módulos solares en corriente alterna sincronizada con la de la red.

- Marca:	HUAWEI
• Características eléctricas INPUT:	
• Rango de Potencia recomendado (Wp):	
• Rango de tensión MPPT* (V):	
• Tensión máxima (V):	≥ 1000 V
• Intensidad máxima (A):	
• Número de entradas con portafusibles:	≥ 12
• Tipo de conexión:	
• Número de bloques de potencia:	≥ 2
• Número de seguidores del MPP:	≥ 2
• Protecciones eléctricas INPUT (CC)	
• Protecciones de sobrevoltaje: Clase II	
• Interruptor de CC:	Si
• Regulación de capacidad campo solar según señal externa:	Si
• Otras protecciones:	
• Protecciones eléctricas OUTPUT (AC)	
• Potencia 30°C/50°C:	
• Intensidad 30°C/50°C:	
• Frecuencia (Hz): 50 Hz	
• Factor de potencia:	1
• Factor de potencia ajustable:	
• Tasa de distorsión armónica (THD):	≤ 3 %
• Aislamiento galvánico (Si/No):	
• Protecciones eléctricas OUTPUT (CA)	
• Protecciones de sobrevoltaje: Clase II	
• Interruptor de CC:	Si
• Otras protecciones:	

Características generales

• Dimensiones:	
• Eficiencia máxima (%):	≥ 98,6 %
• Eficiencia europea (%):	≥ 98,4 %
• Eficiencia mínima al 25% de PN (%):	≥ 92 %
• Máximo consumo de SS.AA. (W):	
• Consumo en Stand-by (W):	
• Consumo promedio diario (W):	
• Protección mín. IP inversor interior:	≥ IP 20
• Protección mín. IP inversor exterior:	≥ IP 65
• Emisiones acústicas (Db):	

- Marcado: CE
- Garantía mínima: ≥ 5 años
- Normas de obligado cumplimiento:

- EMC y seguridad

- EN 61000-6-1, EN 61000-6-2, EN 61000-6-4, EN 61000-3-11, EN 61000-3-12, EN 62109-1, EN 62109-2, IEC 62103, EN 50178, AS3100.

- Conexión a red

- IEC 61727, UNE 206007-1

Cuadro eléctrico local para instalación fotovoltaica

CARACTERÍSTICAS

- El Cuadro eléctrico, será de polímero o metálico según su ubicación, interior o exterior, y tendrá dos puertas. La primera será transparente y en la segunda estarán las palancas de los interruptores, botoneras y señalización del mismo.

- Protección mín. IP interior: \geq IP 20
- Protección mín. IP exterior: \geq IP 65

PROTECCIÓN GENERAL

- El relé diferencial con toroidal asociado al interruptor magnetotérmico general será de 300 mA. Además, tendrá regulación de tiempo y sensibilidad.

Cable de cobre de baja tensión para instalación fotovoltaica

CARACTERÍSTICAS

- Marca:	MIGUELEZ SOLFLEX
- Tipo:	Flexible
- Designación:	
▪ Fuerza:	H1Z2Z2-K
▪ Sección:	
▪ Fuerza (mínima 2,5 mm ²)[mm ²]:	
- Tensión nominal Alterna:	$\geq 1/1$ kV
- Tensión nominal Continua:	$\geq 1,5/1,5$ kV
- Tensión máxima Alterna:	$\geq 1,2/1,2$ kV
- Tensión máxima Continua:	$\geq 1,8/1,8$ kV
- Conductores:	Metal
	Cobre estañado
- Flexibilidad	Clase 5 según UNE EN 60228
- Temperatura máxima en el conductor	$\geq 120^{\circ}$ C (20000 horas).
	$\geq 90^{\circ}$ C (30 años).
	$\geq 250^{\circ}$ C Cortocircuito.

- Características del cable: ▫	
No propagación de la llama	EN 60332-1-2 IEC 60332-1-2
No propagación del incendio	EN 50305-9
Libre de halógenos	EN 50525-1
Baja opacidad de humos	EN 61034-2 IEC 61034-2
Nula emisión de gases corrosivos	EN 50305 (ITC < 3
Resistencia a la absorción del agua	DIN EN 60811-402,
Protección contra el agua ▫	AD7 (inmersión)
Resistencia al frío	
Doblado a baja temperatura según	EN60811-1-4
Resistencia a los rayos ultravioleta	UNE-EN 50618:2015 EN 50289-4-17.
Resistencia a los agentes químicos	EN 60811-2-1
Resistencia a las grasas y aceites	
Resistencia a los golpes Radio mínimo de curvatura estático (posición final instalado):	3D (D < 12 mm) 4D > 12 mm). (D =diámetro exterior del cable máximo).
Resistencia a la abrasión	
- Formación del conductor:	Según UNE-EN 60228
- Tipo de aislamiento:	Compuesto reticulado según EN 50618
- Cubierta:	Compuesto reticulado según EN 50618.
Color negro, rojo o azul.	
- Clasificación frente al fuego CPR, Marcado Eca (seguridad básica)	UNE EN 50575:

Cable de aluminio de baja tensión para instalación fotovoltaica

CARACTERÍSTICAS

- Marca:	MIGUELEZ
- Tipo:	Rígido
- Designación:	
▫ Fuerza:	XZ1
▫ Sección:	
▫ Fuerza (mínima 16 mm ²)[mm ²]:	
- Tensión asignada en Alterna:	0,6 /1 kV
- Tensión asignada en Continua:	1,5/1,5 kV
- Tensión máxima en Alterna:	1,2/1,2 kV
- Tensión máxima en Continua:	1,8/1,8 kV
- Conductores:	Metal Aluminio
Flexibilidad Clase 2 según IEC 50228	
Temperatura de servicio (instalación fija):	-25 +90°C.
Temperatura máx en régimen de cc:	250°C
- Características del cable:	

▪No propagación de la llama	EN 60332-1-2 IEC 60332-1-2
No propagación del incendio	EN 50399
Bajo contenido de halógenos	EN 50267
Baja opacidad de humos	EN 61034-2 IEC 61034-2
Baja emisión de gases corrosivos	IEC 60754-2
Protección contra el agua	AD7 (inmersión)
Resistencia a los rayos ultravioleta	UNE-EN 50618.
Resistencia al ozono	EN 50618
Resistencia a la penetración de humedad.	
Resistencia de aislamiento a 90°C (conductor):	1012 Ω *cm
Radio mínimo de curvatura estático:	5D. (D = diámetro exterior).
Máximo esfuerzo de tracción:	30 N/mm ²
Carga mínima de rotura (cubierta):	12.5 N/mm ²
Alargamiento mínimo hasta rotura (cubierta):	300%
Resistencia al desgarro (cubierta):	9 N/mm ² (UNO HD 605-1)
- Densidad máxima de cortocircuito:	
▪ Para 0,1 segundo:	297 A./mm ² .
▪ Para 0,5 segundo:	133 A./mm ²
▪ Para 1,0 segundo:	94 A./mm ²
▪ Para 2,0 segundo:	66 A./mm ²
▪ Para 3,0 segundo:	54 A./mm ²
- Formación del conductor:	Según UNE-EN 50228
- Tipo de aislamiento:	Mezcla de polietileno reticulado según UNEHD 603-1
- Cubierta:	Mezcla LSOH según UNE-HD 603-5. Color negro.
- Clasificación frente al fuego CPR, según UNE EN 50575:	
Marcado Eca (seguridad básica)	

Cable eléctrico de fuerza y mandos

CARACTERÍSTICAS

- Marca:	MIGUELEZ
- Tipo:	
▪ Rígido	
▪ Flexible	
- Designación:	
▪ Fuerza y mando:	RV
▪ Mando para más de 6 conductores:	RV-K
▪ Fuerza a variadores:	
Exterior	RC4V-K
▪ Sección:	
▪ Fuerza (mínima 2,5 mm ²)[mm ²]:	
▪ Mando (mínima 1,5 mm ²)[mm ²]:	
- Tensión nominal:	0,6/1 kV

- Tensión de prueba: 3.500 V
- Conductores:
 - Cuerdas de cobre electrolítico recocido, clase 1 ó 2 para cables rígidos
 - Clase 5 para cables flexibles
- Características del cable:
 - UNE 21123-2, (todos)
 - UNE EN 60332-1-2 e IEC 60332-1-2, IEC 60754-1 e IEC 60754-2 (todos)
- Formación del conductor: Según UNE-EN 60228
- Identificación por coloración y por marcado:
 - UNE 21089-1 (hasta 5 conductores);
 - UNE EN 50334 (más de 5 conductores).
- Tipo de aislamiento: Polietileno reticulado (XLPE), tipo DIX3, según UNE 21123, UNE-HD 603-1 e IEC 60502.
- Pantalla (RC4V-K): Pantalla de cinta de aluminio-poliéster solapada y una trenza de hilos de cobre estañado
- Cubierta: Policloruro de vinilo (PVC), tipo DMV-18, según UNE 21123, UNE-HD 603-1 e IEC 60502.
- Clasificación frente al fuego CPR, según UNE EN 50575: -
Marcado Eca (seguridad básica)
- Temperatura máxima en servicio: 90 ° C
- Temperatura de cortocircuito: 250 ° C
- Densidad máxima de cortocircuito:
 - Para 0,1 segundo: 449 A./mm².
 - Para 0,5 segundo: 201 A./mm²
 - Para 1,0 segundo: 142 A./mm²
 - Para 2,0 segundo: 100 A./mm²
 - Para 3,0 segundo: 82 A./mm²
- Resistencia al agrietamiento: Termoestable
- Resistencia a bajas temperaturas: Termoestable
- Constante de aislamiento 3,67 MΩ. Km. a 20° C
- Resistividad térmica del aislamiento: 350 ° C cm. / W.
- Codificación de colores (cables hasta 5 conductores) según UNE 21089-1 y UNE HD 308-S2:
 - Conductor de protección: Amarillo – verde
 - Conductor neutro: Azul claro
 - Conductores de fase: Marrón, negro y gris

Cable eléctrico de alumbrado

CARACTERÍSTICAS

- Marca:	MIGUELEZ
- Tipo:	
▪ Rígido	
▪ Flexible	
- Designación:	
▪ Fuerza y mando:	RV
▪ Mando para más de 6 conductores:	RV-K
▪ Fuerza a variadores:	
Exterior	RC4V-K
▪ Sección:	
▪ Fuerza (mínima 2,5 mm ²)[mm ²]:	
▪ Mando (mínima 1,5 mm ²)[mm ²]:	
- Tensión nominal:	0,6/1 kV
- Tensión de prueba:	3.500 V
- Conductores:	
▪ Cuerdas de cobre electrolítico recocido, clase 1 ó 2 para cables rígidos	
▪ Clase 5 para cables flexibles	
- Características del cable:	
	▪ UNE 21123-2, (todos)
	▪ UNE EN 60332-1-2 e IEC 60332-1-2, IEC 60754-1 e IEC 60754-2 (todos)
- Formación del conductor:	Según UNE-EN 60228
- Identificación por coloración y por marcado:	
	UNE 21089-1 (hasta 5 conductores);
	▪ UNE EN 50334 (más de 5 conductores).
- Tipo de aislamiento:	Polietileno reticulado (XLPE), tipo DIX3, según UNE 21123, UNE-HD 603-1 e IEC 60502.
- Pantalla (RC4V-K):	Pantalla de cinta de aluminio-poliéster solapada y una trenza de hilos de cobre estañado
- Cubierta:	Policloruro de vinilo (PVC), tipo DMV-18, según UNE 21123, UNE-HD 603-1 e IEC 60502.
- Clasificación frente al fuego CPR, según UNE EN 50575: -	
Marcado Eca (seguridad básica)	
- Temperatura máxima en servicio:	90 °C
- Temperatura de cortocircuito:	250 °C
- Densidad máxima de cortocircuito:	
▪ Para 0,1 segundo:	449 A./mm ² .
▪ Para 0,5 segundo:	201 A./mm ²
▪ Para 1,0 segundo:	142 A./mm ²
▪ Para 2,0 segundo:	100 A./mm ²
▪ Para 3,0 segundo:	82 A./mm ²

- Resistencia al agrietamiento:	Termoestable
- Resistencia a bajas temperaturas:	Termoestable
- Constante de aislamiento	3,67 MΩ. Km. a 20º C
- Resistividad térmica del aislamiento:	350 º C cm. / W.
- Codificación de colores (cables hasta 5 conductores) según UNE 21089-1 y UNE HD 308-S2:	
▪ Conductor de protección:	Amarillo – verde
▪ Conductor neutro:	Azul claro
▪ Conductores de fase:	Marrón, negro y gris

Cable eléctrico de cobre desnudo para red de tierras

CARACTERÍSTICAS

- Marca:	
- Material:	Cobre
- Sección:	35 - 50
- Número de alambres:	De 7 a19
- Carga de rotura:	250 a 300 N/mm2
- Alargamiento a la rotura:	25 a 30%.
- Tratamiento:	Recocido.
- Densidad:	8,89 Kg/dm3
- Punto de fusión:	1083 ºC.

Manguera instrumentación, señales digitales y datos.

CARACTERÍSTICAS

- Marca:	MIGUELEZ
- Tipo:	
▪ Rígido	
▪ Flexible	
- Designación:	
▪ Fuerza y mando:	RV
▪ Mando para más de 6 conductores:	RV-K
▪ Fuerza a variadores:	
Exterior	RC4V-K
▪ Sección:	
▪ Fuerza (mínima 2,5 mm2)[mm2]:	
▪ Mando (mínima 1,5 mm2)[mm2]:	
- Tensión nominal:	0,6/1 kV
- Tensión de prueba:	3.500 V
- Conductores:	
▪ Cuerdas de cobre electrolítico recocido, clase 1 ó 2 para cables rígidos	
▪ Clase 5 para cables flexibles	
- Características del cable:	
	▪ UNE 21123-2, (todos)
	▪ UNE EN 60332-1-2 e IEC 60332-1-2, IEC 60754-1 e IEC 60754-2 (todos)

- Formación del conductor: Según UNE-EN 60228
- Identificación por coloración y por marcado:
 - UNE 21089-1 (hasta 5 conductores);
 - UNE EN 50334 (más de 5 conductores).
- Tipo de aislamiento: Polietileno reticulado (XLPE), tipo DIX3, según UNE 21123, UNE-HD 603-1 e IEC 60502.
- Pantalla (RC4V-K): Pantalla de cinta de aluminio-poliéster solapada y una trenza de hilos de cobre estañado
- Cubierta: Policloruro de vinilo (PVC), tipo DMV-18, según UNE 21123, UNE-HD 603-1 e IEC 60502.
- Clasificación frente al fuego CPR, según UNE EN 50575: - Marcado Eca (seguridad básica)
 - Temperatura máxima en servicio: 90 ° C
 - Temperatura de cortocircuito: 250 ° C
 - Densidad máxima de cortocircuito:
 - Para 0,1 segundo: 449 A./mm².
 - Para 0,5 segundo: 201 A./mm²
 - Para 1,0 segundo: 142 A./mm²
 - Para 2,0 segundo: 100 A./mm²
 - Para 3,0 segundo: 82 A./mm²
 - Resistencia al agrietamiento: Termoestable
 - Resistencia a bajas temperaturas: Termoestable
 - Constante de aislamiento 3,67 MΩ. Km. a 20° C
 - Resistividad térmica del aislamiento: 350 ° C cm. / W.
 - Codificación de colores (cables hasta 5 conductores) según UNE 21089-1 y UNE HD 308-S2:
 - Conductor de protección: Amarillo – verde
 - Conductor neutro: Azul claro
 - Conductores de fase: Marrón, negro y gris

Bandeja metálica

CARACTERÍSTICAS

- Marca:
- Sistema de bandeja: De rejilla, fabricada con varilla de acero electrosoldada con extremos mecanizados.
- Acabado superficial: Galvanizado en caliente a 450°C. El espesor de Zinc no debe ser inferior a 70 micras.
- Altura de ala: 60 mm.
- Normas aplicables: IEC 61537; UNE EN 1461; ISO 1461.

- Protección de los cortes: Realizados en bandeja con pintura de zinc.
- Accesorios de fijación, piezas especiales y tapa: De iguales características.
- Montaje en exteriores.

Estructura de anclaje

- Marca:	Solarstem
Características generales:	
Material:	Acero galvanizado
Densidad:	
Resistencia mín. a tracción material:	≥ 30 MPa ASTM D638
Módulo mín. de flexión:	≥ 1500 MPa ASTM D790
Espesor mín. en toda la pieza:	3 mm
Espesor mín. en la parte superior:	4 mm
Fabricación:	
Ensamblado:	Mediante tornillería
Dimensiones:	
Color:	A elegir por la D.O.
Tornillería:	Acero inox Rosca métrica DIN
Límite mín. vientos:	≥ 30 m/s
% UV estabilizante:	
% Antioxidante	
Carga de nieve:	
Raíl de fijación módulos:	
Certificado:	A ensayo de viento
Sistema diseñado cumpliendo la normativa:	DIN1055 E según DIN1055 parte 4 (03/2005), parte 5 (06/2005), parte 100 (03/2001), Eurocódigo 1 (06/2002), DIN4113, DIN18800, Eurocódigo 9. UNE-EN 1991-1. Eurocode. Acciones en estructuras UNE-EN 1991-1-4. Eurocode. Acciones en estructuras ROM 0.4-95. Recomendación de Acciones Climáticas: Viento

Analizador de potencia

Marca: Schneider PowerLogic PM5000.

Monitorización

Marca: Huawei

Modelo:	SmartLogger SL3000A
Max. Número de dispositivos manejables:	80
WAN:	WAN x 1, 10 / 100 / 1000 Mbps
LAN:	LAN x 1, 10 / 100 / 1000 Mbps
RS485:	COM x 3, 1200 / 2400 / 4800 / 9600 / 19200 / 115200 bps, 1000 m
MBUS:	MBUS x 1, 115.2 kbps, Compatible con PLC
2G/3G/4G:	LTE(FDD) : B1,B2,B3,B4,B5,B7,B8,B20 DC-HSPA+/HSPA+/HSPA/UMTS : 850/900/1900/2100 MHz GSM/GPRS/EDGE: 850/900/1800/1900 MHz 2
Entrada / salida digital / analógica:	DI x 4, DO x 2, AI x 4
DO Activo:	12V, 100mA (conexión con relé, sensor)
Ethernet:	Modbus-TCP, IEC 60870-5-104
RS485:	Modbus-RTU, IEC 60870-5-103 (estándar), DL / T645
WEB:	Web incrustada
LED:	LED Indicator x 3 – RUN, ALM, 4G
USB:	USB 2.0 x 1
APP:	Comunicación por WLAN para la puesta en servicio

Ambiente

Rango de temperatura de operación	-40°C ~ 60°C
Temperatura de almacenaje	-40°C ~ 70°C
Humedad relativa (sin condensación)	5% ~ 95%
Max. Altitud de operación	4,000 m

Alimentación

Fuente de alimentación de CA	100 V ~ 240 V, 50 Hz / 60 Hz
Fuente de alimentación de CC	12 V / 24 V

Consumo de energía	Típico 8 W, Max. 15 W
Datos generales	
Dimensiones (W x H x D)	225 x 160 x 44 mm (sin orejas de montaje y antena)
Peso	2 kg
Grado de protección	IP20
Opciones de instalación	Montaje en pared, montaje en riel DIN, montaje de mesa

Módulo de control

CARACTERÍSTICAS

- Control de sistemas modulares de potencia
- PLC integrado dedicado a sistemas de control de CC de configuración flexible
- Fácil expansión del sistema
- Sistema de bus de control digital
- Mejora de la gestión de la batería
- Avanzado sistema de monitorización y control.
- Monitorización remota vía MODEM ó mediante red LAN, Web Server integrado.
- Conexión online de doble conversión.
- Display instalado en puerta exterior de la envolvente, manteniendo el grado de protección IP del armario.
- Control regímenes de carga (Rápida y flotación)
- Compensación de temperatura de batería en función de la temperatura externa
- Límite de corriente de batería
- Prueba de batería mediante test de capacidad avanzado.
- Control contactor (LVD) de desconexión batería por mínima tensión para evitar sobre descargas.
- Microprocesador de última generación,

Capacidad para realizar las siguientes medidas de funcionamiento:

- Rectificador: VCA de entrada y VCC de salida por cada módulo.

- Baterías: VCC , corriente de batería y capacidad.
- Inversor: VCC de entrada y VAC de salida de cada módulo.

Electrolizador

CARACTERÍSTICAS PRODUCCIÓN H2

- Producción nominal H2 6,6 Nm3/hr a 66 Nm3/hr
0,6 kg/hr a 6 kg/hr
- Nominal Power Consumption by Volume 4,6 kWh/Nm3 ± 1%
- Nominal Power Consumption by Mass 51,1 kWh/kg ± 1%
- H2 Purity Up to 99,9995 % (ISO 14687)
- H2 Outlet Pressure Up to 30 bar adjustable
- Operation Range 5 % to 100 %
- Dew Point Temp. -71 °C
- H2/O2 Ports Customized to client's needs

ESPECIFICACIONES ELÉCTRICAS

- Nominal Load 30 kW a 300 kW
- Electrical connection Trifásica 400V; 50/60Hz
- Nominal system efficiency Carga Nominal ~60%
- AC/DC Rectifier
- Max Power 36kVA a 360 kVA
- Rectifier
- Electrical safety

SISTEMA DE CONTROL

- Comunicaciones Ethernet Modbus TCP IP

CALIDAD DE SUMINISTRO DE AGUA

- Calidad del agua ASTM Type II
- Consumo 1 Lt H2O → 1.2Nm3 H2

CONDICIONES DE OPERACIÓN

- Dimensiones 1 contenedor de 20 pies
- Condiciones ambientales – 12 °C ↔ 40 °C
Humidity < 80%.

- Tiempo de respuesta	From Standby < 10 seconds Cold Start: +/-3 min
- Peso	5Tn a 15Tn
- Temperatura de trabajo	45 °C – 50 °C
- Max Noise (dB)	<75dB
- Ventilation	IP65

NORMAS

- Hydrogen Generators by Water Electrolysis	ISO 22734:2019
- Pressure Equipment Directive	2014/68/EU
- Council Low Voltage Directive	2014/35/EU
- Electro-Magnetic Compatibility	2014/30/EU
- ATEX Directive	2014/34/EU
- Functional Manufacturing Safety standards	ENISO 12100:2010, IEC 61508, IEC 62061,
- Industrial Machine Guidelines	2006/42/CE

Compresor

CONDICIONES DE OPERACIÓN

- Presión de entrada	30 a 200 bar
- Presión de salida máxima	950 bar
- Caudal mínimo	125m ³ N/h 10Kg/h
- Caudal máximo	550m ³ N/h 50Kg/h

NORMAS

- Hydrogen Generators by Water Electrolysis	ISO 22734:2019
- Riesgos por atmósferas explosivas	1999/92/EC
- Aparatos y sistemas de protección para uso en atmósferas potencialmente explosivas	2014/34/EU

Placas

Descripción

Los módulos o paneles fotovoltaicos son los encargados de transformar sin ningún paso intermedio la energía procedente de la radiación solar en energía eléctrica de continua.

Tipología del panel Monocrystalino

Marca: Vertex

Modelo:

Características eléctricas a STC, Irradiancia 1000 W/ m², Temperatura celda 25°C, Am =1,5:

Potencia salida, Pmax (Wp) ≥ 610 Wp

Tensión máxima, Vmp (V)

Intensidad máxima, Imp(A)

Tensión de circuito abierto, Voc (V)

Intensidad de cortocircuito, Isc (A)

Eficiencia del módulo (%) ≥ 18,33 %

Tolerancia máxima de potencia (%)

Características eléctricas a NOCT, Irradiancia 800 W/ m², Temperatura celda 20°C, Am =1,5,

Velocidad del viento 1 m/s:

Potencia salida, Pmax (Wp) ≥ 74 % PSTC Wp

Tensión máxima, Vmp (V)

Intensidad máxima, Imp(A)

Tensión de circuito abierto, Voc (V)

Intensidad de cortocircuito, Isc (A)

Características térmicas:

Coefficiente de temperatura del aire a Pmax

Coefficiente de temperatura del aire a Isc

Coefficiente de temperatura del aire a Voc

Temperatura operativa nominal ≥ 45° C

Condiciones operativas:

Tensión máx del sistema, Vdc (V).

Temperatura mínima de funcionamiento. ≤ - 40 ° C

Temperatura máxima de funcionamiento. ≥ 80° C

Corriente inversa máxima, calibre fusible en serie (A).

Carga estática máxima frontal (ej. nieve) (Pa). ≥ 5400 Pa

Carga estática máxima posterior (ej. viento) (Pa). ≥ 2400 Pa

Condiciones operativas:

Tipo de panel: Monocrystalino

Número de células:

Largo (mm)

Ancho (mm)

Espesor (mm)

Espesor cristal templado (mm)

Peso (kg)	
Material marco	Acero inox/Aluminio
Sección cable salida (mm ²)	
Longitud cable de salida positivo (m)	
Protección caja de conexiones (IP)	≥ IP 67
Número de diodos de by-pass	
Garantía mínima contra defectos de fabricación	≥ 10 años
Garantía mínima en rendimiento	≥ 25 años
Certificados exigidos:	Certificado de diseño según IEC 61215-1-1:2016 Certificado de seguridad eléctrica según IEC 61730-1:2004/A1:2011 Certificado FLASH TEST Marcado CE

Inversor

Descripción

El inversor es el encargado de convertir la corriente continua generada en los módulos solares en corriente alterna sincronizada con la de la red.

Marca:	Huawei
Modelo:	Sun 2000-100kWTL-M1

Características eléctricas INPUT:

Rango de Potencia recomendado (Wp):	
Rango de tensión MPPT* (V):	
Tensión máxima (V):	≥ 1000 V
Intensidad máxima (A):	
Número de entradas con portafusibles:	≥ 12
Tipo de conexión:	
Número de bloques de potencia:	≥ 2
Número de seguidores del MPP:	≥ 2

Protecciones eléctricas INPUT (CC)

Protecciones de sobrevoltaje:	Clase II
Interruptor de CC:	Si
Regulación de capacidad campo solar según señal externa:	Si
Otras protecciones:	

Protecciones eléctricas OUTPUT (AC)

Potencia 30°C/50°C:	
Intensidad 30°C/50°C:	
Frecuencia (Hz):	50 Hz
Factor de potencia:	1
Factor de potencia ajustable:	
Tasa de distorsión armónica (THD):	≤ 3 %
Aislamiento galvánico (Si/No):	

Protecciones eléctricas OUTPUT (CA)

Protecciones de sobrevoltaje: Clase II

Interruptor de CC: Si

Otras protecciones:

Características generales

Dimensiones:

Eficiencia máxima (%): $\geq 98,6 \%$

Eficiencia europea (%): $\geq 98,4 \%$

Eficiencia mínima al 25% de PN (%): $\geq 92 \%$

Máximo consumo de SS.AA. (W):

Consumo en Stand-by (W):

Consumo promedio diario (W):

Protección mín. IP inversor interior: $\geq IP 20$

Protección mín. IP inversor exterior: $\geq IP 65$

Emisiones acústicas (Db):

Marcado: CE

Garantía mínima: ≥ 5 años

Normas de obligado cumplimiento:

- EMC y seguridad

EN 61000-6-1, EN 61000-6-2, EN 61000-6-4, EN 61000-3-11, EN 61000-3-12, EN 62109-1, EN 62109-2, IEC 62103, EN 50178, AS3100.

- Conexión a red

IEC 61727, UNE 206007-1

6.5 Puesta en marcha por personal autorizado

Se realizará una puesta en marcha por un técnico competente por parte del Contratista según lo definido por el Real Decreto 919/2006, que sea "una persona física que, al poseer los conocimientos teóricos y prácticos de la tecnología de la industria del gas y su normativa, y cumpliendo con los requisitos establecidos en la ITC-ICG 09, está capacitada para realizar y supervisar las operaciones correspondientes a su categoría", para realizar y supervisar las operaciones relacionadas, en este caso, con el hidrógeno.

Así pues, previo a la puesta en servicio de todos los elementos principales, como módulos, inversores y electrolizadores, estos deben haber superado las pruebas de funcionamiento en fábrica.

De este modo, se obtiene el acta que certifica la calidad de la instalación. El instalador deberá realizar, como mínimo, las siguientes pruebas:

- Funcionamiento y puesta en marcha de cada sistema.
- Pruebas de arranque y parada en diferentes momentos de funcionamiento.
- Pruebas de los elementos y medidas de protección, seguridad y alarma, excluyendo las pruebas relacionadas con el interruptor automático de desconexión.

- Determinación de la potencia instalada.

Una vez concluidas las pruebas y la puesta en marcha, se procederá a la fase de Recepción Provisional de la Instalación. Para que esta acta sea válida, se deben cumplir los siguientes requisitos:

- Entrega de toda la documentación requerida: El instalador entrega al usuario un documento que incluye el suministro de componentes, materiales y manuales de uso y mantenimiento de la instalación.
- Retirada de todo material sobrante de la obra.
- Limpieza de las zonas ocupadas y transporte de todos los desechos a un vertedero.

Cuando se cumplan todos estos requisitos, se podrá firmar el Acta de Recepción Provisional.

El Contratista estará obligado a reparar cualquier fallo de funcionamiento que se produzca, si se demuestra que su origen se debe a defectos ocultos de diseño, construcción, materiales o montaje, sin ningún tipo de cargo.

7. Presupuesto

En este apartado procederemos a enumerar las distintas unidades de obra que serán necesarias a la hora de delimitar y explicar el proyecto de instalación.

7.1 Presupuesto desglosado

MODULOS

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
1		Materiales			
mt35sol029ee	Ud	Módulo solar fotovoltaico de células de silicio monocristalino, potencia máxima (Wp) 650 W, tensión a máxima potencia (Vmp) 37,62 V, intensidad a máxima potencia (Imp) 17,28 A, tensión en circuito abierto (Voc) 45,75 V, intensidad de cortocircuito (Isc) 18,11 A, eficiencia 20,93%, 132 células de 210x105 mm, vidrio exterior templado de 3,2 mm de espesor, capa adhesiva de etilvinilacetato (EVA), capa posterior de polifluoruro de vinilo, poliéster y polifluoruro de vinilo (TPT), marco de aluminio anodizado, temperatura de trabajo -40°C hasta 85°C, dimensiones 2384x1303x35 mm, resistencia a la carga del viento 245 kg/m ² , resistencia a la carga de la nieve 551 kg/m ² , peso 34,22 kg, con caja de conexiones con diodos, cables y conectores.	1760,000	252,20 €	443.872,00 €
Subtotal materiales:					443.872,00 €
2		Mano de obra			
mo003	h	Oficial 1º electricista.	809,600	22,74 €	18.410,30 €
mo102	h	Ayudante electricista.	809,600	20,98 €	16.985,41 €

			Subtotal mano de obra:	35.395,71 €	
3	%	Costes directos complementarios Costes directos complementarios	2,000	479.267,71 €	9.585,35 €
Coste de mantenimiento decenal: 41,66€ en los primeros 10 años.				Costes directos (1+2+3):	488.853,06 €

INVERSOR

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
1					
mt35ifg050a	Ud	Materiales Inversor trifásico, potencia máxima de entrada 115 kW, voltaje de entrada máximo 1000 Vcc, rango de voltaje de entrada de 500 a 800 Vcc, potencia nominal de salida 50 kW, potencia máxima de salida 50 kVA, eficiencia máxima 98,1%, dimensiones 569x621x733 mm, peso 84 kg, con pies de apoyo, indicador del estado de funcionamiento con led, comunicación vía Wi-Fi para control remoto desde un smartphone, tablet o PC, dos puertos Ethernet, y protocolo de comunicación Modbus.	11,000	4.630,28 €	50.933,08 €
Subtotal materiales:					50.933,08 €
2					
mq04cag010a	h	Equipo y maquinaria Camión con grúa de hasta 6 t.	5,500	55,38 €	304,59 €
Subtotal equipo y maquinaria:					304,59 €
3					
mo003	h	Mano de obra Oficial 1ª electricista.	11,000	22,74 €	250,14 €
mo102	h	Ayudante electricista.	11,000	20,98 €	230,78 €
Subtotal mano de obra:					480,92 €
4					
%		Costes directos complementarios Costes directos complementarios	2,000	51.718,59 €	1.034,37 €
Coste de mantenimiento decenal: 719,36€ en los primeros 10 años.				Costes directos (1+2+3+4):	52.752,96 €

TUBERIAS

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
1					
mt37tca450i	Ud	Materiales Material auxiliar para montaje y sujeción a la obra de las tuberías de cobre rígido, de 51/54 mm de diámetro.	300,000	1,24 €	372,00 €
mt37tca050id	m	Tubo de cobre rígido, de 51/54 mm de diámetro y 1,5 mm de espesor, según UNE-EN 13348, con el precio incrementado el 15% en concepto de accesorios y piezas especiales.	300,000	28,50 €	8.550,00 €
mt27ess010d	kg	Esmalte sintético, color a elegir de la carta RAL, para aplicar sobre superficies metálicas, aspecto brillante.	13,200	7,12 €	93,98 €
Subtotal materiales:					9.015,98 €
2					
mo008	h	Mano de obra Oficial 1ª fontanero.	78,000	22,74 €	1.773,72 €
mo107	h	Ayudante fontanero.	78,000	20,98 €	1.636,44 €
mo038	h	Oficial 1ª pintor.	28,500	22,13 €	630,71 €
Subtotal mano de obra:					4.040,87 €
3					
Costes directos complementarios					

% Costes directos complementarios 2,000 13.056,85 € 261,14 €

Coste de mantenimiento decenal: 3,99€ en los primeros 10 años.	13.317,99 €
--	-------------

Costes directos (1+2+3):

300

DESBROCE PARCELAS

Desbroce y limpieza del terreno de topografía con desniveles mínimos, con medios mecánicos. Comprende los trabajos necesarios para retirar de las zonas previstas para la edificación o urbanización: pequeñas plantas, maleza, broza, maderas caídas, escombros, basuras o cualquier otro material existente, hasta una profundidad no menor que el espesor de la capa de tierra vegetal, considerando como mínima 25 cm; y carga a camión. El precio no incluye la tala de árboles ni el transporte de los materiales retirados.

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
1		Equipo y maquinaria			
mq01pan010a	h	Pala cargadora sobre neumáticos de 120 kW/1,9 m³.	91,518	45,06 €	4.123,80 €
Subtotal equipo y maquinaria:					4.123,80 €
2		Mano de obra			
mo113	h	Peón ordinario construcción.	34,319	20,78 €	713,15 €
Subtotal mano de obra:					713,15 €
3		Costes directos complementarios			
	%	Costes directos complementarios	2,000	4.836,95 €	96,74 €
Costes directos (1+2+3):					4.933,69 €

3813,25

SOLERA PARA ZONA TÉCNICA

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
1		Materiales			
mt10hal105tLe	m³	Hormigón HMR-25/B/20/X0 Ultra Series Reciclado "HOLCIM", con un porcentaje máximo de áridos reciclados del 50%, fabricado en central.	21,000	90,00 €	1.890,00 €
mt16pea020c	m²	Panel rígido de poliestireno expandido, según UNE-EN 13163, mecanizado lateral recto, de 30 mm de espesor, resistencia térmica 0,8 m²K/W, conductividad térmica 0,036 W/(mK), para junta de dilatación.	10,000	2,01 €	20,10 €
Subtotal materiales:					1.910,10 €
2		Equipo y maquinaria			
mq06vib020	h	Regla vibrante de 3 m.	19,400	5,23 €	101,46 €
Subtotal equipo y maquinaria:					101,46 €
3		Mano de obra			
mo020	h	Oficial 1ª construcción.	21,400	22,13 €	473,58 €
mo113	h	Peón ordinario construcción.	21,400	20,78 €	444,69 €
mo077	h	Ayudante construcción.	10,600	21,02 €	222,81 €
Subtotal mano de obra:					1.141,08 €
4		Costes directos complementarios			
	%	Costes directos complementarios	2,000	3.152,64 €	63,05 €

Coste de mantenimiento decenal: 1,13€ en los primeros 10 años.	3.215,69 €
--	------------

Costes directos (1+2+3+4):

CUADRO ELÉCTRICOS

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio	Importe
--------	--------	-------------	-------------	--------	---------

				unitario	
1		Materiales			
mt50spe020f	Ud	Cuadro eléctrico para una potencia máxima de 100 kW, compuesto por armario de distribución con dispositivo de emergencia, con grados de protección IP55 e IK10, 8 tomas con interruptor de bloqueo y los interruptores automáticos magnetotérmicos y diferenciales necesarios. Incluso elementos de fijación y regletas de conexión.	2,750	5.430,64 €	14.934,26 €
					14.934,26 €
Subtotal materiales:					
2		Mano de obra			
mo119	h	Oficial 1ª Seguridad y Salud.	11,000	22,13 €	243,43 €
mo120	h	Peón Seguridad y Salud.	11,000	20,78 €	228,58 €
					472,01 €
Subtotal mano de obra:					
3		Costes directos complementarios			
	%	Costes directos complementarios	2,000	15.406,27 €	308,13 €
					15.714,40 €
Costes directos (1+2+3):					

COMPRESOR

				Precio	
Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	unitario	Importe
1		Materiales			
mt43cac360rr	Ud	Compresor de hidrógeno, con doble multiplicador de presión, presión máxima de trabajo 950 bar para alimentación trifásica, para un caudal de 50Kg/h máximo y 10kg/h mínimo, modular completamente instalado. 45kW de Potencia.	1,000	800.000,00 €	800.000,00 €
					800.000,00 €
Subtotal materiales:					
2		Mano de obra			
mo008	h	Oficial 1ª fontanero.	80,000	22,74 €	1.819,20 €
mo107	h	Ayudante fontanero.	80,000	20,98 €	1.678,40 €
					3.497,60 €
Subtotal mano de obra:					
3		Costes directos complementarios			
	%	Costes directos complementarios	2,000	803.497,60 €	16.069,95 €
					819.567,55 €
Costes directos (1+2+3):					
Coste de mantenimiento decenal: 11.169,62€ en los primeros 10 años.					

ELECTROLIZADOR

				Precio	
Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	unitario	Importe
1		Materiales			

ele43trol360	Ud	Electrolizador H2GREEN de las siguiente características: Ejecución en contenedor; Producción mínima de 400 Kg/d de Hidrógeno con flujo 200 Nm3/h y calidad 99.999% de pureza con menos de 5 ppm O2 y H2O saturado; Producción de oxígeno con flujo 100 Nm3/h y calidad 93,3% de pureza y H2O saturado (70 °C); Consumo específico de agua inferior o igual a un 1 l/Nm3H2; Alimentación de agua: agua procedente del tratamiento avanzado o de la red de agua potable con menos de 2000 S/cm2 de conductividad; Potencia: 1,06 MW. Incluso equipo de aporte de nitrógeno para purgas.Totalmente instalado y probado	3,000	1.124.531,25 €	3.373.593,75 €
Subtotal materiales:					3.373.593,75 €
2	Mano de obra				
mo008	h	Oficial 1ª fontanero.	240,000	22,74 €	5.457,60 €
mo107	h	Ayudante fontanero.	240,000	20,98 €	5.035,20 €
Subtotal mano de obra:					10.492,80 €
3	Costes directos complementarios				
	%	Costes directos complementarios	2,000	3.384.086,55 €	67.681,73 €
Coste de mantenimiento decenal: 11.169,62€ en los primeros 10 años.					3.451.768,28 €
Costes directos (1+2+3):					3.451.768,28 €

DEPOSITOS

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
1	Materiales				
dep43osi360	Ud	Módulo compuesto por un rack de botellas para almacenamiento fijo de hidrógeno comprimido a una presión de 30 bar, interconectadas entre sí para trabajar a un único nivel de presión y con las siguientes especificaciones generales: Presión de trabajo: 30 bar; Tipo de botellas:Tipo 1; Volumen almacenamiento: 5.780 l. (+/- S%); H2 almacenado (a 15°): 177 Nm3 (+/-S%); H2 almacenado (a 15°C): 15 kg (+/-S%); Dimensiones módulo: 2000x1900x2100 mm; Peso módulo: 7.250 kg. Ejecución en contenedor. Incluso instalación eléctrica y de control. Totalmente instalado y probado.	1,000	149.290,80 €	149.290,80 €
Subtotal materiales:					149.290,80 €
2	Mano de obra				
mo008	h	Oficial 1ª fontanero.	48,000	22,74 €	1.091,52 €
mo107	h	Ayudante fontanero.	48,000	20,98 €	1.007,04 €
Subtotal mano de obra:					2.098,56 €
3	Costes directos complementarios				
	%	Costes directos complementarios	2,000	151.389,36 €	3.027,79 €
Coste de mantenimiento decenal: 11.169,62€ en los primeros 10 años.					154.417,15 €
Costes directos (1+2+3):					154.417,15 €

DEPOSITOS

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
1 dep43osi360	Ud	Materiales Depósito para almacenamiento fijo de hidrógeno comprimido a una presión de 950 bar para trabajar a un único nivel de presión y con las siguientes especificaciones generales: Presión de trabajo: 900 bar.	1,000	899.290,80 €	899.290,80 €
Subtotal materiales:					899.290,80 €
2 mo008	h	Mano de obra Oficial 1ª fontanero.	25,000	22,74 €	568,50 €
mo107	h	Ayudante fontanero.	25,000	20,98 €	524,50 €
Subtotal mano de obra:					1.093,00 €
3	%	Costes directos complementarios Costes directos complementarios	2,000	900.383,80 €	18.007,68 €
Coste de mantenimiento decenal: 11.169,62€ en los primeros 10 años.					918.391,48 €
Costes directos (1+2+3):					918.391,48 €

FURGONES

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
1 veh43ren360	Ud	Materiales Suministro de vehículo híbrido eléctrico e hidrógeno Renault Hyvia. MASTER VAN H2-TECH L3H3	10,000	53.021,00 €	530.210,00 €
Subtotal materiales:					530.210,00 €
3	%	Costes directos complementarios Costes directos complementarios	2,000	53.021,00 €	1.060,42 €
Coste de mantenimiento decenal: 11.169,62€ en los primeros 10 años.					531.270,42 €
Costes directos (1+2+3):					531.270,42 €

TERRENO

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
1 veh43ren360	Ud	Materiales Gastos compra parcela 15Ha	1,000	110.129 €	110.129,00 €
Subtotal materiales:					110.129,00 €

TOTAL

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
1 MAT.TOTAL	Ud	Materiales Sumatorio de costes de material	1,000	6.387.608,16 €	6.387.608,16 €
Subtotal materiales:					6.387.608,16 €
2 mo.TOTAL	h	Mano de obra Sumatorio de costes de mano de obra	1,000	22,74 €	22,74 €
Subtotal mano de obra:					59.425,70 €
3		Costes directos complementarios			

%	Costes directos complementarios	1,000	6.447.033,86 €	64.470,34 €
Coste de mantenimiento decenal: 11.169,62€ en los primeros 10 años.				6.511.504,20 €
			Costes directos (1+2+3):	

7.2 Estudio económico

En este apartado vamos a realizar el estudio económico del proyecto, es decir, vamos a comparar las alternativas de las fuentes de energía tradicional y el hidrógeno.

Se han realizado las siguientes suposiciones y estimaciones del coste:

1. Qué la inversión inicial es de 6.511.504,20 €.
2. Qué se ha solicitado un préstamo al banco con tasa de interés fijo del 2,25%
3. Qué la producción mensual de H2 durante todo el año es según la media de horas de máximo rendimiento diarias calculadas en el apartado 5.11 de este proyecto, es decir, 4,55h. Que por tanto se producirá anualmente 30497,35kg de H2.
4. Qué la vida útil de la instalación será de 25 años vamos a tener en cuenta una pérdida de eficiencia del 0,55% anual, unos costes de mantenimiento relacionados con revisiones técnico-legales, OCA y mantenimiento preventivo, correctivo y conductivo por valor de 0,5% del presupuesto total del proyecto.
5. Qué el coste de gasóleo A ha aumentado su precio un 31% en el período del 2012 al 2022, siendo a 2024 un coste de media del 1,518€/l de Gasóleo A. Por tanto, se va a suponer un aumento del 3.1% del coste anualmente.
6. Que los vehículos de gasóleo no podrán acceder a las ciudades a partir de 2036 (suponemos una prórroga de un año para la aplicación definitiva de la prohibición).
7. Que la gasolina a fecha de 2035 tendrá un coste de 2,55€/L.
8. Que la amortización de la instalación será constante durante la vida útil de la instalación, es decir, 260.460,17 €
9. Que el coste del agua consumida por la instalación será de 1.89€ el m3 de agua.

Tabla de cálculo

AÑO	Producción h2 (kg)	Coste Combustible Gasoleo A	Anualidad	Intereses	Amortización	Coste Agua + Mantenimiento instalaciones	Coste Combustible Gasoleo + Vehiculos	Coste Combustible Gasolina + Vehiculos
0	-	-	-	-	-	-	-	-
1	31009,39	63.208,61 €	406.969,02 €	146.508,85 €	260.460,17 €	33.085,97 €	558.208,61 €	-
2	30838,84	65.168,08 €	401.108,66 €	140.648,49 €	260.460,17 €	33.152,14 €	80.513,08 €	-
3	30669,23	67.188,29 €	395.248,31 €	134.788,14 €	260.460,17 €	33.218,44 €	83.008,98 €	-
4	30500,55	69.271,12 €	389.387,95 €	128.927,78 €	260.460,17 €	33.284,88 €	85.582,26 €	-
5	30332,79	71.418,53 €	383.527,60 €	123.067,43 €	260.460,17 €	33.351,45 €	88.235,31 €	-
6	30165,96	73.632,50 €	377.667,25 €	117.207,08 €	260.460,17 €	33.418,15 €	90.970,60 €	-
7	30000,05	75.915,11 €	371.806,89 €	111.346,72 €	260.460,17 €	33.484,99 €	93.790,69 €	-
8	29835,05	78.268,48 €	365.946,54 €	105.486,37 €	260.460,17 €	33.551,96 €	96.698,20 €	-
9	29670,96	80.694,80 €	360.086,19 €	99.626,02 €	260.460,17 €	33.619,06 €	99.695,85 €	-
10	29507,77	83.196,34 €	354.225,83 €	93.765,66 €	260.460,17 €	33.686,30 €	102.786,42 €	-
11	29345,48	85.775,43 €	348.365,48 €	87.905,31 €	260.460,17 €	33.753,67 €	105.972,80 €	-
12	29184,08	88.434,46 €	342.505,12 €	82.044,95 €	260.460,17 €	33.821,18 €	-	601.180,47 €
13	29023,56	91.175,93 €	336.644,77 €	76.184,60 €	260.460,17 €	33.888,82 €	-	124.817,06 €
14	28863,93	94.002,39 €	330.784,42 €	70.324,25 €	260.460,17 €	33.956,60 €	-	128.686,39 €
15	28705,18	96.916,46 €	324.924,06 €	64.463,89 €	260.460,17 €	34.024,51 €	-	132.675,67 €
16	28547,30	99.920,87 €	319.063,71 €	58.603,54 €	260.460,17 €	34.092,56 €	-	136.788,62 €
17	28390,29	103.018,42 €	313.203,35 €	52.743,18 €	260.460,17 €	34.160,75 €	-	141.029,06 €
18	28234,15	106.211,99 €	307.343,00 €	46.882,83 €	260.460,17 €	34.229,07 €	-	145.400,97 €
19	28078,86	109.504,56 €	301.482,65 €	41.022,48 €	260.460,17 €	34.297,53 €	-	149.908,40 €
20	27924,43	112.899,20 €	295.622,29 €	35.162,12 €	260.460,17 €	34.366,12 €	-	154.555,56 €
21	27770,84	116.399,08 €	289.761,94 €	29.301,77 €	260.460,17 €	34.434,85 €	-	159.346,78 €
22	27618,10	120.007,45 €	283.901,59 €	23.441,42 €	260.460,17 €	34.503,72 €	-	164.286,53 €
23	27466,20	123.727,68 €	278.041,23 €	17.581,06 €	260.460,17 €	34.572,73 €	-	169.379,41 €
24	27315,14	127.563,24 €	272.180,88 €	11.720,71 €	260.460,17 €	34.641,88 €	-	174.630,17 €
25	27164,90	131.517,70 €	266.320,52 €	5.860,35 €	260.460,17 €	34.711,16 €	-	180.043,71 €
SUMA	726163,04	2.335.036,72 €	8.416.119,24 €	1.904.614,99 €	6.511.504,25 €	847.308,48 €	1.485.462,81 €	2.562.728,80 €

Por lo tanto podemos extraer qué:

1. El coste total del proyecto será de 8.416.119,24€ durante toda la vida de la instalación.
2. El ahorro estimado en combustibles fósiles sería de 4.048.191,61€.

8. Conclusiones.

En este apartado el redactor del proyecto va a enumerar una serie de conclusiones que se han extraído del cálculo de la instalación.

- Se ha podido demostrar la viabilidad técnica de la producción de H2 para suministro de vehículos industriales, siendo capaces de alimentar a una flota de 10 vehículos en los meses de menor producción solar.
- Se ha demostrado que una instalación de esta magnitud requiere una gran inversión inicial debido al limitado avance tecnológico de estos equipos, lo que encarece su utilización.
- Se ha demostrado que esta metodología contribuye a la generación de energía sostenible sin emisiones contaminantes, permitiendo almacenarla en forma de hidrógeno o venderla a la red generada por instalaciones solares fotovoltaicas. El uso del hidrógeno como medio de almacenamiento facilita mantener grandes reservas de energía, cuya eficiencia de retención no se ve comprometida, a diferencia de las baterías convencionales.

- Se ha llegado a comprender que, actualmente, es difícil integrar esta tecnología en el sector automovilístico, ya que todavía hay diversas competencias que deben desarrollarse para competir eficazmente con las tecnologías convencionales. Sin embargo, en otros sectores, donde el hidrógeno se compra a partir de fuentes no renovables, el uso de hidrógeno verde ya se aplica directamente para la producción de sus productos. Por ello, uno de los principales objetivos para las próximas décadas es que todos estos sectores industriales utilicen hidrógeno de origen renovable.
- Se ha comprobado que, aunque la viabilidad económica a día de hoy sea difícilmente justificable los beneficios ambientales a Medio y Largo plazo para proyectos como este son enormes, la reducción de la dependencia de los combustibles fósiles quedaría mitigada completamente para nuestro modelo económico.
- Los posibles beneficios de imagen corporativa una vez ejecutado el proyecto son enormes, esto puede atraer a clientes y socios que busquen aportar su granito de arena en materia de sostenibilidad.



9. Trabajos citados y bibliografía

El concepto "energía" en la enseñanza de las ciencias. (2006). Recuperado el 2 de 1 de 2024, de <https://rieoei.org/rie/article/view/2660>

El hidrógeno como vector energético: Mucho hecho pero casi todo por hacer. (2019). Recuperado el 2 de 1 de 2024, de <https://repositorio.uam.es/handle/10486/688504>

Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión. Boletín Oficial del Estado, 224, de 18 de septiembre de 2002. <https://www.boe.es/eli/es/rd/2002/08/02/842/con>

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» núm. 140, de 10 de junio de 2014, páginas 43876 a 43978 (103 págs.) <https://www.boe.es/eli/es/rd/2014/06/06/413>

Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de evaluación ambiental. «BOE» núm. 296, de 11/12/2013. <https://www.boe.es/eli/es/l/2013/12/09/21/con>

Decreto-ley 1/2022, de 22 de abril, del Consell, de medidas urgentes en respuesta a la emergencia energética y económica originada en la Comunitat Valenciana por la guerra en Ucrania. «DOGV» núm. 9323, de 22/04/2022.

Real Decreto-ley 15/2018, de 5 de octubre, de medidas urgentes para la transición energética y la protección de los consumidores. «BOE» núm. 242, de 6 de octubre de 2018, páginas 97430 a 97467 (38 págs.)

<https://www.boe.es/eli/es/rdl/2018/10/05/15>

Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico. «BOE» núm. 310, de 27/12/2013.

<https://www.boe.es/eli/es/l/2013/12/26/24/con>

Real Decreto 1110/2007, de 24 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento unificado de puntos de medida del sistema eléctrico. «BOE» núm. 224, de 18/09/2007.

<https://www.boe.es/eli/es/rd/2007/08/24/1110/con>

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 27/12/2000.

<https://www.boe.es/eli/es/rd/2000/12/01/1955/con>

Orden FOM/1635/2013, de 10 de septiembre, por la que se actualiza el Documento Básico DB-HE "Ahorro de Energía", del Código Técnico de la Edificación, aprobado por Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo. «BOE» núm. 219, de 12 de septiembre de 2013, páginas 67137 a 67209 (73 págs.)

<https://www.boe.es/eli/es/o/2013/09/10/fom1635>

¹ 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, y resto de normativa aplicable en materia de prevención de riesgos «BOE» núm. 148, de 21/06/2001.

¹ Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales. «BOE» núm. 269, de 10/11/1995.

<https://www.boe.es/eli/es/l/1995/11/08/31/con>

¹ Real Decreto 171/2004, de 30 de enero, por el que se desarrolla el artículo 24 de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, en materia de coordinación de actividades empresariales. «BOE» núm. 27, de 31/01/2004.

<https://www.boe.es/eli/es/rd/2004/01/30/171/con>

¹ Real Decreto 919/2006, de 28 de julio, por el que se aprueba el Reglamento técnico de distribución y utilización de combustibles gaseosos y sus instrucciones técnicas complementarias ICG 01 a 11. «BOE» núm. 211, de 4 de septiembre de 2006, páginas 31576 a 31632 (57 págs.)

<https://www.boe.es/eli/es/rd/2006/07/28/919>

Real Decreto 840/2015, de 21 de septiembre, por el que se aprueban medidas de control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas.

«BOE» núm. 251, de 20 de octubre de 2015, páginas 97531 a 97567 (37 págs.)

<https://www.boe.es/eli/es/rd/2015/09/21/840>

- ISO 22734:2019 Hydrogen generators using water electrolysis — Industrial, commercial, and residential applications

<https://www.iso.org/standard/69212.html>

Real Decreto 2060/2008, de 12 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de equipos a presión y sus instrucciones técnicas complementarias. «BOE» núm. 31, de 5 de febrero de 2009, páginas 12297 a 12388 (92 págs.)

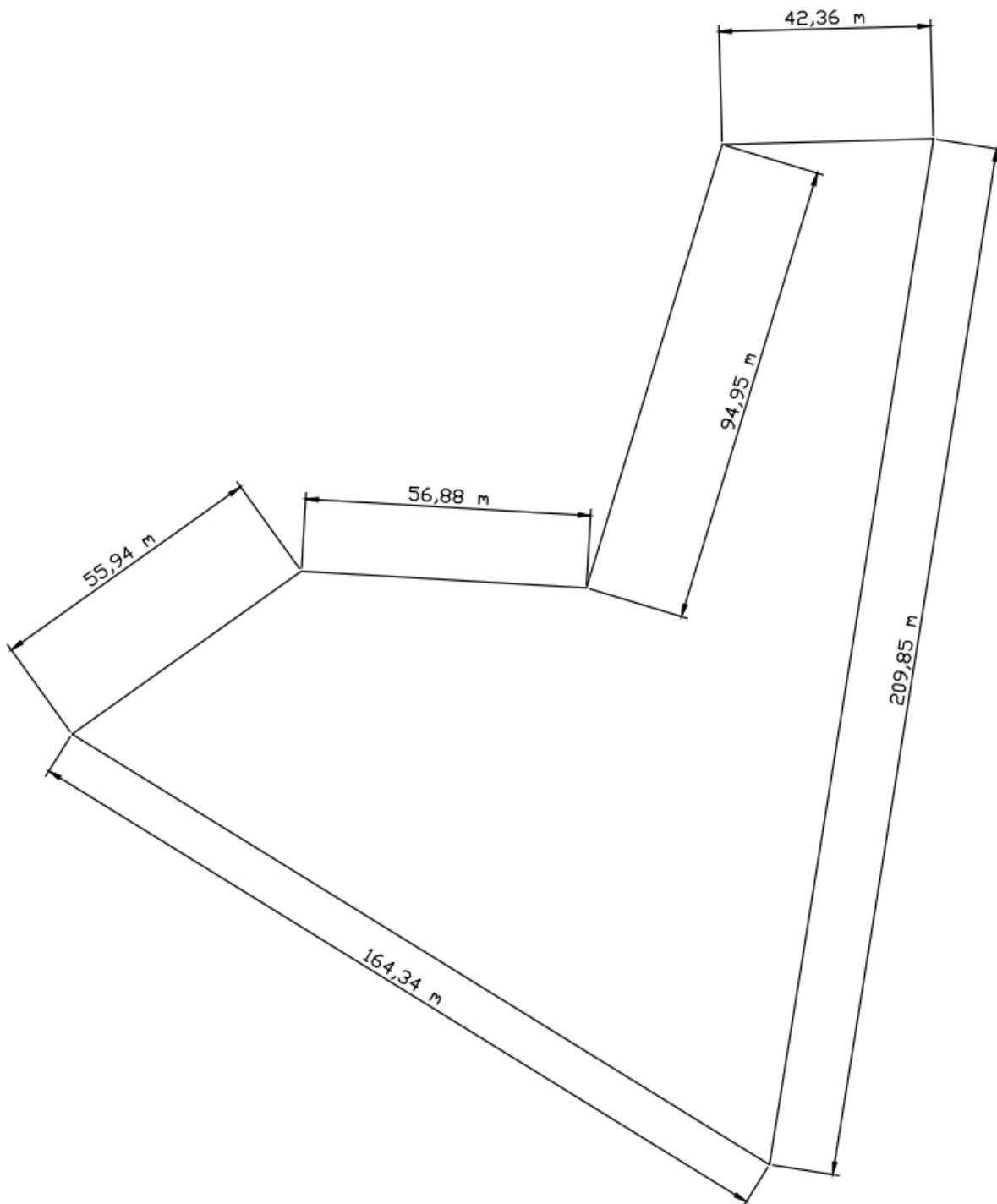
<https://www.boe.es/eli/es/rd/2008/12/12/2060>

- Real Decreto 656/2017, de 23 de junio, por el que se aprueba el Reglamento de almacenamiento de productos químicos y sus instrucciones técnicas complementarias MIE APQ 0 a 10 «BOE» núm. 176, de 25 de julio de 2017, páginas 65747 a 65956 (210 págs.)
<https://www.boe.es/eli/es/rd/2017/06/23/656>

Sánchez-Dirzo, Rafael. (2016). UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
HIDRODINÁMICA Y OPTIMIZACIÓN DE UN DISPOSITIVO ENERGÉTICO TIPO TAPCHAN DOCTOR EN
INGENIERÍA RAFAEL SÁNCHEZ DIRZO TUTOR: DR. RODOLFO SILVA CASARÍN.
10.13140/RG.2.2.19821.61927. <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.19821.61927>

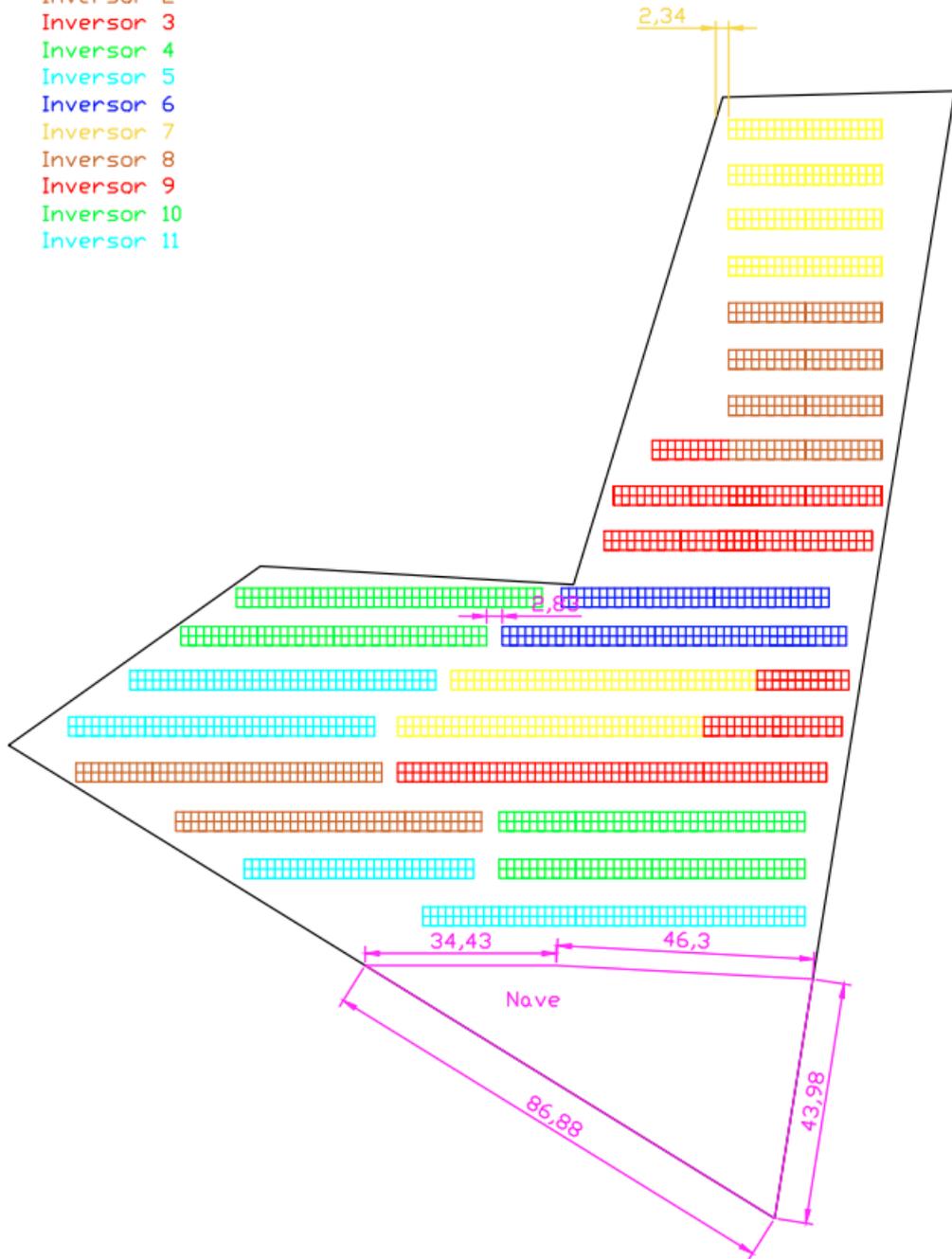
Amores, Ernesto & Contreras, Alfonso & Rodriguez, Lourdes. (2017). Análisis de la distribución de flujo mediante simulación CFD en celdas de electrólisis PEM con configuración de canales paralelos.

10. Planos



	<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	<i>Firma:</i>	ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA DEL DISEÑO Producción de H ₂ a partir de Fotovoltaica para alimentar una flota de vehículos de reparto industriales
<i>Dibujado</i>	22/07/24	S.Morant		
<i>Comprobado</i>				
<i>id. s. normas</i>				
<i>Escala:</i> 1:3000				<i>Lamina n.</i> 1
				<i>N. Alumno:</i> S.Morant
				<i>Curso:</i> 23-24

- Inversor 1
- Inversor 2
- Inversor 3
- Inversor 4
- Inversor 5
- Inversor 6
- Inversor 7
- Inversor 8
- Inversor 9
- Inversor 10
- Inversor 11



	<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	<i>Firma:</i>	ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA DEL DISEÑO Producción de H2 a partir de fotovoltaica para alimentar una flota de vehículos de reparto industriales
<i>Dibujado</i>	22/07/24	S.Morant		
<i>Comprobado</i>				
<i>id. s. normas</i>				
<i>Escala:</i> 1:3000				<i>Lamina n.</i> <div style="text-align: center; font-size: 2em;">2</div>
				<i>N. Alumno:</i> S.Morant
				<i>Curso:</i> 23-24