



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE NÁUTICA Y MÁQUINAS

UNIVERSIDADE DA CORUÑA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA Y MÁQUINAS

GRADO EN TECNOLOGÍAS MARINAS

ENERGÍA Y PROPULSIÓN

TRABAJO FIN DE GRADO

TFG/GTM/E-18

PROPULSIÓN CON ENERGÍAS ALTERNATIVAS SOLAR Y EÓLICA POR ROTOR VERTICAL

DEFENDIDO ANTE TRIBUNAL EN LA SESIÓN DE

SEPTIEMBRE-2018

JOSÉ MANUEL MARQUES FERNÁNDEZ

DIRECTOR: ÁNGEL MARTÍN COSTA RIAL



TRABAJO FIN DE GRADO

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA Y MÁQUINAS

GRADO EN TECNOLOGÍAS MARINAS

ENERGÍA Y PROPULSIÓN

631G02455 - TRABAJO FIN DE GRADO

D. ÁNGEL MARTIN COSTA RIAL, en calidad de Director, autorizo al alumno D. JOSÉ MANUEL MARQUÉS FERNÁNDEZ, con DNI 09442579-K a la presentación del presente Trabajo de Fin de Grado con el código titulado:

PROPULSIÓN CON ENERGÍAS ALTERNATIVAS SOLAR Y EÓLICA POR ROTOR VERTICAL

DEFENDIDO ANTE TRIBUNAL EN LA SESIÓN DE

SEPTIEMBRE-2018

Fdo. El Director

Fdo. El Alumno

ÁNGEL MARTÍN COSTA RIAL

JOSÉ MANUEL MARQUÉS FDEZ.



ÍNDICE

Páginas

MEMORIA	1 - 45
ANEXO CÁLCULOS ELÉCTRICOS.....	46 - 56
ANEXO MATERIALES SOLAR-EÓLICA.....	57 - 59
PLIEGO DE CONDICIONES.....	60 - 71
PRESUPUESTO	72 - 73
PLANOS.....	74 – 83

PROPULSIÓN CON ENERGÍAS ALTERNATIVAS SOLAR Y EÓLICA POR ROTOR VERTICAL

MEMORIA

GRADO EN TECNOLOGÍAS MARINAS

ENERGÍA Y PROPULSIÓN

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA Y MÁQUINAS

FECHA: SEPTIEMBRE – 2018

AUTOR: José Manuel Marqués Fernández

Fdo.:



ÍNDICE DE LA MEMORIA

Páginas

1. OBJETO	1
2. ALCANCE	1
3. ANTECEDENTES	2
3.1. Introducción	2
3.2. Elección del tipo de instalación	3
3.3. El emplazamiento de la instalación	3
3.4. Partes fundamentales de la instalación	4
4. NORMAS Y REFERENCIAS.....	4
4.1. Disposiciones legales y normas aplicadas	4
4.2. Bibliografía y páginas Web consultadas (fecha última consulta).....	6
4.3. Ofimática del presente proyecto.....	7
5. DEFINICIONES Y ABREVIATURAS.....	8
5.1. Definiciones.....	8
5.2. Abreviaturas	13
6. REQUISITOS DE DISEÑO.....	15
6.1. Imposiciones generales.....	15
6.2. Descripción del sistema.....	16
7. SOLAR-EÓLICA.....	16
7.1. Datos y análisis Solar	16
7.1.1. Datos Solar.....	16
7.1.2. Análisis Solar.....	22
7.2. Datos y análisis Eólica.....	23
7.2.1. Datos Eólica	23
7.2.2. Análisis Eólica	25
7.3. Datos y análisis VAWT	26
7.3.1. Datos VAWT.....	26
7.3.2. Análisis VAWT.....	28
8. DATOS DE LA INSTALACION HÍBRIDA-PARALELO	28
8.1. Datos de componentes de la instalación Híbrida-Paralelo	28
8.1.1. Motor eléctrico.....	29
8.1.2. Embrague electromagnético.....	33
8.1.3. Conjuntos de eje de alineación	34



8.1.4. Baterías de tracción.....	35
8.1.5 Otros elementos de la unidad híbrida-paralelo.....	39
9. CÁLCULOS Y ANÁLISIS SOLAR-EÓLICO.....	40
10. CONCLUSIONES.....	45



ÍNDICE FIGURAS

Identificador	Descripción	Fuente	Pág.
Figura 5.1.1.	Potencial fotovoltaico países europeos (AEMET, 2007).	AEMET,2007	8
Figura 5.1.2.	Esquema panel fotovoltaico protección.	UDC Técnicas energéticas, 2018	9
Figura 5.1.3.	Composición cable eléctrico	Zebensuí Palomo Cano, 2012-2013	10
Figura 5.1.4.	Composición alambre	Zebensuí Palomo Cano, 2012-2013	11
Figura 5.1.5.	Monoconductor	Zebensuí Palomo Cano, 2012-2013	11
Figura 5.1.6.	Multiconductor	Zebensuí Palomo Cano, 2012-2013	11
Figura 5.1.7.	Esquema unidad hibrida-paralelo.	Elaboracion propia	11
Figura 6.2.1.	Esquema solar-eólica	Elaboracion propia	16
Figura 7.1.1.1.	Gráfica fotovoltaica paneles solares.	Elaboracion propia	17
Figura 7.1.1.2.	Gráfica potencia voltaje paneles fotovoltaicos.	Elaboracion propia	18
Figura 7.1.1.3.	Gráfica corriente voltaje paneles fotovoltaicos.	Elaboracion propia	18
Figura 7.1.1.4.	Gráfica potencia voltajes paneles fotovoltaicos.	Elaboracion propia	19
Figura 7.1.1.7.	Irradiancion global directa y difusa en la Coruña	Atlas de Radiación de AEMET,1983-2005	21
Figura 7.1.1.8.	Gráfica irradiancia Coruña.	Atlas de Radiación de AEMET,1983-2006	22
Figura 7.1.2.1.	Gráficas I-V, P-V con datos irradiancia medios de A Coruña.	Elaboracion propia	23
Figura 7.2.1.2.	Gráfica valor medio viento.	Elaboracion propia	25
Figura 7.3.1.1.	Savonius JP8VAWT.	Elaboracion propia	26
Figura 7.3.1.2.	Datos savonius JP8VAWT en Ansys 17.	Elaboracion propia	27
Figura 8.1.1.	Híbrido-paralelo krahwinkel-kpm.	krahwinkel-kpm,2018	29
Figura 8.1.1.1.	Clasificación motores DC	Elaboracion propia	29
Figura 8.1.1.3.	Motor PMG 132	Heinzmann, 2014	30
Figura 8.1.1.4.	Gráfica revoluciones-par-corriente.	Heinzmann, 2014	31
Figura 8.1.1.5.	Gráfica potencia-par-eficiencia.	Heinzmann, 2014	32
Figura 8.1.1.6.	Configuración motor transmisión de potencia.	krahwinkel-kpm,2018	33
Figura 8.1.1.7.	Embrague electromagnético.	KEB	33
Figura 8.1.1.8.	Conjunto eje alineación.	Elaboracion propia	34
Figura 8.1.4.2.	Interconexión baterías.	Elaboracion propia	35
Figura 8.1.4.5.	Gráfica carga en tres etapas.	Trojan Battery	37
Figura 8.1.5.1.	Display Aquapella.	Bellmarine	39
Figura 9.3.	Tarifas autoridad portuaria A Coruña.	Ministerio de Fomento	42



ÍNDICE TABLAS

Identificador	Descripción	Fuente	Pág.
Tabla 7.1.1.5.	Datos climáticos	AEMET, 1981-2010	20
Tabla 7.1.1.6.	Datos de irradiación.	ADRASE, 1983-2005	21
Tabla 7.1.1.9.	Irradiancia a partir de datos anteriores	Elaboracion propia	22
Tabla 7.2.1.1.	Medias mensuales de temperaturas y velocidad viento.	Meteogalicia.gal, 2010-2018	24 - 25
Tabla 7.3.1.3.	Calculo de momento de inercia.	Elaboracion propia	27
Tabla 7.3.1.4.	Datos VAWT	Elaboracion propia	28
Tabla 8.1.1.2.	Datos PMG132	Heinzmann, 2014	30
Tabla 8.1.4.1.	Datos batería tracción.	Elaboracion propia	35
Tabla 8.1.4.3.	Par de apriete terminales.	Elaboracion propia	36
Tabla 8.1.4.4.	Dimensionado cable.	Elaboracion propia	36
Tabla 8.1.4.6.	Datos según porcentaje de carga.	Elaboracion propia	38
Tabla 9.1.	Irradiancias en orden creciente.	Elaboracion propia	40
Tabla 9.2.	Recargas posibles al mes.	Elaboracion propia	40
Tabla 11.5.1.	Valores resistividad Guía-BT-Anexo 2.	Guía-BT-Anexo 2	49
Tabla 11.5.2.	Sección mínima para la caída de tensión máxima admisible	Elaboracion propia	50
Tabla 11.5.3.	Secciones y longitudes de cable	Elaboracion propia	50
Tabla 11.5.	Datos longitudes y secciones.	Elaboracion propia	50
Tabla 12.1.	Generador 100 W de JP8VAWT	Elaboracion propia	59



1. OBJETO

El objetivo del presente proyecto es estimar la viabilidad, económica y constructiva, de la mejora fotovoltaica y eólica en una propulsión híbrida motorizada. Con el recurso de las renovables solar y eólica se pretende mejorar el impacto económico anual para una embarcación de hasta 8 m de eslora; para el cual solo es necesaria una licencia para Patrón Navegación Básica, PNB.

Se estudiarán las condiciones del entorno y los medios técnicos necesarios para poderse implementar.

Se definen los elementos que permiten el funcionamiento óptimo de los equipos y las opciones de mercado para implementar el proyecto. Las condiciones climatológicas del lugar, también serán estudiadas en su marco de irradiancias y velocidades de viento, con los datos de los institutos meteorológicos nacionales y sus datos de medias mensuales y anuales en periodos de más de una década.

El proyecto pretende implementarse en una embarcación sita en la ciudad de A Coruña para una embarcación con un motor VOLVO Penta Diesel D1-13 de 13 cv, del cual se dispone información de consumos a distintos regímenes de motor.

Ésta sería una instalación aislada de la Red Eléctrica, las cuales están fuera de la regulación del RD900/2015. Por lo que no se paga ni se pagará ningún tipo de impuesto ni hay limitación de potencia en placas solares.

2. ALCANCE

Entran dentro del alcance del presente proyecto el cálculo y estimación de la energía renovable disponible, la autonomía posible por la implantación de la mejora, el presupuesto de materiales, componentes y mano de obra de la misma; la viabilidad económica y de uso del proyecto para la propulsión por energías alternativas solar y eólica con rotor vertical.



3. ANTECEDENTES

3.1. Introducción

Todas las fuentes de energía alternativas-renovables (excepto la mareomotriz y la geotérmica) e incluso la energía de los combustibles fósiles, provienen en última instancia, del Sol.

La Tierra, nuestro hábitat, funciona como una gran máquina térmica que transforma parte del calor solar en energía cinética del viento.

El Sol radia a la Tierra una energía de $1,37 \text{ kW/m}^2$ y como el área circular que presenta la tierra hacia el sol es de $1,27 \cdot 10^{14} \text{ m}^2$, resulta una potencia transmitida a la Tierra de $1,7399 \cdot 10^{14} \text{ W}$, o lo que es lo mismo, $1,7399 \cdot 10^{11} \text{ MWh/h}$. Un porcentaje que varía entre el 1% y el 2%, se puede convertir en energía del viento. Esto supone una energía alrededor de 50 a 100 veces superior a la convertida en biomasa por todas las plantas de la Tierra.

Las horas de sol al final del año varía con la latitud y obviamente unas zonas geográficas pueden beneficiarse más que otras. La energía fotovoltaica, es una energía renovable para la producción de electricidad. Esta transformación se consigue mediante el efecto fotovoltaico. La conversión fotovoltaica se basa en el efecto fotoeléctrico, la conversión de la energía lumínica del Sol en energía eléctrica. Se utilizan unos dispositivos denominados células solares, constituidos por materiales semiconductores en los que artificialmente se ha creado un campo eléctrico constante. El elemento básico es la célula fotovoltaica.

La energía alternativas solar y eólica presenta los principales problemas técnicos:

- Dispersión desigual de la energía, de ambas, en la superficie terrestre.
- El carácter incontrolable del clima y de la intensidad de radiación solar.
- Y un aumento de costos por mantenimiento para la energía eólica.



La preocupación de la administración, por generar menos contaminación, en todos los sectores donde el consumo de hidrocarburos puede generar un impacto en el entorno. Tanto por razones económicas por el coste de hidrocarburos como por razones de salud, de navegación sin ruido y ecológica, es necesario el desarrollo de nuevas tecnologías energéticas que sean menos agresivas con el medio ambiente.

En el entorno marítimo esto ya se ve como una posibilidad, ejemplos a ello tenemos en Cantabria la empresa Metaltec Naval que presento la primera unidad del catamarán electro solar ECOCAT (Metaltecnaval, 2017) o más reciente la compañía japonesa Eco Marine Power trabaja en el primer buque de carga que integra energía solar y eólica (EnergySail, 2018), que podría lanzarse en 2018.

El principal beneficio del presente proyecto que se busca, a priori, es diversificar las fuentes de energía útil en embarcaciones en costa y valorar su viabilidad económica.

3.2. Elección del tipo de instalación

En este proyecto, para estimar el impacto de las energías alternativas en la propulsión, se ha optado por partir de cero y estimar su impacto en una embarcación recreativa de hasta 8 m con un motor VOLVO Penta D1-13.

Esta adaptación se constituirá por un motor PMG132 en híbrido-paralelo con el motor diesel. Los cuatro paneles solares que constituirán la instalación fotovoltaica y la VAWT junto con sus dispositivos de regulación: MPPT (Maximum Power Point Tracker), dispositivo electrónico que genera el máximo de potencial posible en las condiciones dadas, y generador eólico. Las baterías necesarias, separadores de carga con tecnología MOSFET, la cual permite la repartición de carga sin caída de tensión, y los sistemas de regulación imprescindibles.

3.3. El emplazamiento de la instalación

La embarcación navegará en el entorno de la costa coruñesa, por lo que los datos de producción energética solar y eólica estarán referidos a esa latitud y



longitud. Así mismo los costes y el presupuesto estarán indicados para esa zona concreta.

3.4. Partes fundamentales de la instalación

Se compone de una adaptación diesel-eléctrico, híbrida-paralelo y de una mejora por energías alternativas solar-eólica.

En la parte solar tendremos los paneles solares, cuatro en total, de 250 W 60 células policristalino, en la parte eólica, una turbina Savonius JP8VAWT, de fabricación propia, y un generador de 100 W. La regulación será llevada por un MPPT, protecciones magneto térmicos de conexión a tierra.

En la parte híbrida-paralelo se tendrá el motor PMG132, el control de motor CPM110-MKII, el separador de carga, las baterías y la regulación.

Todo ello se compondrá con las debidas protecciones.

4. NORMAS Y REFERENCIAS

4.1. Disposiciones legales y normas aplicadas

Se tendrá en cuenta el Convenio Internacional para la Seguridad de la Vida Humana en la Mar (SOLAS).

En principio al presente proyecto no se le podría aplicar el **RD900/2015**, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas de las modalidades de suministro de energía eléctrica con autoconsumo y de producción con autoconsumo, dado que en su artículo 2 ámbito de aplicación exceptúa a las instalaciones aisladas de red eléctrica y al los grupos de generación utilizados en caso de una interrupción de alimentación de energía de la red eléctrica, y dado que no se va a vender a la red no nos limita.

A continuación se menciona la normativa y regulación aplicada y consultada para la elaboración del presente proyecto:



RD842/2002, de 2 de agosto, Real Decreto (RD) por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico para la Baja Tensión (REBT).

UNE-HD 60364-7-709:A11:2017, instalaciones eléctricas de baja tensión. Parte 7-709: Requisitos para instalaciones o emplazamientos especiales. Marinas y emplazamientos análogos.

ITC-BT-22: Instrucciones técnicas complementarias baja tensión regla 22, protección contra sobre intensidades.

RD98/2016, de 11 de Marzo, por el que se regulan los requisitos de seguridad, técnicos y de comercialización de embarcaciones y sus componentes.

Dado que el barco si tiene que pasar una inspección técnica de barcos, **ITB**:

RD 1434/1999, de 10 de septiembre, por el que se establecen los reconocimientos e inspecciones de las embarcaciones de recreo para garantizar la seguridad de la vida humana en la mar y se determinan las condiciones que deben reunir las entidades colaboradoras de inspección.

ORDEN FOM/1076/2006 por el que se regulan los equipos de seguridad, salvamento, contra incendios, navegación y prevención de vertidos por aguas sucias que deben llevar a bordo las embarcaciones de recreo.

ORDEN FOM/189/2010, por la que se regulan las condiciones para el gobierno de las embarcaciones de recreo, que incorpora **Directiva 2006/123/CE**, relativa a servicios en el mercado interior.

Con esta reglamentación en cuenta, y dado que se contara con baterías, se aplicara lo dispuesto referente a las mismas.

RD98/2016, de 11 de marzo, por el que se regulan los requisitos de seguridad, técnicos y de comercialización de las motos náuticas, embarcaciones deportivas y sus componentes; en el ANEXO 1-5.3, dice:

“El sistema eléctrico. Los sistemas eléctricos estarán diseñados e instalados de modo que garanticen el funcionamiento adecuado de la embarcación en condiciones normales de uso y que reduzcan al mínimo el peligro de incendio y electrocución.”



“Todos los circuitos eléctricos, excepto los de puesta en marcha del motor, alimentados por baterías, seguirán siendo seguros aun cuando estén sometidos a sobrecarga.”

“Se dispondrá de ventilación para impedir la acumulación de gases explosivos procedentes de las baterías. Las baterías estarán firmemente fijadas y protegidas del agua.”

SOLAS capítulo II-1, parte D, instalaciones eléctricas, regla 40, define que la instalación eléctrica será tal que garantice el funcionamiento de los servicios eléctricos auxiliares que sean necesarios para mantener el buque en condiciones de funcionamiento y habitabilidad sin necesidad de recurrir a la fuente de energía de emergencia.

4.2. Bibliografía y páginas Web consultadas (fecha última consulta)

Apuntes de UDC Energía y propulsión Técnicas Energéticas Aplicadas al Buque (2017-2018).

ELECTRICIDAD EN EL BUQUE-Patrón costero polivalente, de Zebensuí Palomo Cano (2012-2013).

Atlas de Radiación Solar en España utilizando datos del SAF de Clima de EUMETSAT, obtenido de AEMET.

TFM -Planta fotovoltaica para producción de energía eléctrica con conexión a la red de potencia, de Iván Marques Fernández.

Técnicas de prevención de riesgos laborales - seguridad e higiene en el trabajo, de José María Cortés Díaz.

Reglamento electrotécnico para baja tensión y sus instrucciones complementarias, de José Moreno Gil.

Página web

Último acceso

<https://www.damiasolar.com>

08/08/2018

www.eurocontrol.es/inspeccion-tecnica-de-barcos-itb

08/08/2018

www.ecomarinepower.com/en/aquarius-marine-solar-power

08/08/2018

www.enigmaindustries.com/links.htm

08/08/2018



https://shiftev.com/index.php/shop/motors-2014-01-09/motor-perm-pmg-132-24-72-vdc-19-1-peak-hp-detail.html	08/08/2018
https://ecoboats.com.au/products/electric-motors/bellmarine-inboard-motors/drivemaster-classic	08/08/2018
https://www.mastervolt.es	08/08/2018
https://proyectosnavales.com/2016/07/17/propulsion-hibrida-diesel-electrica-en.barcos-de-recreo/	08/08/2018
https://www.krahwinkel-kpm.de/sonstige/elsail/	08/08/2018
https://www.electricaaplicada.com/diferentes-tipos-de-motores/	08/08/2018
https://www.trojanbattery.com	08/08/2018
https://www.generalcable.com/eu/es/information-center/tools-applications/gc-app-low-voltage/	08/08/2018
https://heinzmann.com/de/download-elektromotoren/dokumente-software	08/08/2018
http://www.aemet.es	08/08/2018
www.meteogalicia.gal/observacion/rede/redeIndex.action	11/08/2018
re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/countries/countries-europe.htm	08/08/2018
www.adrase.com/validacion.html	08/08/2018
https://www.boe.es	08/08/2018
http://www.sma-iberica.com	08/08/2018
http://www.sumelnet.com	08/08/2018
www.puertocoruna.com/es/puerto-servicios/servicios-tasas-tarifas/servicios-apac/tarifas-suministros.html	20/08/2018
www.viakon.com/catalogo/producto/34/cables-multiconductor-thhw-ls (20/08/2018
https://www.metaltecnica.com/metaltec-naval-actualidad/ecocat-catamaran-electrosolar-innovacion-barco-electrico	20/08/2018

4.3. Ofimática del presente proyecto

- **SolidWorks 2012** y **CADe_SIMUv2**, para esquemas y planos.
- **Word**, procesador de textos.
- **Paint**, para edición de imágenes.
- **Excel**, programa en el que se construyen las tablas de datos y gráficas.
- **Ansys 17**, programa en el que se determina el volumen de la VAWT y superficie de contacto.
- **MATLAB**, programa de simulación y cálculo de donde se extraen las gráficas de los paneles solares adquiridos.

5. DEFINICIONES Y ABREVIATURAS

5.1. Definiciones

Célula fotovoltaica: Es un dispositivo que convierte energía solar en energía eléctrica. En ocasiones el termino **célula** o **celda** solar está reservado para los dispositivos previstos específicamente para capturar energía de la luz del sol, mientras que se utiliza el término **célula fotovoltaica** cuando la fuente de luz esta sin especificar.

Policristalino: Referido a la fabricación de las celdas de silicio. Donde las policristalinas son realizadas por un proceso de moldeado en el cual el silicio fundido es vertido en un molde y se lo deja asentar. Propias de las celdas con eficiencia entre el 11%-14%.

Sistema aislado: Sistema no dependiente de la red de distribución eléctrica.

Radiación solar: Conjunto de radiaciones electromagnéticas emitidas por el Sol. La radiación solar tiene un abanico que va desde el infrarrojo al ultravioleta. No toda la radiación alcanza la superficie de la Tierra, ya que las ondas ultravioletas más cortas son absorbidas por los gases de la atmosfera, fundamentalmente por el ozono.

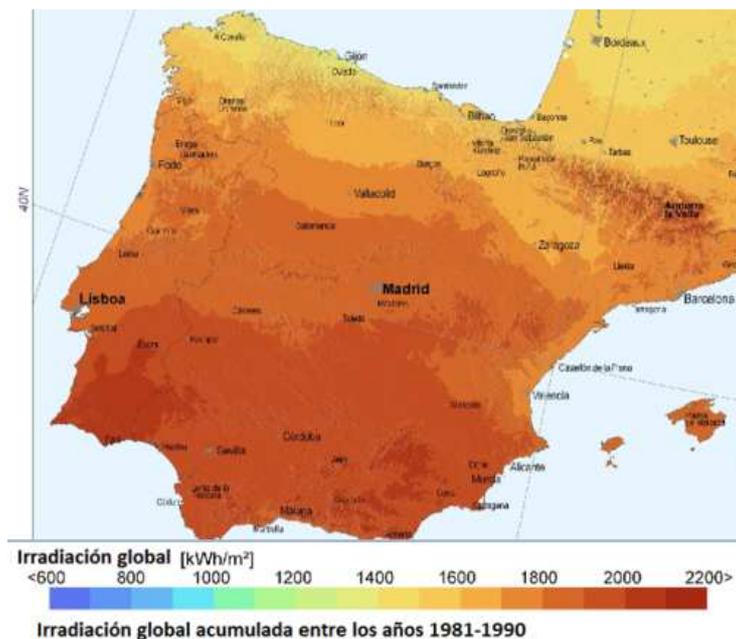


Figura 5.1.1. Potencial fotovoltaico países europeos (AEMET, 2007).

Irradiación: Es la magnitud utilizada para describir la potencia incidente en unidad de tiempo entre la unidad de superficie de todo tipo de radiación electromagnética. En unidades del Sistema Internacional se mide en Wh/m^2 .

Irradiancia: Es la magnitud utilizada para describir la potencia incidente por unidad de tiempo entre la unidad de superficie de todo tipo de radiación electromagnética. En unidades del Sistema Internacional se mide en W/m^2 .

Radiancia: Potencia emitida por unidad de superficie y por unidad de ángulo solido, estereorradián, W/m^2sr .

Potencia de pico: La potencia que suministraría un panel fotovoltaico en el punto de máxima potencia y en condiciones estándar, (Irradiancia = $1\text{ kW}/m^2$, $25^\circ C$ y espectro de 1,5 AM).

Energía solar fotovoltaica: Es una técnica de obtener energía eléctrica a través de paneles fotovoltaicos.

Generador fotovoltaico: Se entiende por generador fotovoltaico, un grupo de paneles fotovoltaicos interconectados para el aprovechamiento de la radiación solar del lugar.

Panel fotovoltaico: Es un generador eléctrico a partir de la luz que incide sobre él.

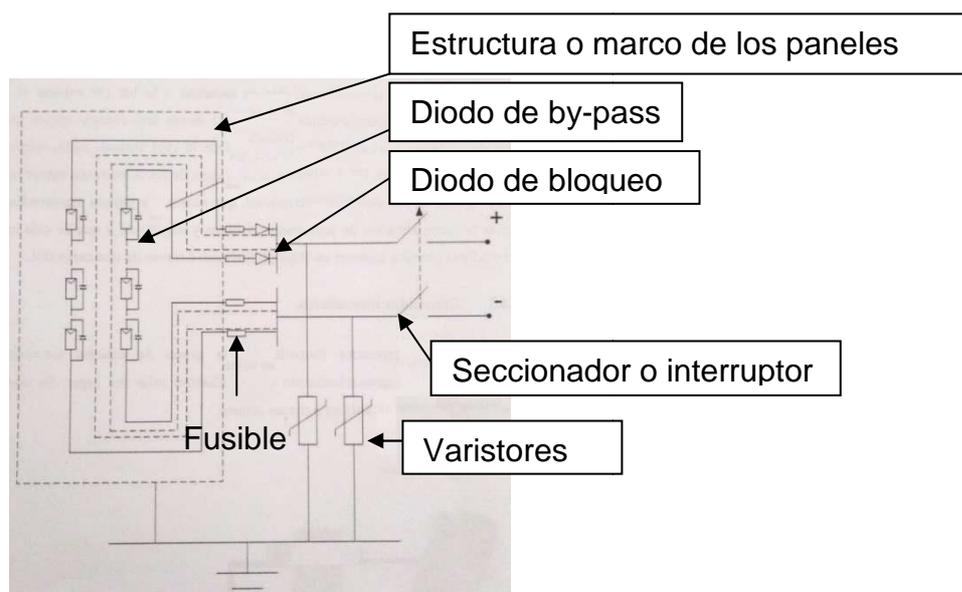


Figura 5.1.2. Esquema panel fotovoltaico protección (Técnicas Energéticas, 2017-2018).



String: Hilera o rama: la asociación de varios paneles en serie.

Maximun Power Point (MPP): Punto de funcionamiento (corriente / Tensión) del generador fotovoltaico en el que este genera el máximo de potencial posible en las condiciones dadas. La posición del MPP varía constantemente en función de la irradiación y de la temperatura.

Diodo “bypass”: Permiten un camino alternativo a la corriente alrededor de una asociación de células, cuando alguna de la hilera esta en sombra o destruida.

Diodo de bloqueo: Se instalan en serie con cada hilera o conjunto de hileras para prevenir las pérdidas debidas a la inversión de corriente cuando el generador fotovoltaico está conectado a una fuente de tensión, tal como una batería. Con ello se evita que las ramas menos iluminadas actúen como cargas para las más iluminadas.

Varistores: Dispositivos de protección contra sobretensiones producidas por descargas atmosféricas. Se instalan entre ramas positivas y negativas y todas las tierras de sistema fotovoltaico.

Inversor: Convierte el voltaje en continua en alterna 50 Hz- 60 Hz.

PWM: Reguladores sencillos que actúan como interruptores entre las placas solares y las baterías.

MPPT: Dispositivo electrónico incorporado en el inversor Maximum Power Point Tracker.

Conductor eléctrico: Elementos utilizados para el transporte de corriente a través de los mismos, por lo general son cables.

Cable: Conductor eléctrico formado por una asociación de hilos y una cobertura aislante.



Figura 5.1.3. Composición cable eléctrico (Zebensuí Palomo Cano, 2012-2013).

Alambre: Conductor eléctrico formado por un solo elemento o hilo. Este tipo de elemento está construido por un solo alambre cilíndrico, de una determinada sección. Se suelen fabricar hasta una sección de 4 mm^2 . Este conductor es bastante rígido dependiendo de su sección.



Figura 5.1.4. Composición alambre (Zebensuí Palomo Cano, 2012-2013).

Monoconductor: un elemento conductor o alambre con aislamiento y cubierta protectora.



Figura 5.1.5. Monoconductor (Zebensuí Palomo Cano, 2012-2013).

Multiconductor: múltiples conductores aislados con cubierta protectora.

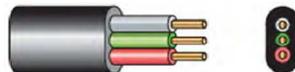


Figura 5.1.6. Multiconductor (Zebensuí Palomo Cano, 2012-2013).

Híbrida-paralelo: configuración en la que se adapta una motorización eléctrica a un motor de combustión ya existente.

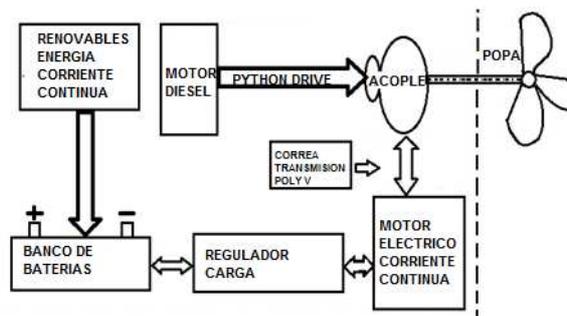


Figura 5.1.7. Esquema unidad híbrida-paralelo.



En la Figura 5.1.7 se plantea la posibilidad de carga de baterías por el uso del diesel y del motor eléctrico como generador.

En la configuración híbrida-paralelo la fuente de carga de las baterías son dos el motor diesel y las renovables implantadas. En este sistema ante el fallo de la propulsión eléctrica o motor diesel, nos quedaría una de ambas, se maximizan las fuentes de energía y propulsión.

Motor síncrono: tiene dos partes diferenciadas una parte móvil que es el rotor y de una parte fija el estator. El rotor acopla una fuente de corriente continua de excitación independiente variable que genera un flujo constante, acoplada al rotor y crea un campo magnético giratorio; al rotor o inductor, induce el voltaje en el estator y el rotor gira concéntricamente en el eje del generador a una velocidad síncrona. La inducción de la corriente de excitación puede sustituirse por imanes.

Célula, celda: referido a baterías, un cartucho singular de batería usualmente agrupados juntos con otras células para formar paquetes de baterías de diferentes voltajes y amperajes.

Ciclo: referido a baterías, descripción del proceso de descarga de una batería completamente cargada hasta que baje a un estado particular de descarga.

Ciclo profundo: baterías en las cuales el ciclo de carga esta desde completo hasta un 80% de descarga.

Gravedad específica: la densidad de un material, expresada como la relación de masa de un volumen dado del material y la masa del mismo volumen de agua, una gravedad específica mayor que 1 significa más pesado que el agua. La gravedad específica del electrolito en una batería se puede utilizar para medir el estado de carga de la batería.

Electrolito: Un medio conductor de la electricidad en la que el flujo de corriente se debe al movimiento de los iones. En una batería plomo-ácido, el electrolito es una disolución de ácido sulfúrico.

Ecuilibración: referido a baterías, las células individuales pueden variar ligeramente en la gravedad específica después de un ciclo de carga.



Ecualización o una sobrecarga controlada es requerido para elevar cada placa de la batería a una condición de carga completa. Esto reduce la estratificación y la sulfatación, dos circunstancias que acortan la vida de las baterías.

Código IP: código de dos letras IP seguidos de dos números que vienen a indicar lo protegido de la envolvente frente a la penetración o proyección de cuerpos extraños que pudieran dañar el mecanismo.

Tierra: Representa el nivel de potencial de la Tierra y por extensión las conexiones eléctricas hacia esta línea se realizaran a través de una pica enterrada o un contacto directo con el agua. En el caso de los buques de fibra de vidrio o madera, en los que se realizara con un contacto directo con el agua que sustenta el buque, dicha línea tendrá que ser específica y se usa para “eliminar” o desviar las variaciones de la instalación eléctrica o las generadas por los rayos.

Masa: Representa cualquier punto, línea o plano de conexión equipotencial que sirva de referencia (0 voltios) y retorno para un circuito impreso o placa electrónica. Las masas se pueden aislar (conexiones o circuitos flotantes) pero también pueden estar conectadas a tierra.

5.2. Abreviaturas

- €: moneda, euros.
- **A:** Amperaje en Amperios.
- **AC, CA:** corriente alterna.
- **ADRASE:** Acceso a Datos de Radiación Solar de España.
- **AM:** Amplitud modulada.
- **B.O.E:** Boletín Oficial del Estado.
- **BT:** Baja tensión.
- **C100:** dato de las baterías por el cual puede descargarse su capacidad (Ah) en 100 horas.



- **C20**: dato de las baterías por el cual puede descargarse su capacidad (Ah) en 20 horas.
- **C5**: dato de las baterías por el cual puede descargarse su capacidad (Ah) en 5 horas.
- **CE**: Comunidad Europea
- **CIEMAT**: Centro de investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas.
- **cv**: caballo vapor unidad de potencia energética.
- **DC, CC**: corriente continua.
- **EN**: Norma europea
- **FF**: Fase y fase.
- **FN**: Fase y neutro.
- **Hz**: Hercios.
- **Imp**: Intensidad máxima potencia.
- **Isc**: Corriente de cortocircuito.
- **ITC**: Instrucciones Técnicas Complementarias.
- **kW**: kilovatio unidad de potencia energética.
- **m**: metros.
- **RD**: Real decreto.
- **REBT**: Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.
- **Rms**: valor eficaz.
- **Rpm**: revoluciones por minuto
- **SHF1**: Compuesto termoplástico libre de halógenos (aislante eléctrico).
- **SRC**: condiciones normales de prueba (Standar Test Conditions).



- **T**: Temperatura.
- **TM**: Temperatura máxima.
- **Tm**: Temperatura mínima.
- **UNE**: Una Norma Española
- **V**: Voltaje en Voltios.
- **VAWT**: Turbina de viento de eje vertical (Vertical Axis Wind Turbine).
- **VDC**: voltios de continua.
- **Vmp**: Tensión máxima potencia.
- **Voc**: Tensión de circuito abierto.
- **VPC**: voltios por celda.
- **V_w**: Velocidad del viento.
- **W**: vatios
- **XLPE**: Polietileno reticulado (aislante eléctrico).
- **α**: Aceleración angular.
- **ω**: Velocidad angular.

6. REQUISITOS DE DISEÑO

6.1. Imposiciones generales

Se debe de cumplir lo especificado en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, la normativa vigente relacionada con instalaciones fotovoltaicas y todo documento relacionado con la seguridad, las acciones, estados de servicio, recomendaciones y perdurabilidad de la instalación.

Debe de estar diseñado para la intemperie con una humedad relativa alta y nivel de corrosión medio ambiental medio.

Para la realización del presente proyecto se deben de seguir las exigencias del promotor de la obra, pero siempre cumpliendo la normativa aplicable a este tipo de trabajos. Exigencias del promotor:

- Las fuentes de energía renovables deben de suministrar la mayor potencia nominal posible dentro de unos márgenes económicos.
- La instalación debe de ofrecer una vida útil de al menos 10 años.

6.2. Descripción del sistema

La instalación se compone de dos apartados una motorización eléctrica sobre un motor diesel ya existente, que pasa a formar, la unidad híbrida-paralelo y una mejora en la propulsión con energías alternativas solar y eólica por rotor vertical, que pasa a formar, la unidad solar-eólica.

- 1-VAWT
- 2-Paneles solares
- 3-Fusibles
- 4-Generador VAWT
- 5-MPTT

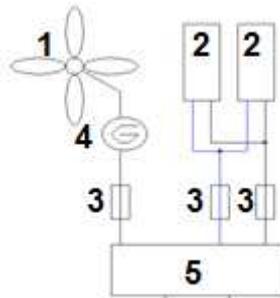


Figura 6.2.1. Esquema solar-eólica.

7. SOLAR-EÓLICA

7.1. Datos y análisis Solar

7.1.1. Datos Solar

Los módulos solares son ECO250A156P-60, cuatro módulos fotovoltaicos de 250 W de Silicio policristalino y 60 células, conectadas en tres ramas, cada uno. Sometidos a la implementación de MATLAB y conectados en paralelo, este nos da las siguientes gráficas:

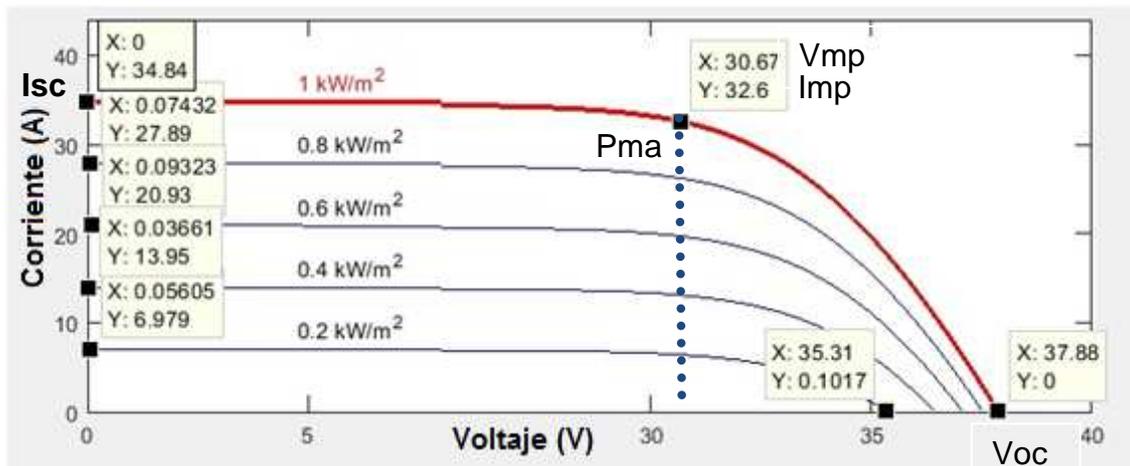


Figura 7.1.1.1. Gráfica fotovoltaica paneles solares.

En la Figura 7.1.1.1 se ve referenciada la potencia máxima con los voltajes y las corrientes máximas para la irradiancia de 1 kW/m^2 y una temperatura de 25°C , para las distintas irradiancias el valor del voltaje y de la corriente serán menores. Se aprecia muy bien como la corriente varía mucho en comparación con la varianza en el voltaje. Voc en la curva de 1 kW/m^2 vale $37,88\text{ V}$ y para la curva de $0,2\text{ kW/m}^2$ $\text{Voc}' = 35,31\text{ V}$ unos $2,57\text{ V}$ de diferencia. En las corrientes tenemos remarcadas en las ordenadas las corrientes I_{sc} , las cuales, varían entre $34,84\text{ A}$ y $6,97\text{ A}$, unos $27,87\text{ A}$ de diferencia afectando a la potencia entregada a las baterías.

La predicción de MATLAB, para nuestros paneles y nuestra instalación a una misma temperatura de 25°C y a distintas irradiancias se consolida en la Figura 7.1.1.2.

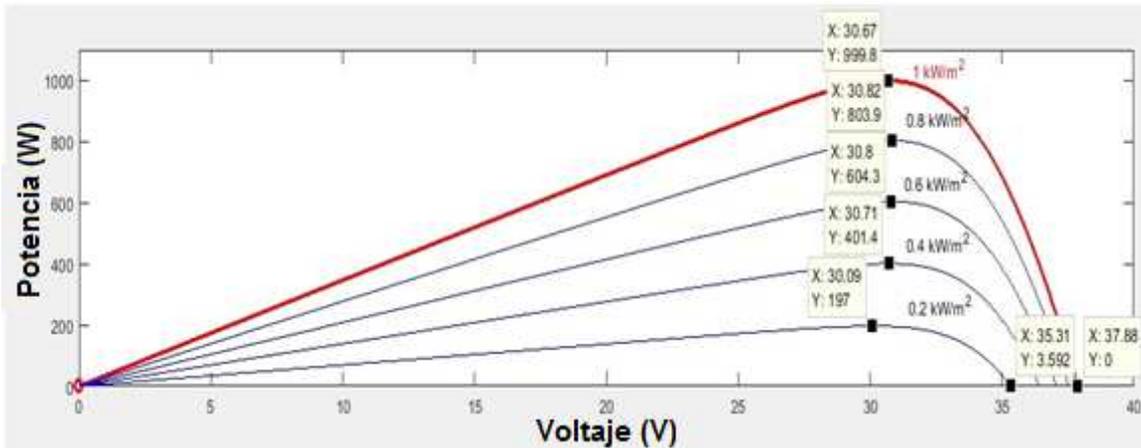


Figura 7.1.1.2. Gráfica potencia voltaje paneles fotovoltaicos.

Los paneles fotovoltaicos varían rápidamente su corriente y la potencia decrece notablemente. El nivel de irradiancia tiene un comportamiento acusado en la potencia obtenida, aunque se presente a una misma temperatura, 25°C. Varía de unos 999,8 W, para una irradiancia de 1 kW/m², hasta los 197 W, para una irradiancia de 0,2 kW/m².

En MATLAB, obtenemos las curvas para distintas temperaturas, sobre nuestros paneles configurados en paralelo.

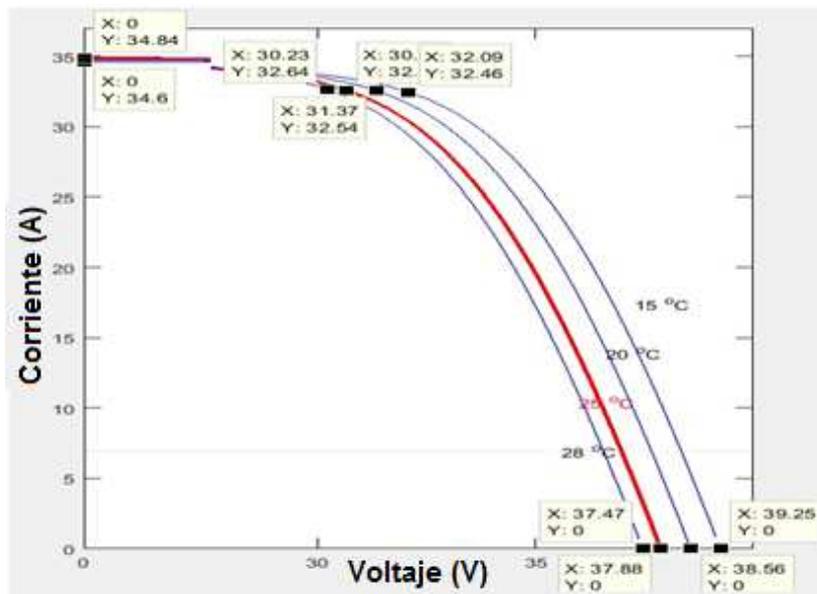


Figura 7.1.1.3. Gráfica corriente voltaje paneles fotovoltaicos.

La Isc es de 34,60 A para 25°C con una horquilla de apenas un cuarto de décima para el resto.

Con una irradiancia de 1 kW/m² a distintas temperaturas, se han escogido valores de temperatura próximos a las medias mensuales en la ciudad de A Coruña. Obviamente la mayor potencia 1042 W se obtiene con la irradiancia pero a la menor de las temperaturas.

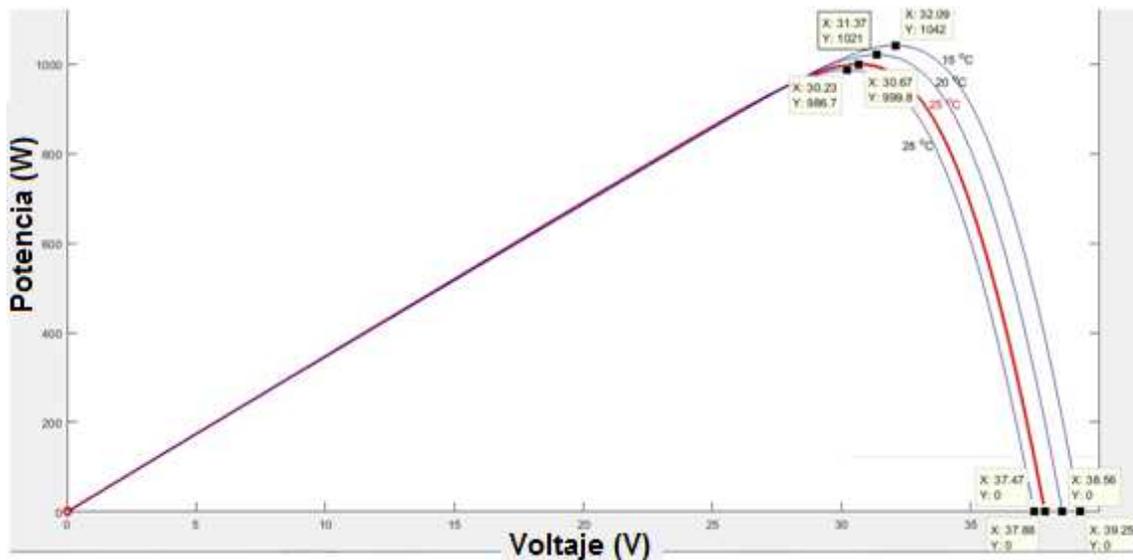


Figura 7.1.1.4. Gráfica potencia voltajes paneles fotovoltaicos.

En la simulación de MATLAB se encuentra una horquilla de datos de Vmp, Vmp (28°C) = 30,23 V y MPP = 986,70 W; Vmp (15°C) = 32,09 V y MPP = 1042 W.

La intención es implementar el sistema para que pueda operar en el puerto de A Coruña, para ello debemos usar datos meteorológicos de la ciudad, recogidos en la agencia estatal de meteorología (AEMET) y bases de datos climáticas similares instituciones.

En esta muestra de datos, extraídos de AEMET, se presenta la media mensual, de horas de Sol, y anual entre los años 1981-2010. Con una cifra media al año, en un periodo de 29 años, de 2010 horas de Sol para la ciudad de A Coruña.



Tablas AEMET para Coruña años 1981-2010				
Latitud: 43° 21' 57" N Longitud: 8° 25' 17" Altitud: 58 m				
<u>Meses</u>	<u>Horas de Sol</u>	<u>I</u>	<u>TM</u>	<u>Tm</u>
Enero	102	10,8	13,5	8,1
Febrero	121	11,1	14,1	8
Marzo	160	12,4	15,5	9,2
Abril	175	13	16,2	9,9
Mayo	201	15	18,1	12
Junio	225	17,4	20,6	14,3
Julio	239	19	22,1	15,9
Agosto	244	19,6	22,8	16,4
Septiembre	192	18,6	22	15,2
Octubre	149	16,1	19,1	13
Noviembre	108	13,3	16	10,5
Diciembre	94	11,5	14,1	8,9
Balance Anual	2010	14,8	17,8	11,8

Tabla 7.1.1.5. Datos climáticos.

Gracias a la plataforma Acceso a Datos de Radiación Solar de España (ADRASE) se permite el acceso a la información de la radiación solar, se permite la consulta y descarga de datos de radiación solar, media mensual representativa de un largo periodo, con una resolución aproximada de 5x5 km². Es un acceso a los datos estimados por Centro de investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT) a partir de imágenes de satélite.

En las gráficas obtenemos los valores medidos por la unidad radiométrica de A Coruña. Validación de los datos:

- Los valores diarios medidos en tierra (gráficos Box and Whisker)
- El valor mensual del mapa suministrado (línea roja discontinua).
- Los valores percentil 25 y 75 se muestran como una caja azul, dividida por la mediana. Esta caja da idea de la variabilidad del valor más probable de la radiación solar a largo plazo en el emplazamiento.
- Los valores fuera de estos percentiles y hasta los percentiles 1 y 99, se muestran por una línea azul discontinua a partir de los extremos de la caja.

- Los valores más alejados de la mediana de la población de datos medidos, se consideran outliers y representan como cruces.

kWh/m ²	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
Percentil 75	2	3,1	4,5	6,6	6,8	8,4	7,5	6,7	5,4	3,8	2,3	2
Valor medio	1,4	2,2	3,4	5,1	5,2	6,9	6,3	5,7	4,5	2,8	1,7	1,5
Percentil 25	1	1,4	2,3	3,7	3,5	4,8	4,6	4,1	3,3	2	1,2	1,1

Tabla 7.1.1.6. Datos de irradiación.

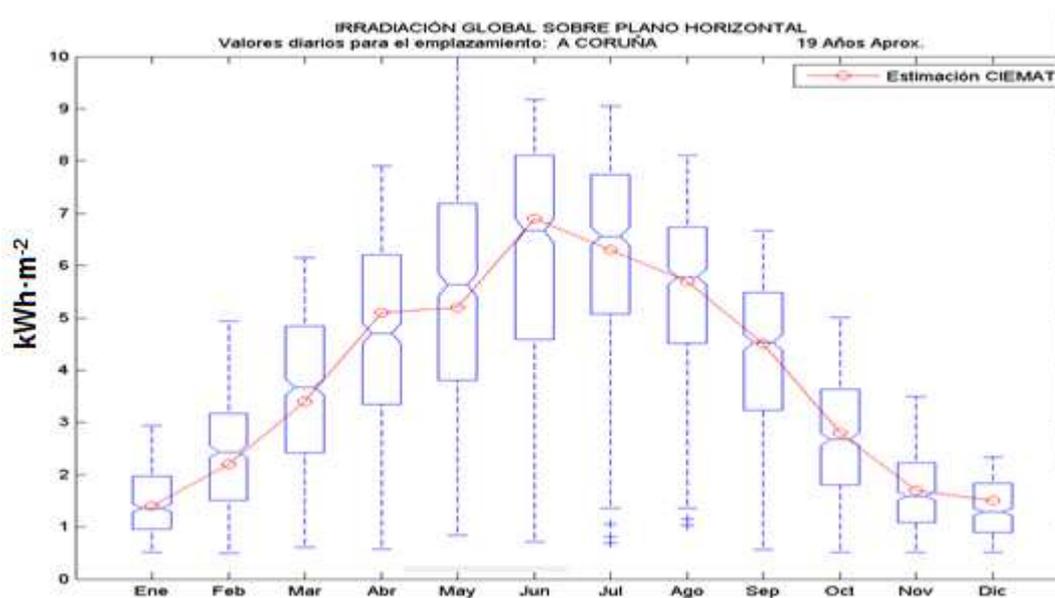


Figura 7.1.1.7. Irradiación global directa y difusa en la Coruña, datos de muestra entre los años 1983 y 2005, fuente Atlas de Radiación de AEMET.

Como norma general la radiación difusa representa aproximadamente un tercio de la radiación global en cada localización, con la excepción de las regiones del norte peninsular y Canarias, donde la fracción que representa la irradiancia difusa en la irradiancia global es obviamente más importante debido a una mayor nubosidad en los cielos.

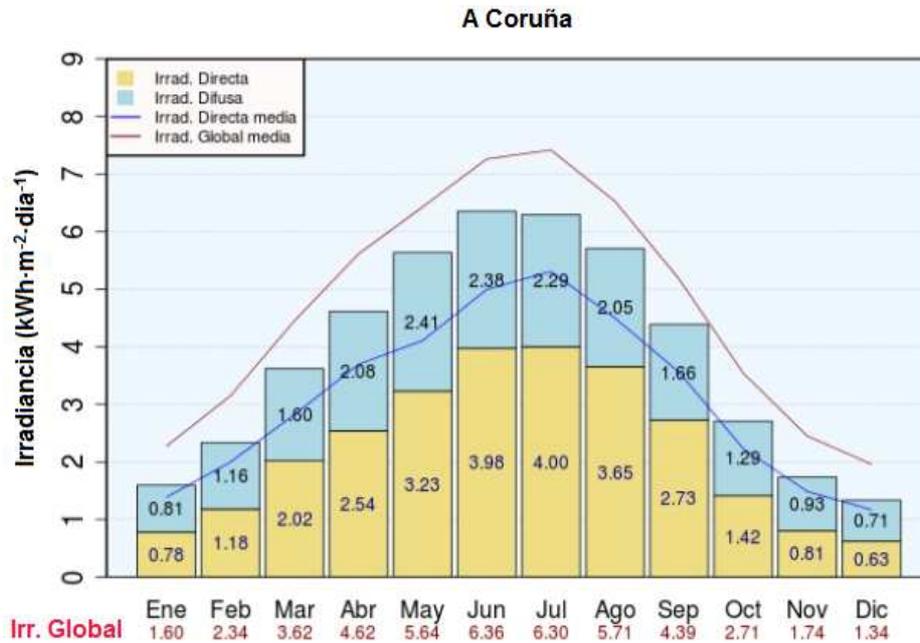


Figura 7.1.1.8. Gráfica irradiancia Coruña.

Ciudad A Coruña 1983-2005		
Meses	Irradiancia	
	kWh/m ² día	kW/m ²
Enero	1,6	0,486
Febrero	2,34	0,541
Marzo	3,62	0,701
Abril	4,62	0,792
Mayo	5,64	0,870
Junio	6,36	0,848
Julio	6,3	0,817
Agosto	5,71	0,725
Septiembre	4,39	0,686
Octubre	2,71	0,564
Noviembre	1,74	0,483
Diciembre	1,34	0,442

Tabla 7.1.1.9. Irradiancia a partir de datos anteriores.

7.1.2. Análisis Solar

La predicción de MATLAB, para nuestros cuatro paneles solares configurados en paralelo con los datos de irradiancia mensual media, en 22 años, de la ciudad A Coruña es:

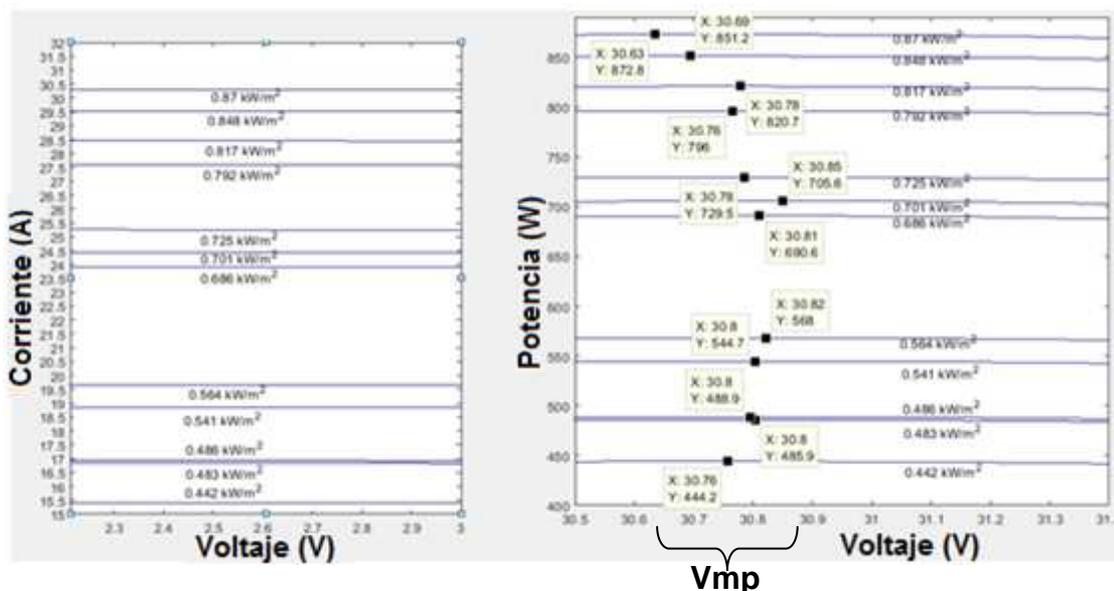


Figura 7.1.2.1. Gráficas I-V, P-V de paneles fotovoltaicos con datos irradiancia medios de A Coruña.

Nuestra variabilidad de potencia con las curvas de irradiancia a lo largo del año se muestra entre los 444 W y los 872 W, la V_{mp} entre 30,60 V y 30,85 V y la I_{sc} , ya que I_{mp} es inferior, entre 15,40 A y 30,40 A. V_{mp} e I_{sc} en condiciones de 25°C y AM.

El valor de I_{sc} e I_{mp} son muy próximos, de hecho en algunas modelizaciones matemáticas se equiparan los valores; por ello podemos concluir que solo dispondremos de 7 meses al año con una I_{mp} por encima de los 22,50 A.

Con estos datos correspondientes a nuestra latitud será muy importante para la implementación de este proyecto, ya que esta variabilidad nos afectará en la carga de baterías y en la disposición de la fuente alternativa de energía solar.

7.2. Datos y análisis Eólica

7.2.1. Datos Eólica

Estos datos son obtenidos de Meteogalicia (Meteogalicia.gal, 2010-2018), se corresponden a los de la estación, meteorológica, de Coruña-Bens (A Coruña).



En esta tabla se reflejan los datos obtenidos, en las medias mensuales entre los años 2010 y 2018.

Fecha	Tm	TM	Vw
01/01/2010	7,3	12	5,7
01/02/2010	7	12,3	6,2
01/03/2010	8,1	14,1	6
01/04/2010	10,3	16,2	4,4
01/05/2010	11,9	16,5	4,9
01/06/2010	14,6	18,4	5,2
01/07/2010	16	20,6	5,1
01/08/2010	16,1	21,3	4,7
01/09/2010	14,4	20	3,8
01/10/2010	11,8	18,2	5,4
01/11/2010	9,6	14	5,5
01/12/2010	7,7	13,1	5,2
01/01/2011	8,7	13	5,3
01/02/2011	8,1	13,3	5,5
01/03/2011	8,3	14,6	4,5
01/04/2011	11,9	18,7	4,8
01/05/2011	12,8	17,8	5,8
01/06/2011	14,1	18,5	5
01/07/2011	15,5	18,9	5,1
01/08/2011	15,2	20,8	3,7
01/09/2011	15,8	21	3,9
01/10/2011	12,5	18,8	4
01/11/2011	10,2	16,3	4,9
01/12/2011	8,8	13,9	5,1
01/01/2012	6,9	12,9	3,8
01/02/2012	5,2	11,7	4,8
01/03/2012	8,1	16,3	3,9
01/04/2012	8,5	12,8	6
01/05/2012	12,5	17,9	5
01/06/2012	14,4	18,9	4,9
01/07/2012	15,1	19,6	4,1
01/08/2012	16,4	21,2	4,8
01/09/2012	14,6	20,8	4,6
01/10/2012	12,6	18,5	4,5
01/11/2012	9,2	14,7	5,5
01/12/2012	10,1	14,4	6,3
01/01/2013	8,6	13,8	5,9
01/02/2013	8	12,4	5,5
01/03/2013	8,9	13,8	5,5
01/04/2013	9,6	14,5	6,5
01/05/2013	9,6	14,2	5,4
01/06/2013	13,2	17,5	5,5
01/07/2013	16,1	21,9	3,7
01/08/2013	16,4	21,4	4,8
01/09/2013	15	20,7	3,8
01/10/2013	13,9	19,7	5,4
01/11/2013	10,8	15	5,3
01/12/2013	7,6	14,2	5,9
01/01/2014	9,4	13,3	6,6
01/02/2014	8	13,1	8,2
01/03/2014	8,5	14,3	5,2
01/04/2014	11,4	15,9	5,1
01/05/2014	11	16,1	4,7
01/06/2014	14,4	19,5	4,8
01/07/2014	16,4	20	5,2
01/08/2014	15,2	21,1	4,2
01/09/2014	16,3	22,3	3,6
01/10/2014	14,7	21	4,2
01/11/2014	11	15,9	5,7
01/12/2014	8,5	13,1	4,5
01/01/2015	7,6	12,6	5,3
01/02/2015	7,3	11,9	5,8
01/03/2015	8,6	13,1	5,2
01/04/2015	10,7	16,6	4,1
01/05/2015	13	17,1	5,9
01/06/2015	14,4	19	4,6
01/07/2015	16,1	20,9	4,6
01/09/2015	13,3	27,6	3,4
01/10/2015	13,2	19	4,1
01/11/2015	12,4	17,4	4,6
01/12/2015	11,3	16,7	6,8
01/01/2016	9,7	14,9	6,6
01/02/2016	8,6	13,4	6,4
01/04/2016	9	14,1	5,7
01/05/2016	11,6	16,8	4,4
01/06/2016	14,6	18,5	4,2
01/07/2016	16,3	20,6	4,8
01/08/2016	15,9	21,1	3,9
01/09/2016	14,7	19,8	2,8
01/10/2016	12,1	18,6	3,3
01/11/2016	9,6	15,6	4,2

Tabla 7.2.1.1. Medias mensuales de temperaturas y velocidad viento.



01/12/2016	9,3	16,1	3,7	01/11/2017	9	15,6	3,8
01/01/2017	7	13,1	4,4	01/12/2017	7,8	14,3	5,1
01/02/2017	8,7	14,2	5,6	01/01/2018	9,1	13,9	5,3
01/04/2017	9,5	16,6	4,6	01/02/2018	6,5	12	5,3
01/05/2017	13,6	19,2	4	01/03/2018	7,8	13	7
01/06/2017	15,2	19,7	4,1	01/04/2018	10,1	15	5,4
01/07/2017	16,5	20,6	4,4	01/05/2018	12,1	16,7	4,9
01/08/2017	16,2	21	4,3	01/06/2018	15,1	18,5	4
01/09/2017	14,5	19,7	3,9	01/07/2018	17	21	3,7
01/10/2017	12,3	20,2	3,9	01/08/2018	16,3	21,8	3,1

Tabla 7.2.1.1. Continuación.

7.2.2. Análisis Eólica

Si bien los datos no puede afirmarse que sean los que se obtendrían en el mar si son una fuente fiable de la cual partir una estimaciones para nuestra VAWT.

Se genera el gráfico de la Figura 7.2.1.2 velocidad media de vientos mensual/anual:

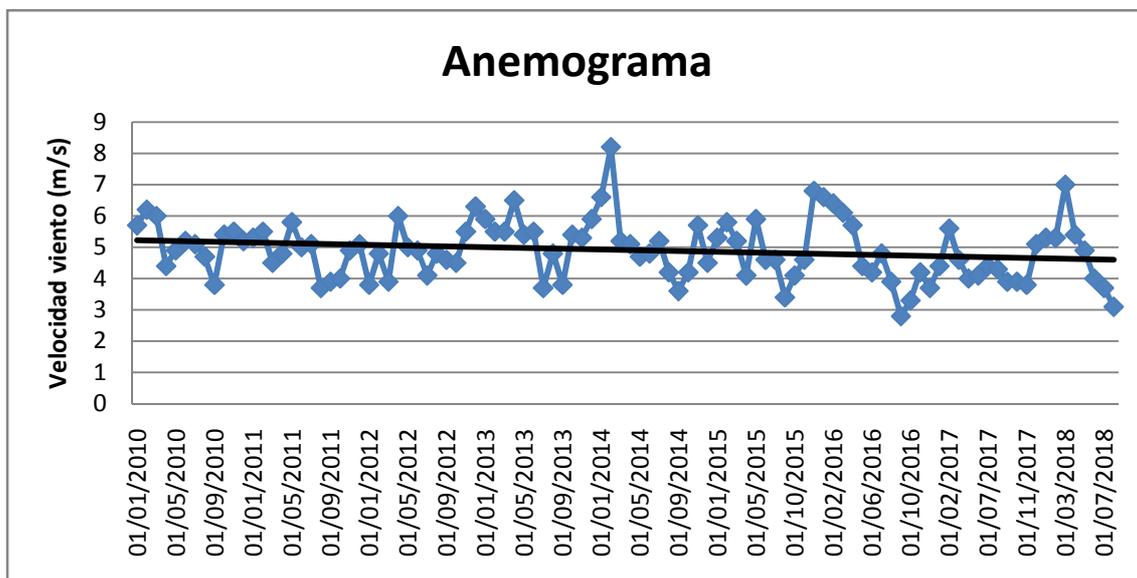


Figura 7.2.1.2. Gráfica valor medio viento.

Con la línea de tendencia en negro, nos permite valorar que la mayoría de los vientos en el año son de 5 m/s.

Con estos datos intentaremos implementar las respuestas de nuestra Savonius JP8VAWT.

7.3. Datos y análisis VAWT

7.3.1. Datos VAWT

Se diseña un prototipo de VAWT y se evalúa su comportamiento; dado que el Ansys 17 no me permitió hacer la simulación por los recursos de la laptop se opta por el modelo real, sabiendo de antemano que aun así será una aproximación por la dificultad de generar el flujo de vientos de mayores o iguales a 5 m/s. Estos vientos los mediremos con el anemómetro AMGAZE GM816.

Con el Ansys 17 se aprovecha para calcular los volúmenes, superficies y el centroide que se usaran en los cálculos del par que podría generar la Savonius JP8VAWT.



Figura 7.3.1.1. Savonius JP8VAWT.

En la Figura 7.3.1.1 se tiene el modelo real y el modelo de SolidWorks, la implementación de este mismo modelo en el programa de simulación Ansys es como nos aporta información sobre los volúmenes y las superficies de contacto así como las referencias propias.

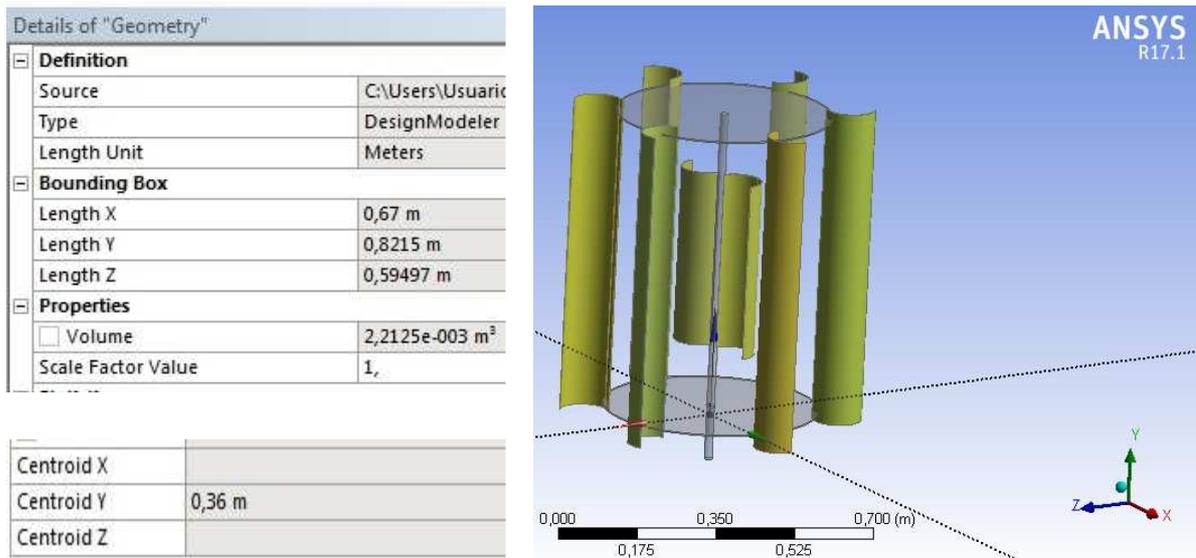


Figura 7.3.1.2. Datos Savonius JP8VAWT en Ansys 17.

Nos aproximamos por cálculos al momento de inercia que presentara el engrane, el cual, multiplicara las revoluciones en el generador eólico.

Para ello nos aproximamos con objetos con distribución masa uniforme que se conocen su momento de inercia. Con el Excel se genera la Tabla 7.3.1.3.

Cilindro hueco inercia		Discos macizos x 2 tapas		Disco macizo engranaje		Inercia CM	
ly ch	0,158	ly d	0,024	ly d	0,0122	ICM y	0,218
lx ch= lz ch	0,199	lx d= lz d	0,003	lx d= lz d	0,0004545	ICM x=ICM z	0,205
m	2,772	m	0,2	m	0,33	Steiner	
r2	0,240	r	0,24	r	0,074	lx centro engranaje	1,737
r1	0,237	h	0,003	h	0,010	lx borde engranaje	1,997
h	0,72						

Tabla 7.3.1.3. Cálculo de momento de inercia.

Según la Tabla 7.3.1.3 el valor estimado para el borde del engranaje de la multiplicadora es, $I_{x_borde_engranaje} = 1,997 \text{ kg}\cdot\text{m}$; el peso del engranaje es de $0,337 \text{ kg}$.

$$\text{Par} = \text{momento_de_inercia} \times \text{aceleración_angular}$$

7.3.2. Análisis VAWT

Con estos datos construimos la Tabla 7.3.1.4, en la que compilamos los datos extraídos de los distintos ensayos, a los que hemos podido someter la VAWT.

TURBINA VAWT				
<u>V_w (m/s)</u>	<u>rpm (min⁻¹)</u>	<u>ω (rad/s)</u>	<u>α (rad/s²)</u>	<u>Par (Nm) Aprox.</u>
0,8	2,27	0,2377		
2	26	2,7227	0,50	0,992
2,5	30	3,1416	0,08	1,159
2,8	40	4,1888	0,21	1,577
3,1	45	4,7124	0,10	1,786
3,5	51	5,3407	0,13	2,037
3,8	62	6,4926	0,23	2,497
4,443	71,494	7,4869	0,20	2,894
4,893	80,215	8,4001	0,1827	3,258
5,343	88,936	9,3134	0,1827	3,623

Tabla 7.3.1.4. Datos VAWT.

En rojo se indican los valores extrapolados por Excel de la terna de datos donde no se pudo experimentar. También se ha supuesto un valor de transición de tiempo de cambio de módulo de la velocidad angular de cinco segundos.

Con estos valores de par de fuerza, tenemos una orientación de cuál es el máximo de generadores que le podemos aplicar a la VAWT y con qué velocidad de viento esperaremos que empiece a girar el conjunto.

8. DATOS DE LA INSTALACION HÍBRIDA-PARALELO

8.1. Datos de componentes de la instalación Híbrida-Paralelo

En la toma de velocidad de las embarcaciones, a la salida de los puertos, el avance de la hélice no es el adecuado, al estar diseñada para el régimen permanente de revoluciones minuto de la embarcación. Es en estas velocidades menores, donde los motores están sobrados de Par de fuerza con

un consumo de combustible excesivo. La descripción híbrida paralelo sería tal como lo muestra krahwinkel-kpm.



- 1 Motor PMG 132
- 2 Embrague electromagnético
- 3 Soporte
- 4 Transmisión de potencia
- 5 Cojinete de empuje

Figura 8.1.1. Híbrido-paralelo krahwinkel-kpm.

La autonomía eléctrica está ligada a la propulsión y al dimensionamiento del banco de baterías; la velocidad está ligada a las formas del casco y al peso del conjunto. Entre las posibles configuraciones la elección es la híbrida-paralelo.

8.1.1. Motor eléctrico

En el presente proyecto se optó por los motores eléctricos de corriente continua DC, los costos son menores que los motores AC, para las bajas potencias, pero son de elevado mantenimiento para potencias grandes. La velocidad de los motores DC se controla con la tensión de alimentación, con las ventajas:

- Fácil de instalar.
- Control de velocidad de amplio rango.
- Arranque rápido, parada, inversión y aceleración.
- Alto par de arranque.
- Curva de par lineal a tensión constante.

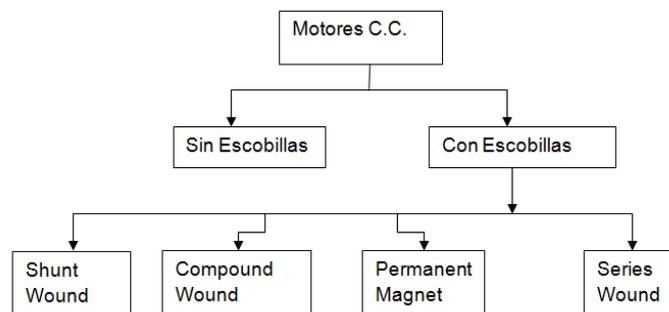


Figura 8.1.1.1. Clasificación motores DC.

Dentro de los motores de corriente continua (C.C.), están con escobillas de imán permanente (Permanent Magnet). Estos motores por su precio y por su potencia son los escogidos para el presente proyecto, en concreto el PMG 132 de la casa alemana HEINZMANN. Los motores de imán permanente, en lugar de un electroimán utilizan un imán permanente, apto para aplicaciones de un bajo par de torsión y control preciso. La vida útil de estos motores es más corta que los que no poseen escobillas, y son más complicados en diseño pero esto se supera con su fácil regulación. Este motor en concreto tiene un recambio de escobillas cada 2000 h de funcionamiento.



Figura 8.1.1.3. Motor PMG 132.

En cuanto a la inversión de giro sin más datos al respecto que lo que comenta la empresa croata SCAM con Elsail, donde en sus especificaciones técnicas de montaje, aparte de elevar la potencia de 2,5 kW a 3,5 kW, es la de servir como generador para las baterías a un máximo de 44 A. Otra opción sería la implementación de dos motores en oposición con un acople de fuerza algo que hicieron las empresas krahwinkel-kpm y Aquapella. Los datos técnicos de operación del PMG132 son:

ESPECIFICACIONES TECNICAS	
Voltaje	24 V
Corriente	110 A
Potencia	2,5 kW
rpm	1080 min-1
Par	20 Nm
Inductancia	0,019 mH
Resistencia	16 mOhm
Proteccion IP	IP20
Peso	11 kg
Par maximo	35 Nm

Tabla 8.1.1.2. Datos PMG132.

PMG132

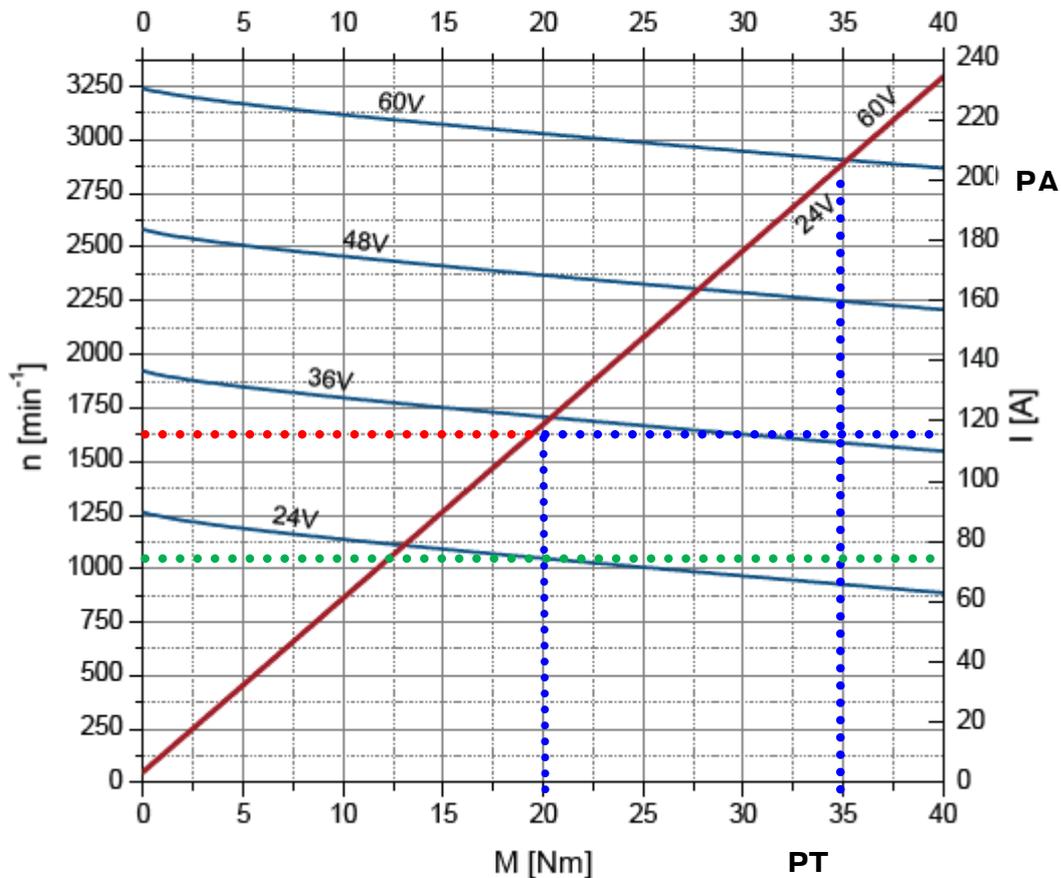


Figura 8.1.1.4. Gráfica revoluciones-par-corriente.

En esta Figura 8.1.1.4 de Heinzmann a ensayo del PMG132 en 08/2014 se ve muy bien como en la curva de tensión constante 24 V según aumentamos el par la corriente decrece desde unos 90 A hasta próximo los 60 A.

Según el fabricante el motor posee un pico de par (PT) de 35 Nm y un pico de corriente (PA) de 200 A durante 10 minutos, obviamente en esta segunda opción estará limitada por el regulador de velocidad, aunque siempre podemos disponer de dos conductores y un regulador de mayor amperaje.

En nuestro punto de trabajo tenemos 20 Nm en la gráfica Figura 8.1.1.4 nos da unos 120 A si bien a tensión constante hemos descendido unos 10 A por tanto tenemos los 110 A de corriente nominal indicada por el fabricante. También señalar que en ese punto se está al límite de quemar el inducido con unas 1625 rpm y no se puede aumentar de revoluciones sin aumento de par. En la

línea verde, en par nominal de 20 Nm con unas 1000 rpm tenemos una corriente de unos 70 A.

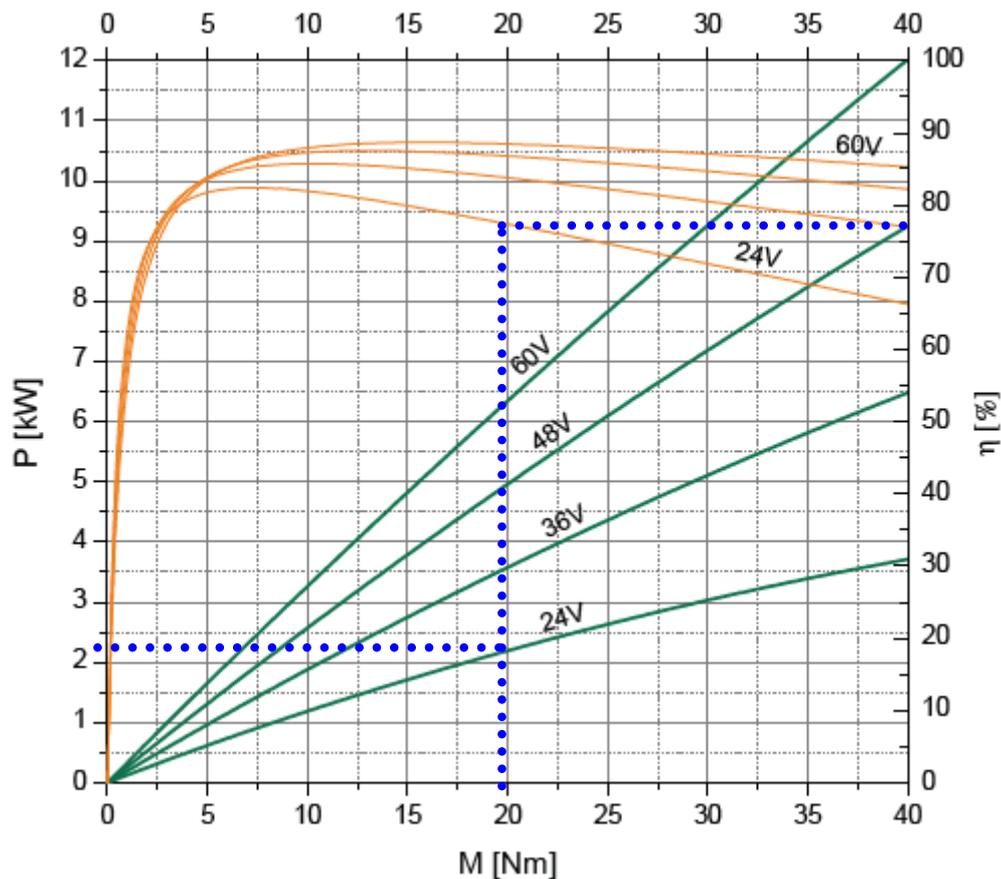


Figura 8.1.1.5. Gráfica potencia-par-eficiencia.

En esta Figura 8.1.1.5 de Heinzmann a ensayo del PMG132 en 08/2014, aprecia muy bien la relación entre el voltaje y el rendimiento; a mayor voltaje mayor rendimiento con un par elevado. Con nuestros 20 Nm de par nominal, para la curva de 24 V, tendríamos algo menos de 2,5 kW de potencia y un rendimiento de algo menos del 80%.

Al ser un motor refrigerado por aire se le añade una ventilación, desde la cual se introduce el aire, si bien del exterior. La empresa croata Scam dice poder usar refrigeración líquida, si bien no he podido encontrar, como la acometen ni más datos al respecto.

configuración de
2,5 a 4,74 kW

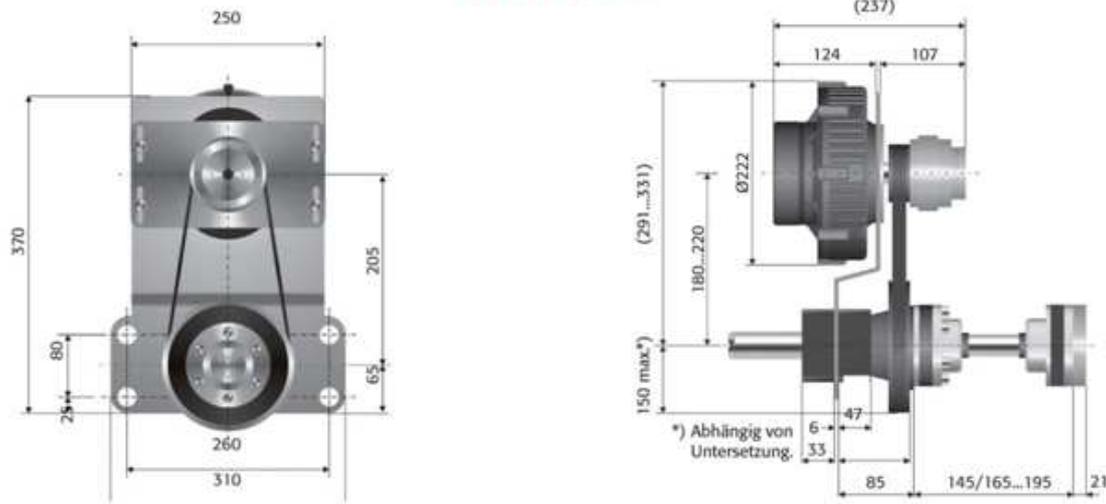


Figura 8.1.1.6. Configuración motor transmisión de potencia.

8.1.2. Embrague electromagnético

Para la transmisión de potencia del motor al eje, precisamos de un embrague electromagnético KEB COMBINORM T07 03110, es de eje pasante y su funcionamiento consiste en que cuando se le aplica una corriente el solenoide que lo compone atrae la parte conducida y se transmite el giro. Esta potencia se da por corriente continua en el elemento y se corresponde a 20 W a 24 V para el KEB COMBINORM T07 03110.

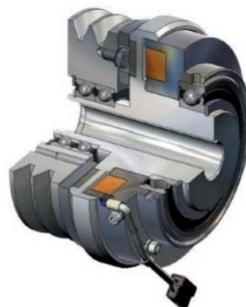


Figura 8.1.1.7. Embrague electromagnético.

La transmisión se realiza por acoplamiento del dentado frontal de la parte conductora con el dentado correspondiente de la parte conducida. El tiempo de desembrague es corto y su par residual es nulo.

Debido a que este tipo de embragues no admiten deslizamiento, la determinación de su tamaño es muy importante, debiendo ser su par transmisible superior al par resultante o al correspondiente par máximo del motor. Los embragues pueden ser montados horizontal o verticalmente y en este último caso, el plato de arrastre ocupará la posición inferior.

El dentado frontal puede ser triangular o trapecial, utilizando el primero de ellos especialmente para embragar en parado.

Deben ser embragados en parado o a bajas revoluciones; en cambio el desembragado puede ser a cualquier velocidad.

8.1.3. Conjuntos de eje de alineación

Se requiere de un conjunto de alineación, para eliminar la necesidad de una alineación exacta del eje de la hélice a la reductora, con rodamientos sobredimensionados de empuje libres de mantenimiento, adecuados para aplicaciones de recreo y de alto rendimiento.



Figura 8.1.1.8. Conjunto eje alineación.

Entre las ventajas de este sistema está en que el empuje de la hélice no se transmite a la reductora ya que es absorbido por el conjunto de empuje montado. Las unidades de empuje escogidas se colocan sobre el eje de la hélice y se montan donde uno quiere entre el tubo de popa y la reductora, se pueden combinar con un acoplamiento flexible. El empuje de la hélice se transmite axialmente al casco a través de los soportes elásticos de goma. Se

pueden mecanizar de ser necesario y el kit contiene la tornillería necesaria, adaptadores para los mangotes de las reductoras.

8.1.4. Baterías de tracción

Para el presente proyecto se ha optado, por falta de información respecto a otros productos, por las baterías de tracción TROJAN de 12 V.

MODELO	V	CAPACIDAD Ah			kWh	DIMENSIONES mm			PESO
		5 h	20 h	100 h		L	A	H	
J185HG-AC	12	185	225	249	2,99	394	178	371	58

Tabla 8.1.4.1. Datos batería tracción.

Este proyecto requiere de un banco de baterías en asociación tal como se muestran interconectadas, en la Figura 8.1.4.2.

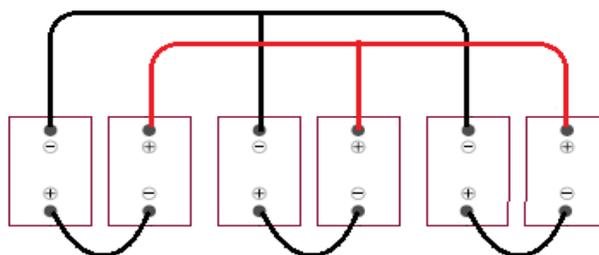


Figura 8.1.4.2. Interconexión baterías.

Esta configuración equivale a una batería de 24 V 555 Ah (C5) o una de 24 V 675 Ah (C20) o 24 V 747 Ah (C100).

Según el fabricante de baterías de tracción TROJAN, los cables conectan las baterías entre ellas, al equipo y al sistema de carga. Las conexiones defectuosas pueden provocar que el rendimiento sea bajo y que las terminales se dañen, se fundan o se quemen. Para asegurarse de que las conexiones estén bien hechas, utilice las siguientes guías con respecto al tamaño de los cables, los valores de par y la protección de las terminales.



	Par de apriete lb/ft	Par de apriete en N·m
Terminal tipo	50 - 70	68 - 95
Terminal Automotriz (AP)	100 - 120	136 - 163
Terminal L (LT)	95 - 105	129 - 142
Terminal de bajo perfil (LPT)		
Terminal de alto perfil (HPT)		
Terminal de tuerca mariposa (WNT)		
Terminal de doble tuerca mariposa (DWNT)		
Terminal Universal (UT)		
Terminal de Tornillo (ST)	120 - 180	27 - 244

Tabla 8.1.4.3. Par de apriete terminales.

Para proteger los terminales de la corrosión y mantenerlas limpias y secas se puede aplicar una capa fina de vaselina o de protector para terminales.

Tamaño de los cables (AWG)	Capacidad (A)
14	25
12	30
10	40
8	55
6	75
4	95
2	130
1	150
1/0	170
2/0	265
4/0	360

Tabla 8.1.4.4. Dimensionado cable.

En nuestro proyecto nos llegara un cable de calibre 2 AWG, que en sección se aproxima a un cable de 35 mm². Los valores de la tabla, recomendada por el fabricante, corresponden a una longitud para cables menores de 6 pies (1,83 m.). Es preferible que todos los cables utilizados en los grupos de baterías conectadas en serie-paralelo, sean de la misma longitud.

Las baterías de ácido-plomo de electrólito líquido producen y liberan pequeñas cantidades de gas durante su uso, especialmente en el proceso de carga. Es esencial cargar las baterías en un área bien ventilada.

Según el fabricante TROJAN este es el perfil de carga adecuado para sus baterías.

Perfil de Carga Recomendado para Baterías de Electrólito Líquido

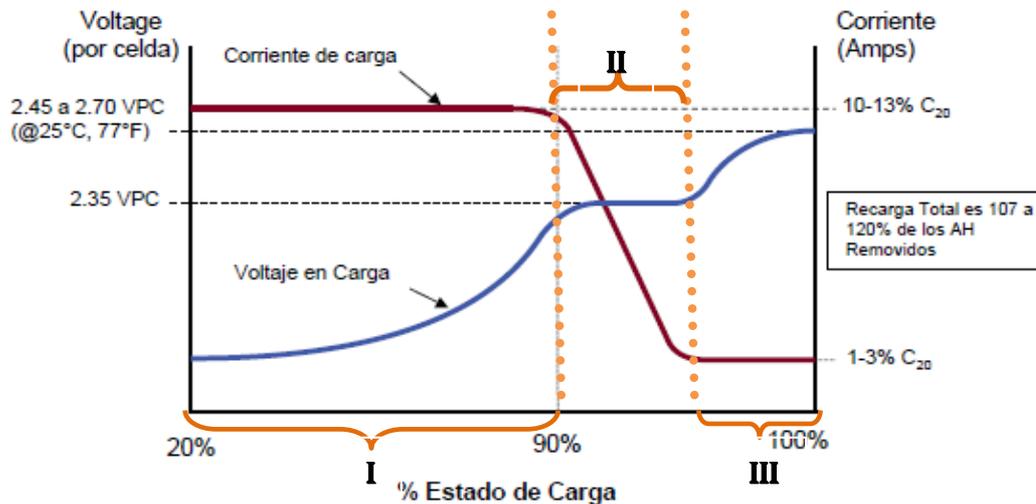


Figura 8.1.4.5. Gráfica carga en tres etapas.

La lectura de la gráfica de la Figura 8.1.4.5 sería, para el voltaje 2,45 VPC- 2.7 VPC es el valor de voltaje en la etapa de flote o almacenamiento y 2,35 VPC es el voltaje en la etapa de absorción, donde la corriente de mantenimiento es 1-3% C₂₀ y la corriente límite regulada entregada por el cargador será del 10-13% del C₂₀ de la batería se corresponde con el periodo de carga rápida I del 20% al 90% del estado de la carga; corriente constante y el voltaje aumenta. El periodo II es el correspondiente a la etapa de carga principal y la etapa de absorción. La etapa III, es la de flote o almacenamiento y es de periodo indefinido.

Para el presente proyecto, C₂₀ = 225Ah, significa que nuestro amperaje de carga rápida está entre 22,5-29,25 A y hasta que el voltaje alcance 2,35 VPC, en nuestro caso será 25,24 V, en bornes del banco y 12,62 V por batería, en este punto entraremos en la etapa de absorción hasta alcanzar los 12,73, por batería, voltios con 2,25-6,75 A, por batería.



Estado de carga como medida de la gravedad específica y voltaje en circuito abierto				
Porcentaje de carga	Gravedad específica	voltaje en circuito abierto		
		celda	6 voltios	12 voltios
100	1,277	2,122	6,37	12,73
90	1,258	2,103	6,31	12,62
80	1,238	2,083	6,25	12,50
70	1,217	2,062	6,19	12,37
60	1,195	2,040	6,12	12,24
50	1,172	2,017	6,05	12,10
40	1,148	1,993	5,98	11,96
30	1,124	1,969	5,91	11,81
20	1,098	1,943	5,83	11,66
10	1,073	1,918	5,75	11,51

Tabla 8.1.4.6. Datos según porcentaje de carga.

Los cálculos para estimar los periodos de carga serán:

$$A_{hd} = C_{20} \cdot N \cdot \% \quad (8.1.4.1)$$

$$\frac{A_{hd}}{A} = H_{90} \quad (8.1.4.2)$$

Etapa absorción de la carga:

$$t = \frac{10\%}{90\%} + 5\% \quad (8.1.4.3)$$

$$H_{100} = H_{90} \cdot t + H_{90} \quad (8.1.4.5)$$

En donde:

t, es el tiempo de absorción de la carga, relación en porcentajes del tiempo transcurrido y el que queda con un 5% añadido por perdidas.

C₂₀, es la capacidad en el banco de baterías en 20 horas.

A_{hd}, es amperios hora descargados.

N, es el número de ramas conectadas en paralelo.

%, es el porcentaje en tanto por uno de la batería descargada.

A, son los amperios media para el mes correspondiente.

H₉₀, son las horas para una carga al 90%.

H₁₀₀, son las horas para una carga al 100%.

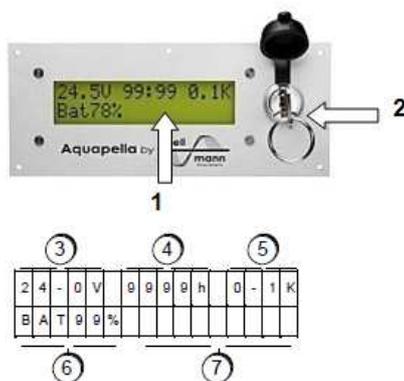
Con una descarga del 50% y el 10% del C20, 22,5 A, nos llevaría unas 15 horas la recarga al 90%, a partir de ahí podemos estimar, entraríamos en nivel flotante con unas 18 h esperaríamos tener el nivel óptimo.

Si se dobla la corriente de carga se reduce el tiempo de carga a la mitad, pero ello afecta a la vida útil de la batería y perjudica en los ciclos de descarga.

El voltaje de la batería debe de ser comprobado otra vez al menos una hora después de la carga, esta medición debe hacerse con una aparato con una precisión de 1 mV en local a 25°C.

8.1.5 Otros elementos de la unidad híbrida-paralelo

Los elementos a destacar son las correas trapezoidales Poly v3 SPZ y las polea CPT, SPZ85-03, casquillo máximo 30 mm. Se compra un kit a Bellmarine, el cual contiene: Motor y controller CPM110-MKII con refrigeración por aire, soporte motor, eje motor con adaptador de 25 mm, joystick, panel display Aquapella. El display Aquapella nos ofrece información del estado de las baterías a través de los elementos constructivos del CPM110-MKII.



El modulo con pantalla contiene:

1. Pantalla
2. Conexión del motor

La pantalla muestra la siguiente información:

3. Voltaje de la batería en voltios
4. Tiempo de autonomía en horas y minutos
5. Potencia del motor en kW
6. Capacidad residual de la batería en %
7. Señal de error

Figura 8.1.5.1. Display Aquapella.

9. CÁLCULOS Y ANÁLISIS SOLAR-EÓLICO

Meses	A	kW/m ²	nº días	A*h/día	horas de sol
Diciembre	15,5	0,442	31	47,00	94
Noviembre	17	0,483	30	61,20	108
Enero	17	0,486	31	55,94	102
Febrero	19	0,541	28	82,11	121
Octubre	19,6	0,564	31	94,21	149
Septiembre	24	0,686	30	153,60	192
Marzo	24,5	0,701	31	126,45	160
Agosto	25,3	0,725	31	199,14	244
Abril	27,5	0,792	30	160,42	175
Julio	28,5	0,817	31	219,73	239
Junio	29,5	0,848	30	221,25	225
Mayo	30,4	0,87	31	197,11	201

Tabla 9.1. Irradiancias en orden creciente.

La Tabla 9.1 es la que se ha generado con los datos que tenemos, decir que los amperios correspondientes a cada mes derivan de la Figura 7.1.2.1.

De la previsión de MATLAB podemos estimar la duración de la carga y el número de recargas. Los resultados para una descarga al 50%, según las ecuaciones 8.1.4.1, 8.1.4.2, 8.1.4.3, 8.1.4.4, 8.1.4.5, y se genera la Tabla 9.2:

Meses	H ₉₀	H ₁₀₀	número recargas
Diciembre	21,77	25,28	3,72
Noviembre	19,85	23,05	4,69
Enero	19,85	23,05	4,42
Febrero	17,76	20,62	5,87
Octubre	17,22	19,99	7,45
Septiembre	14,06	16,33	11,76
Marzo	13,78	15,99	10
Agosto	13,34	15,49	15,75
Abril	12,27	14,25	12,28
Julio	11,84	13,75	17,38
Junio	11,44	13,28	16,94
Mayo	11,1	12,89	15,59

Tabla 9.2. Recargas posibles al mes.



En el plano de la renovable eólica, referido a los datos de la tabla 7.3.1.4 con un engranaje de diámetro 148 mm y, diámetro interno del generador, 23 mm. Su relación de rpm, a 5,343 m/s de velocidad del viento, será de unas 88,936 rpm para el engranaje de la VAWT y de unos 572,2 rpm para el engranaje del generador. El generador es de velocidad de rotación nominal de 600 rpm del generador tendríamos una producción estimada de 100 W, 24 V y 4 A; con estos datos destinamos la fuente de energía eólica al mantenimiento y carga de la batería auxiliar.

Con todos estos datos y una viabilidad prácticamente nula para la eólica, debido a la intermitencia y costos de regulación en la propulsión híbrida-paralelo, estudiamos la viabilidad de la mejora fotovoltaica.

Solo en pesos conocidos, de la fotovoltaica, tenemos un aumento de peso de 76,37 kg el cual puede repercutir en la navegabilidad de la embarcación y el correspondiente certificado, de estabilidad y personas autorizadas.

En cuanto a costes económicos es una inversión de no menos 1500 €. Puesto que nuestra estimación será económica.

Con una descarga del 50% nos llevaría de unas 25 h a 13 h la recarga al 100%, en los distintos meses del año. Durante los meses de Marzo a septiembre, ambos incluidos, se acumulan el 79,22 % de las recargas posibles al año en solo 7 meses en los cuales una descarga de las baterías, hasta el 50% C5, nos da unas 2 horas y media de autonomía, para navegación a potencia nominal, 110 A 1080 rpm.

Tenemos unas 125 recargas posibles al año y una disponibilidad acumulada de 312 h. Nuestro motor es un volvo Penta Diesel D1-13 de 13 cv con una reductora 2:1, 2000 rpm tiene un consumo por hora de 0,9 litros de combustible. El precio del Diesel E10+ apto para náutica de Repsol cuesta 1,169 € (consultado el 20/08/2018, en A Coruña). Nuestro ahorro se estima en 1,052 € por recarga, lo que hace un ahorro de 328,25 € acumulado en todo el año.

Con la posibilidad de recarga en puerto y para una autonomía de 2 horas 30 minutos requeriremos en la recarga 9,404 kWh.

El coste de los servicios Tarifados para el puerto de A Coruña a 2018:

ENERGÍA ELÉCTRICA	
Concepto	Importe EUR
Kwh suministrado desde la red general	0,3364
Kwh suministrado desde terminales automatizados	0,2184
Kwh suministrado en el Puerto Exterior	0,2700
Kwh suministrado para utilización de grúas pórtico	0,2184

Autoridad Portuaria de A Coruña
Avda. de la Marina, 3 15001 - A Coruña. España
© Ministerio de Fomento

Googlemaps

Más Información

mapa web | descargas
almacenamiento online
aviso legal

Teléfono

WAI-AA ✓
CSS ✓
HTML5 ✓

Figura 9.3. Tarifas autoridad portuaria A Coruña.

Para la tarifa red general, tendríamos un coste de operación de 3,1 € por lo que sumado al número de recargas al año, tenemos un ahorro de 390,61 €.

DCE, valoración del ahorro en costes energéticos, como consecuencia de la implantación de la mejora energética.

_1, es el ahorro comparado con el costo en combustible.

_2, es el ahorro comparado con el costo eléctrico.

$$DCE_1 = 328,25 \text{ €/año}$$

$$DCE_2 = 390,61 \text{ €/año}$$

Siendo generosos y suponiendo una valoración de costes por mantenimiento y de operación (ACMO) de las mejoras introducidas de 0 €, durante al menos los 2 primeros años.

Nos deja con una valoración del ahorro económico anual AEA:



$$AEA_1 = DCE_1 - ACOMO = 328,25 \text{ €/año}$$

$$AEA_2 = DCE_2 - ACOMO = 390,61 \text{ €/año}$$

Periodo de amortización bruta (PB), será:

$$PB = \frac{Inversion}{AEA}$$

$$PB_1 = 4,56$$

$$PB_2 = 3,84$$

Al comparar con los costes en diesel el periodo de amortización es 4 años y 204 días y en la comparación con el coste eléctrico el periodo de amortización es en 3 años y 306 días.

RBI, rendimiento bruto de inversión. Es un índice que analiza la relación entre la vida útil del equipo y el ahorro económico durante todo el proyecto.

Vu, vida útil del equipo en años

$$RBI = \frac{Inversion - (AEA \times Vu)}{Inversion} \times 100$$

Los paneles fotovoltaicos tienen una vida útil de 25 años, una eficiencia del 90% durante 10 años y del 80% el resto. Con un valor medio entre *AEA_1* y *AEA_2*. Tendremos un rendimiento bruto de un 499% lo que se traduce en que recuperaremos unas 5 veces nuestra inversión fotovoltaica, en ese periodo de tiempo.

RBA, rendimiento bruto anual, indicador del ahorro anual y suele ser más operativo, ya que en el periodo de tiempo de 25 años puede existir algún mantenimiento.

$$RBA = \frac{RBI}{Vu}$$

Otorgando un 19,96%, el *RBA*, de ahorro anual. Considerando una depreciación anual podemos estimar la tasa de retorno de la inversión *TRI* el



tiempo de vida útil del equipo en la cual consideraríamos que nuestra inversión ha retornado con el ahorro.

$$TRI = \frac{(AEA \times Vu) - \frac{Inversion}{Vu}}{Inversion}$$

TRI nos daría 5,95 de esta manera se tendría un indicador para comparar distintos productos, con distintas inversiones y vidas útiles.



10. CONCLUSIONES

La conclusión a la que nos lleva el presente trabajo es sencilla la implantación de la mejora a la propulsión híbrida-paralelo, por energías alternativas solar y eólica con rotor vertical, es aconsejable en la fotovoltaica y despreciable la eólica. En la implementación de la energía eólica para la propulsión es nula es un recurso que aplicado a las embarcaciones tendría enormes problemas con las normas de la administración, con la estabilidad del buque y según el tamaño de la planta, por regulación de la energía y desajuste económico es amplio y no compensa.

El motivo que más perjudica a la propulsión híbrida-paralelo y con mucha diferencia son las baterías, el recurso que tenemos para almacenar y extraer energía eléctrica, es el mayor problema para poder implementar móviles híbridos, máxime en la industria náutica donde las formas del casco y los rozamientos nos afectan en mayor grado. Las baterías son muy caras, por prestaciones tienen que ser baterías con mantenimiento, son muy pesadas para la propulsión híbrida-paralelo estudiada tiene un peso de 348 kg. Se ha consultado el tema de las baterías con la empresa alemana krahwinkel-kpm, fabricante de Elsail, en cuanto a número voltajes y pesos, así como la autonomía que ofertan a carga nominal. Su respuesta, aun parca en detalles, nos habla de una autonomía de no más de una hora con una recarga de baterías por el motor diesel y navegación en modo vela.

Como nota final, después de la realización del presente trabajo me queda diáfano que la implantación de propulsión eléctrica híbrida, con o sin energías renovables, pasa por un avance muy significativo en las baterías en:

- Capacidad de extracción de energía
- Límites de amperaje en la recarga
- Tiempos de recarga
- Costes de la batería y peso.

PROPULSIÓN CON ENERGÍAS ALTERNATIVAS SOLAR Y EÓLICA POR ROTOR VERTICAL

ANEXO CÁLCULOS ELÉCTRICOS

**GRADO EN TECNOLOGÍAS MARINAS
ENERGÍA Y PROPULSIÓN**

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA Y MÁQUINAS

FECHA: SEPTIEMBRE – 2018

AUTOR: José Manuel Marqués Fernández

Fdo.:



ÍNDICE ANEXO ELÉCTRICO

Páginas

11. ANEXO CÁLCULOS ELÉCTRICOS.....	46
11.1. Protección contra sobre intensidades	46
11.2. Protección contra cortocircuitos	46
11.3. Protección contra contactos	46
11.4. Interruptor diferencial	47
11.5. Conductores cables y secciones	48
11.6. Fusibles	51
11.7. Interruptor magnetotérmico	52
11.8. Otras consideraciones en la protección.....	53



11. ANEXO CÁLCULOS ELÉCTRICOS

11.1. Protección contra sobre intensidades

Todo circuito está protegido contra los efectos de las sobre intensidades que puedan presentarse en el mismo, para lo cual la interrupción de este circuito se realizará en un tiempo conveniente estando dimensionado para las sobre intensidades previsibles (ITC-BT-22). Con fusibles y varistores para los paneles fotovoltaicos y fusible para la VAWT.

En este proyecto todos los circuitos que lo requieren están protegidos por interruptores automáticos magneto térmicos, cumpliendo así en la protección de sobrecargas y en la de cortocircuitos.

11.2. Protección contra cortocircuitos

En el origen de todo circuito y en los cuadros parciales y generales, como ya se ha dicho, están instalados interruptores automáticos magneto térmicos cuya capacidad de corte está de acuerdo con la intensidad de cortocircuito que pueda presentarse en el punto de su instalación (ITC-BT-22, punto 1.1.b). También se pueden admitir como dispositivos de protección contra cortocircuitos los interruptores automáticos con sistema de corte electromagnético. En el caso todos los motores estarán protegidos contra cortocircuitos y contra sobrecargas en todas sus fases, por el regulador de velocidad CPM110-MKII.

Los dispositivos de protección de circuitos están situados según indica la Instrucción ITC-BT-17, punto 1.1.

11.3. Protección contra contactos

Con objeto de proteger a las personas contra los contactos directos de las partes de la instalación normalmente en tensión la instalación fue realizada tomando las siguientes medidas:

Alejamiento de las partes activas de la instalación a una distancia tal del lugar donde las personas habitualmente se encuentran o circulan que sea imposible



un contacto fortuito con las manos, o por la manipulación de objetos conductores, cuando éstos se utilicen habitualmente cerca de la instalación. (ITC-BT-24, punto 3.4.).

Todas las partes activas están debidamente protegidas, por armarios o cajas de derivación que impidan el contacto directo con las partes en tensión. A estos armarios también se les aplica una de las medidas de protección contra contactos indirectos y protectores de aislamiento, con la opción de interruptores diferenciales.

11.4. Interruptor diferencial

Dispositivo que permite detectar defectos de aislamiento (contactos indirectos), y proteger de ellos a los usuarios de la instalación, cortando el suministro de energía. Su funcionamiento se basa en la medición de la corriente de entrada y salida del receptor, realizando la suma vectorial de ambas corrientes. Si el resultado es 0 no sucede nada. Pero si existe un fallo de aislamiento se producirá una desviación a tierra y por tanto un desequilibrio entre las corrientes, lo que provocará la excitación de una bobina interna que provocará el corte del suministro eléctrico.

Cada base de toma de corriente debe estar protegida con un diferencial, este es el caso de la toma de puerto, con una sensibilidad no mayor de 30mA (UNE-EN-60309). Las condiciones de operación de un dispositivo que protege a un conductor de sobrecargas debe de satisfacer las dos condiciones siguientes:

$$1) I_B \leq I_n \leq I_z \quad (11.4.1)$$

$$2) I_2 \leq 1,45 \cdot I_z \quad (11.4.2)$$

Siendo:

I_B es la intensidad nominal del circuito.

I_n es la intensidad nominal del dispositivo.

I_z es la intensidad máxima admisible del cable en la instalación.

I_2 es la intensidad de corriente que asegura la actuación del dispositivo de protección.

$$I_2 = 1,45 \cdot I_n \text{ (para interruptores UNE EN 60898)} \quad (11.4.3)$$



El diferencial escogido es: Schneider bloque diferencial Vigi iC60 Acti 9

11.5. Conductores cables y secciones

Los conductores empleados en la instalación cumplirán lo establecido en el REBT-2002, ITC-BT-19 en lo que a su sección necesaria se refiere, la sección del conductor debe de ser tal que:

- En una instalación se considera que la caída de tensión, en continua, debe de ser inferior a 3 % de la tensión inicial, y en la corriente alterna no debe de superar el 5 % de esta misma tensión.
- Debe de permitir la circulación de la corriente nominal generada en la instalación sin que se produzca sobrecalentamiento del conductor y que pueda dañarlo.

Al realizar el cálculo se escoge la sección normalizada que sea igual o superior a la mayor de las anteriores. Se incluye un sobredimensionado de intensidad, a plena carga, del cable de alimentación al motor DC de 125 % y conductores secundarios no inferior al 85%, ITC-BT-47, UNE 20.460.

Según la Guia-BT-Anexo 2, para secciones menores o iguales a 120 mm², la contribución a la caída de tensión por efecto de la inductancia es despreciable frente al efecto de la resistencia.

Caída de tensión en monofásico:

$$\Delta V_l = 2 \cdot R \cdot P / V_l \quad (11.5.1)$$

R, es el valor de la resistencia en un cable, se calcula como:

$$R = R_{ta} = c \cdot R_{tcc} \approx 1,02 \cdot R_{tcc} \quad (11.5.2)$$

$$R_{tcc} = R_{20cc} \cdot [1 + \alpha \cdot (\theta - 20)] = \rho_{\theta} \cdot L / S \quad (11.5.3)$$

$$\rho_{\theta} = \rho_{20} \cdot [1 + \alpha \cdot (\theta - 20)] \quad (11.5.4)$$

R_{ta}, resistencia del conductor en corriente alterna a temperatura θ .

R_{tcc}, resistencia del conductor en corriente continua a temperatura θ .



R_{20cc} , resistencia del conductor en corriente continua a temperatura de 20°C.

α , coeficiente de variación de resistencia específica por temperatura del conductor en °C.

ρ_{θ} , resistividad del conductor a la temperatura θ , Tabla 11.5.1.

ρ_{20} , resistividad del conductor a la temperatura 20°C.

S , sección del conductor en mm².

L , longitud de la línea en m.

Material	$\rho(20^{\circ}\text{C}), \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$	$\rho(70^{\circ}\text{C}), \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$	$\rho(90^{\circ}\text{C}), \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$	$\alpha (^{\circ}\text{C}^{-1})$
Cobre	0,018	0,021	0,023	0,00392

Tabla 11.5.1. Valores resistividad Guía-BT-Anexo 2.

En el cálculo de la sección mínima debemos estipular cual será la caída de tensión máxima admisible, y se acuerda un 1% en corrientes alterna y continua.

$$s = \frac{2 \times c \times \rho_{\theta} \times P \times L}{\Delta V_l \times V_n} \quad (11.5.5)$$

ΔV_l , es la caída de tensión máxima admisible en voltios.

V_n , es la tensión nominal de línea.

P , es la potencia prevista para la línea en vatios.

c , es el incremento de la resistencia alterna, en baja tensión es factible suponer un incremento de resistencia inferior al 2% en corriente alterna respecto del valor en continua; $c \approx 1,02$ en alterna y $c=1,00$ en continua.

Como en las especificaciones de la tabla 52-1 de la norma UNE 20460-5-523:2004, tenemos las intensidades admisibles en amperios al aire 40°C y aplicando el factor de corrección por temperatura generamos la Tabla 11.5.2.



SECCION CALCULADA POR CAIDA MAXIMA ADMISIBLE						
A	Longitud (m)	$\rho(40^{\circ}\text{C}), \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$	P (W)	$\Delta V < 1\%$ (V)	S_0 (mm ²)	S_1 (mm ²)
16	4	0,0194112	4600	2,3	1,38	2,5
32	0,75	0,0194112	768	0,24	3,88	4
32	1	0,0194112	768	0,24	5,18	10
50	1,2	0,0194112	1200	0,24	9,71	10
80	1,8	0,0194112	1920	0,24	23,29	35
110	1,8	0,0194112	2640	0,24	32,03	35
120	1,8	0,0194112	2880	0,24	34,94	35
125	1,8	0,0194112	3000	0,24	36,40	35

Tabla 11.5.2. Sección mínima para la caída de tensión máxima admisible.

Con estas longitudes y siendo S_0, la sección mínima dada, y S_1 la sección comercial adoptada. Comprobamos la caída de tensiones y su porcentaje de caída de tensión, % ΔV , para las secciones adoptadas en la Tabla 11.5.3.

A	L (m)	S (mm ²)	Corrección por temperatura		ΔV (V)	% ΔV
			$\rho(20^{\circ}\text{C}), \Omega \cdot \text{mm}^2 / \text{m}$	$\rho(40^{\circ}\text{C}), \Omega \cdot \text{mm}^2 / \text{m}$		
16	4	2,5	0,018	0,0194112	1,01	0,44
32	0,75	4	0,018	0,0194112	0,23	0,97
32	1	10	0,018	0,0194112	0,12	0,52
50	1,2	10	0,018	0,0194112	0,23	0,97
80	1,8	35	0,018	0,0194112	0,16	0,67
110	1,8	35	0,018	0,0194112	0,22	0,92
120	1,8	35	0,018	0,0194112	0,24	1,00
125	1,8	35	0,018	0,0194112	0,25	1,04

Tabla 11.5.3. Secciones y longitudes de cable.

En los cables de batería estos deben ser monoconductores, de doble aislamiento y libres de halógenos.

Tramo	S (mm ²)	Aislante	Iref	AMA
Paneles fotovoltaicos-MPPT	4	XLPE	E	45
Generador eolico-baterías	4	XLPE	A1	16
Toma de puerto-Inversor/cargador	2,5	XLPE	C	26
MPPT- baterías	10	XLPE	F	68
Inversor/cargador-baterías	10	XLPE	F	68
Baterías-Regulador motor DC	35	XLPE	F	174
Regulador motor DC-motor DC	35	XLPE	F	174

Tabla 11.5. Datos longitudes y secciones.



AMA- Amperios máximos admisibles.

Iref- Instalación de referencia según TABLA 52 B1 UNE 20.460-5-523-2004.

XLPE- Polietileno reticulado.

11.6. Fusibles

Para la protección contra sobrecargas y cortocircuitos de los módulos fotovoltaicos, se colocara dos fusibles, uno en cada polo, antes del MPPT y un varistor por cada dos paneles en paralelo; un fusible de protección la salida del regulador de la VAWT.

Las condiciones de operación de los fusibles deben de cumplir:

$$I_B \leq I_n \leq I_z \quad (11.6.1)$$

$$I_2 \leq 1,45 \cdot I_z \quad (11.6.2)$$

I_B es la intensidad nominal del circuito

I_n es la intensidad nominal del fusible.

I_z es la intensidad máxima admisible del cable en la instalación.

I_2 es la intensidad de ajuste (desconexión) del fusible.

$$I_2 = 1,60 \cdot I_n \text{ (para fusibles del tipo gG)} \quad (11.6.3)$$

Realizamos las comprobaciones para los módulos fotovoltaicos, tenemos una $I_B=30$ A y lo ajustamos para 1,3 veces esa intensidad.

$$30 \leq 32 \leq 39$$

$$1,6 \times 32 \leq 1,45 \times 39$$

Debido a lo anterior, los fusibles seleccionados tienen las siguientes características:

- Dos Tekka 10x38, gG 120 kA, 32 A, con portafusible.
- Un Tekka 10x38, gG 120 kA, 32 A, con portafusible.
- Dos varistores DS220-24DC



11.7. Interruptor magnetotérmico

Se precisa de esta protección en la conexión de puerto.

Estará situado en la caja de conexiones y además de proteger el equipo contra cortocircuitos y sobre intensidades en todas sus fases, estará protegido por corte automático.

Los interruptores automáticos magnetotérmicos son equipos de protección provistos de un relé térmico (bimetal) que actúa cuando se produce una sobrecarga y cuyo tiempo de actuación depende de la intensidad y de un relé electromagnético que actúa cuando se produce un cortocircuito, desconectando el circuito.

El poder de corte del interruptor magneto térmico debe ser mayor que la corriente máxima prevista para el interruptor automático, de caja moldeada y bastidor metálico el poder de corte mínimo para el interruptor general son 4500 A. Como elemento de protección debe de cumplir las dos condiciones:

$$1) I_B \leq I_n \leq I_z \quad (11.7.1)$$

$$2) I_2 \leq 1,45 \cdot I_z \quad (11.7.2)$$

I_B es la intensidad nominal del circuito.

I_n es la intensidad nominal del dispositivo de protección.

I_z es la intensidad máxima admisible del cable en la instalación.

I_2 es la intensidad de ajuste (desconexión) del dispositivo.

Dado que nuestro cable tiene una intensidad máxima de 25 A y la toma de puerto es a 16 A:

$$16 \leq I_n \leq 25$$

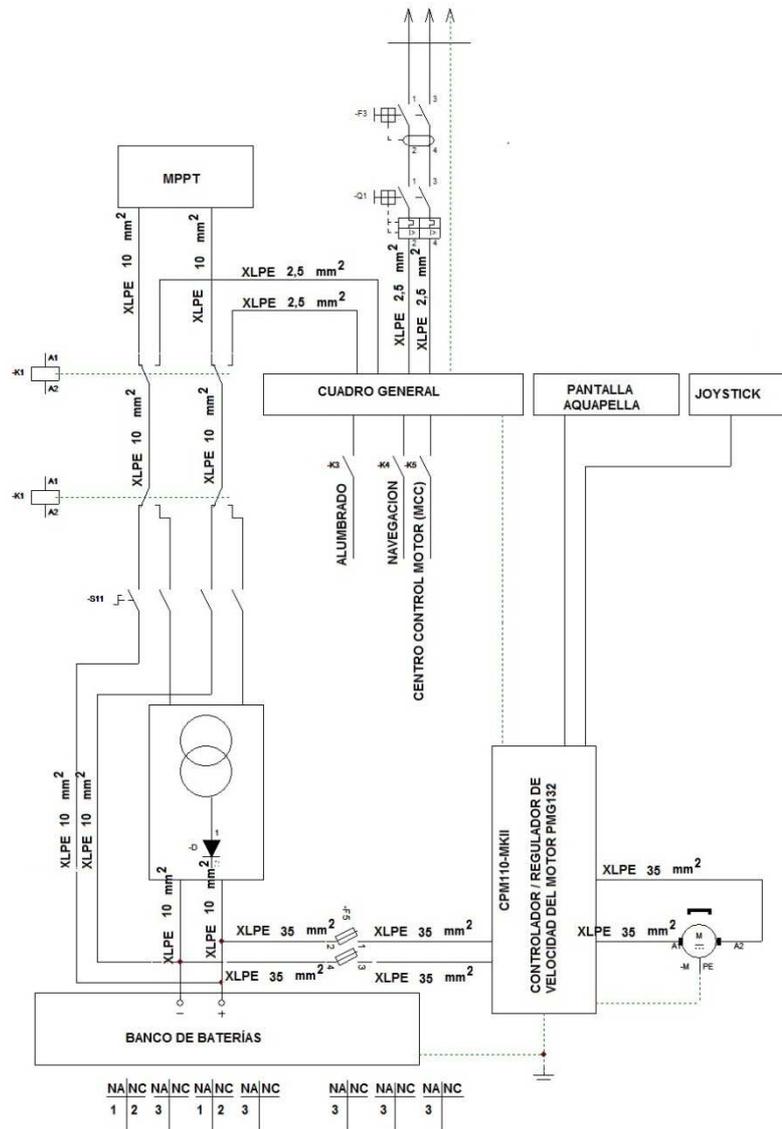
$$I_2 = 1,45 \cdot I_n \text{ (para interruptores UNE EN 60898) } (11.7.3)$$

Por ello se escoge un magnetotérmico de Schneider iC60N 20A



11.8. Otras consideraciones en la protección

Se garantiza por selector por reles la imposibilidad de estar en carga con los paneles solares y carga desde la toma puerto. Se dispondrá de un interruptor con protección en el tramo de las baterías y el motor eléctrico. El interruptor con fusibles Schneider 125 A dc, 2 polos, GS2L3.



E.T.S. DE NÁUTICA Y MÁQUINAS
TECNOLOGÍAS MARINAS – ENERGÍA Y PROPULSIÓN

TRABAJO FIN DE GRADO NÚMERO:
TFG/GTM/E- -18

TÍTULO DEL TRABAJO FIN DE GRADO:

**PROPULSIÓN CON ENERGÍAS ALTERNATIVAS SOLAR Y
EÓLICA POR ROTOR VERTICAL**

TÍTULO DEL PLANO:

ESQUEMA ELÉCTRICO 1

FECHA: **08-08-2018**

AUTOR:

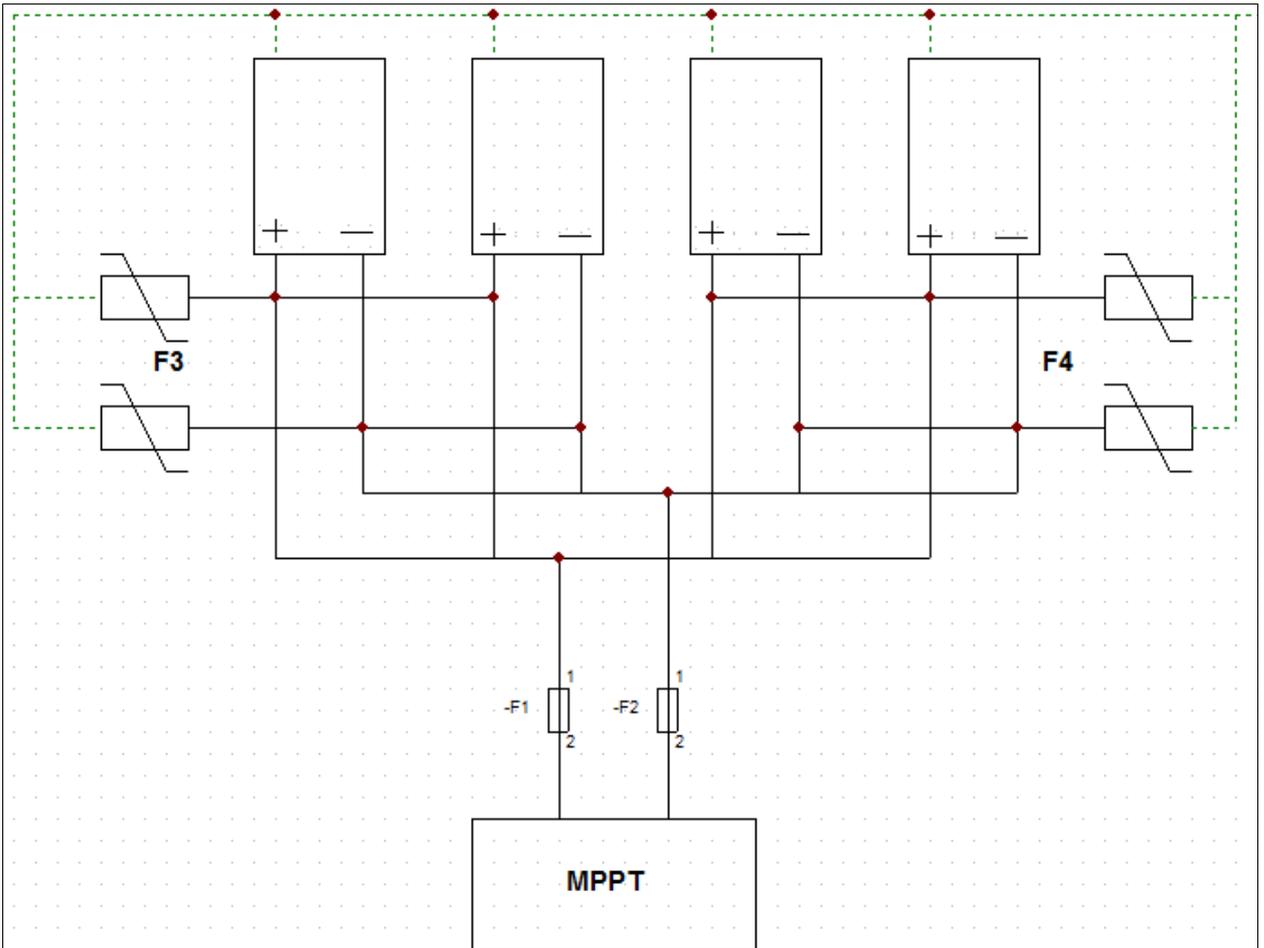
JOSÉ MANUEL MARQUÉS FERNÁNDEZ

FIRMA:

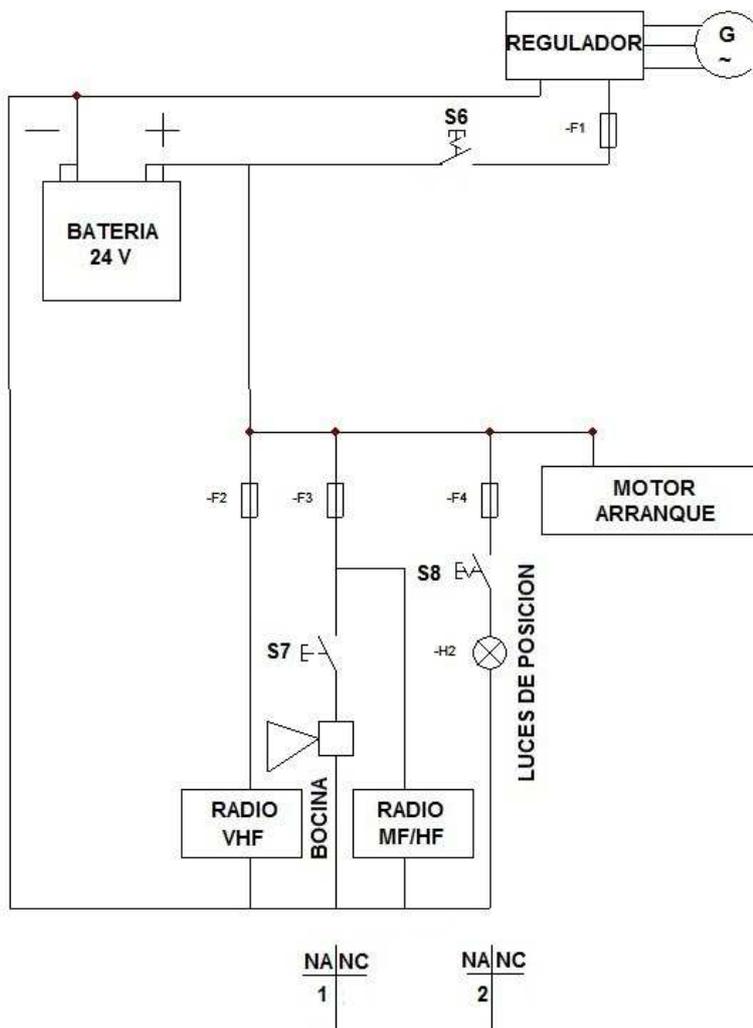
ESCALA: ---

PLANO N°:

1



E.T.S. DE NÁUTICA Y MÁQUINAS TECNOLOGÍAS MARINAS – ENERGÍA Y PROPULSIÓN		TRABAJO FIN DE GRADO NÚMERO: TFG/GTM/E- -18	
TÍTULO DEL TRABAJO FIN DE GRADO: PROPULSIÓN CON ENERGÍAS ALTERNATIVAS SOLAR Y EÓLICA POR ROTOR VERTICAL			
TÍTULO DEL PLANO: ESQUEMA ELÉCTRICO 2		FECHA: 08-08-2018	
AUTOR: JOSÉ MANUEL MARQUÉS FERNÁNDEZ		ESCALA: ---	
FIRMA:		PLANO Nº: 2	



E.T.S. DE NÁUTICA Y MÁQUINAS
TECNOLOGÍAS MARINAS – ENERGÍA Y PROPULSIÓN

TRABAJO FIN DE GRADO NÚMERO:
TFG/GTM/E- -18

TÍTULO DEL TRABAJO FIN DE GRADO:

**PROPULSIÓN CON ENERGÍAS ALTERNATIVAS SOLAR Y
EÓLICA POR ROTOR VERTICAL**

TÍTULO DEL PLANO:

ESQUEMA ELÉCTRICO 3

FECHA: **08-08-2018**

ESCALA: ---

AUTOR:

JOSÉ MANUEL MARQUÉS FERNÁNDEZ

FIRMA:

PLANO Nº: **3**

PROPULSIÓN CON ENERGÍAS ALTERNATIVAS SOLAR Y EÓLICA POR ROTOR VERTICAL

ANEXO MATERIALES

GRADO EN TECNOLOGÍAS MARINAS

ENERGÍA Y PROPULSIÓN

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA Y MÁQUINAS

FECHA: SEPTIEMBRE – 2018

AUTOR: José Manuel Marqués Fernández

Fdo.:



ÍNDICE ANEXO MATERIALES

Páginas

12. ANEXO MATERIALES SOLAR-EÓLICA.....	57-59
--	-------



12. ANEXO MATERIALES SOLAR-EÓLICA

Cuatro módulos o paneles fotovoltaicos de 250W 24 V Policristalinos:

Característica:	Policristalino, 60 células
Dimensiones:	1640 x 990 x 40 mm
Peso:	18,5 kg/ud.
Potencia máxima:	250 W
Tensión de circuito abierto (Voc):	37,2 V
Tensión máxima potencia (Vmp):	30,5 V
Intensidad máxima Potencia (Imp):	8,2 A
Corriente de cortocircuito (Isc):	8,79 A

Garantía contra defectos de fabricación 5 años. Garantía de rendimiento 10 años al 90% y 25 años al 80%

Regulador ecosolar MPPT 40 A 12/24/48 con pantalla

Dimensiones:	240 x 168 x 66 mm
Peso:	2,3 kg
Tensión de circuito abierto (Voc):	100 V
Corriente carga nominal:	40 A
Potencia entrada máxima:	520W (12 V), 1040 (24V), 2048W (48V)

Algoritmo de control MPPT de alta eficiencia 99%. Sistema automático de reconocimiento del voltaje 12V-24V-48V. Carga en tres etapas (rápida, constante, flotación).

Certificado CE. Protecciones contra exceso de temperatura, polaridad inversa, cortocircuito, sobrecarga, etc.

Garantía contra defectos de fabricación: 2 años

Según el fabricante su uso es obligatorio cuando se instalen paneles solares de 60 células, policristalino de 230 W, 250 W, 260 W de potencia o superior ya que ecualiza las baterías e incrementa su voltaje. Las placas de 73 células tiene un Vmp de 37 V y las de 60 células Vmp de 30 V, por ello las placas



solares de 60 células no se pueden usar con un regulador convencional PWM, debe ser de tipo MTTP.

Esto debe ser así ya que desde las placas solares hasta llegar a las baterías habrá pérdidas de voltaje con lo cual de este modo se asegura que la electricidad llegara a un voltaje superior a los 24 V, necesarios para la carga de las baterías. En caso contrario se estarán dañando las baterías y se reducirá drásticamente su vida útil.

Soporte de paneles fotovoltaico para vehículos material de fibra ABS

Conjunto de soportes de esquina para instalar placa solar en embarcaciones con pasacables doble.

Cable fotovoltaico Topsolar PV ZZ 4mm² 25 m

Cable flexible adecuado para la conexión entre paneles fotovoltaicos y hasta el regulador. Cable de alta seguridad (AS): no propagadores del incendio, con baja emisión de humos y libres de halógenos. Con las características:

Cumple normas UNE-EN: 60332-1, 50266, 50267-1

No propagación del incendio

Temperatura de servicio -40°C y 120°C

Resistencia al agua AD7 inmersión

Resistente a rayos ultravioleta.

Conectores MC4 dobles en rama para instalaciones solares (M+H)

Usados para conectar dos placas solares en paralelo entre ellas. Permiten una conexión estanca ante la lluvia y el mal tiempo, además al encontrarse en el exterior pueden aguantar muchos años los rayos del sol.



Conectores MC4 5 pares (M+H)

Conectores aptos para instalar en los cables desde los paneles solares hasta el MPPT.

Turbina eólica Savonius JP8VAWT

En nuestro caso se optó por el motor síncrono de 100 W, que sustituye el bobinado de excitación por imanes permanentes.

GENERADOR VAWT	
Modelo	FT-100S
Potencia nominal	100W
Voltaje nominal	12/24 VDC desde el regulador
Velocidad de giro nominal	600 rpm
Peso	3 kg
Generador	Tres fases imán permanente AC síncrono
Imán	Neodimio
Par de arranque	0,08 Nm
Material eje	Acero
Material envolvente	Aluminio
Aislamiento	Clase F
Protección IP	IP54
Eficiencia	>90%
Lubricación	Lubricación por grasa
Temperatura de trabajo	-40°C-80°C

Tabla 12.1. Generador 100 W de JP8VAWT.

Generador síncrono de tres fases imán permanente corriente alterna. Incluye regulador 12 V/24 VDC.

PROPULSIÓN CON ENERGÍAS ALTERNATIVAS SOLAR Y EÓLICA POR ROTOR VERTICAL

PLIEGO DE CONDICIONES

GRADO EN TECNOLOGÍAS MARINAS

ENERGÍA Y PROPULSIÓN

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA Y MÁQUINAS

FECHA: SEPTIEMBRE – 2018

AUTOR: José Manuel Marqués Fernández

Fdo.:



ÍNDICE PLIEGO DE CONDICIONES

Páginas

13. PLIEGO DE CONDICIONES.....	60
13.1. Condiciones generales.....	60
13.2. Reglamentos y normas.....	61
3.1. Normas a seguir	62
13.3. Materiales.....	63
13.4. Recepción del material.....	63
13.5. Organización	64
13.6. Ejecución de las obras	65
13.6.1. Comprobación del replanteo	65
13.6.2. Programa de trabajo.....	65
13.6.3. Comienzo	66
13.6.4. Plazo de ejecución	66
13.6.5. Variaciones del Proyecto.....	66
13.6.6. Obras complementarias	66
13.7. Modificaciones.....	66
13.8. Medios auxiliares.....	67
13.9. Recepción provisional	67
13.10. Plazo de garantía	67
13.11. Contrato.....	68
13.11.1. Fianza.....	68
13.12. Responsabilidades	69
13.12.1. Penalizaciones por retrasos	69
13.12.2. Medidas de seguridad	70
13.12.3. Responsabilidad por daños	70
13.13. Rescisión del contrato	71



13. PLIEGO DE CONDICIONES

13.1. Condiciones generales

El presente pliego de condiciones tiene por objeto definir el lugar donde se realice la obra, en nuestro caso la propia embarcación, el alcance del trabajo y la ejecución en un marco de calidad.

Determinar los requisitos a los que se debe de ajustar la ejecución de la instalación.

La empresa encargada de la obra está obligada al cumplimiento de la reglamentación del trabajo correspondiente, la contratación de un seguro obligatorio, seguro de enfermedad y todas aquellas reglamentaciones de carácter social vigentes o que en lo sucesivo se dicten.

Mandos:

- **Supervisor:** El contratista dispondrá a pie de obra de un técnico cualificado, quien ejercerá como Supervisor de la obra, controlará y organizará los trabajos objeto del contrato siendo el Interlocutor válido frente a la propiedad.
- **Personal:** La empresa encargada de la obra tendrá en la obra, el número y clase de operarios que hagan falta para el volumen y naturaleza de los trabajos que se realicen, los cuales serán de reconocida aptitud y experimentados en el oficio. La empresa encargada de la obra, estará obligado a separar de la obra a aquel personal que a juicio del Supervisor no cumpla con sus obligaciones o realice el trabajo defectuosamente, bien por falta de conocimientos o por obras de mala fe.

Responsabilidades:

- **Vigilancias:** El contratista será el único responsable de la vigilancia de los trabajos que tenga contratados hasta su entrega de la obra.



- **Limpieza:** El contratista mantendrá en todo momento el recinto de la obra libre de acumulación de materiales de desecho, desperdicios o escombros debiendo retirarlos a medida que estos se produzcan. El contratista estará obligado a eliminar adecuadamente y por su cuenta en un vertedero autorizado y/o punto limpio los desechos que se produzcan durante los trabajos a ejecutar. Al finalizar el periodo laboral, cada día deberá dejarse el puesto y las zonas de trabajo libre de herramientas, materiales y residuos. Al finalizar la obra, esta se entregará completamente limpia, libre de herramientas andamiajes y materiales sobrantes. Será por cuenta del contratista el suministro, la distribución y el consumo de todas las energías y fluidos provisionales que sean necesarios para el correcto y normal desarrollo de los trabajos objeto de su oferta.
- **Subcontratación:** El contratista podrá subcontratar parcialmente las obras contratadas; en todo caso el contratista no responderá ante la dirección facultativa de obra y la propiedad de la labor de sus subcontratistas como si fuese labor propia. La propiedad podrá recusar antes la contratación, cualquiera de las subcontratas que el subcontratista tenga previsto utilizar, teniendo este la obligación de presentar empresas autorizadas como alternativas. Durante la ejecución de las obras, el Supervisor podrá recusar a cualquiera de los subcontratistas que no realice las obras adecuadamente, tanto en calidad como en plazo, lo que notificará por escrito al Contratista.

13.2. Reglamentos y normas

Todas las unidades de obra se ejecutarán cumpliendo las prescripciones indicadas en los reglamentos de seguridad y normas técnicas de obligado cumplimiento para este tipo de instalación, tanto de ámbito internacional, como nacional o autonómico, así como todas las otras que se establezcan en la memoria descriptiva del mismo.



3.1. Normas a seguir

Las obras a realizar estarán de acuerdo y se guiarán por las siguientes normas además de lo descrito en este pliego de condiciones:

- Reglamentación General de Contratación según Decreto 3410/75, del 25 de Noviembre.
- Ley 31/1995 de 8 de noviembre de Prevención de Riesgos Laborales.
- R. D. 1627/1997 de 24 de octubre de 1997 sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción. (BOE de 2 de octubre de 1997).
- Disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo (R. D. 485/1997 de 14 de abril, B.O.E. de 23 de abril de 1997).
- Artículo 1588 y siguientes del Código Civil, en los casos en que sea procedente su aplicación al contrato de obra sinalagmático que se trate.
- Ordenanzas Generales de Seguridad e Higiene en el Trabajo, aprobada por la Orden del 9/3/71 del Ministerio de Trabajo.
- Normas UNE de obligatorio cumplimiento publicadas por el instituto de Racionalización y Normalización.
- Plan Nacional y Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el trabajo.
- Normas de montaje de la compañía suministradora de los materiales.
- Real Decreto 842/2002, de 2 de Agosto, por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (REBT).



- UNE-HD 60364-7-709:A11:2017, instalaciones eléctricas de baja tensión. Parte 7-709: Requisitos para instalaciones o emplazamientos especiales. Marinas y emplazamientos análogos.

Se adaptarán además a las presentes condiciones particulares que completan las indicadas por los reglamentos y normas citadas.

13.3. Materiales

Todos los materiales empleados serán de calidad con marcado CE. Cumplirán las especificaciones y tendrán las características indicadas en el proyecto y en las normas técnicas generales, así como todas las relativas a la conservación de los mismos atendiendo a las particularidades de un medio hostil como es el marino.

Toda especificación o característica de materiales que figuren en cualquier documento del proyecto. En caso de existir contradicción u omisión en los documentos del proyecto, aun sin figurar en los restantes es igualmente obligatoria.

En caso de existir contradicción u omisión en los documentos del proyecto, el taller que realizará las obras tendrá la obligación de ponerlo de manifiesto al Supervisor, quien decidirá sobre el particular. En ningún caso podrá suplir la falta directamente y por decisión propia sin la autorización expresa.

13.4. Recepción del material

El Supervisor de la obra, de acuerdo con la empresa encargada de la obra, dará a su debido tiempo su aprobación sobre el material suministrado y confirmará que permite una instalación correcta. La vigilancia y conservación del material suministrado será por cuenta de la empresa encargada de la obra.

Control de calidad:

De acuerdo a la legislación vigente. El control de calidad comprenderá los siguientes aspectos:

- Control de materias primas.



- Control de equipos o materiales suministrados a obra.
- Calidad de ejecución de las obras (construcción y montaje).
- Calidad de la obra terminada (inspección y pruebas).

Una vez adjudicada la oferta el contratista enviara a la dirección facultativa el Programa Garantía de Calidad de la obra, donde figuran los materiales y su ficha de seguridad, conformidad.

Todos los materiales deberán ser, como mínimo, de la calidad y características exigidas en los documentos del proyecto.

Si se detectase que algún material o unidad de obra no cumple con los requisitos de calidad exigidos, se podrá exigir al contratista la demolición y posterior reconstrucción. Todos los costes derivados de estas tareas serán por cuenta del Contratista.

13.5. Organización

La empresa encargada de la obra actuará de patrono legal, aceptando todas las responsabilidades que le correspondan y quedando obligado al pago de los salarios y cargas que legalmente están establecidas y en general, a todo cuanto legisle en decretos u órdenes sobre el particular ante o durante la ejecución de la obra.

Dentro de lo estipulado en el Pliego de Condiciones, la organización de la obra así como la determinación de la procedencia de los materiales que se empleen, estará a cargo de la empresa encargada de la obra a quien le corresponderá la responsabilidad de la seguridad contra accidentes.

La empresa encargada de la obra, sin embargo, deberá informar al Supervisor de todos los planes de organización técnica de la obra, así como de la procedencia de los materiales y cumplimentar cuantas órdenes de éste en relación con datos extremos.

Para los contratos de trabajo, compra de material o alquiler de elementos auxiliares que la empresa encargada de la obra considere oportuno llevar a



cabo y que no estén reflejados en el presente, solicitará la aprobación previa del Supervisor, corriendo a cuenta propia de la Empresa encargada de la obra; se no cumplirse este requisito no se retribuirá tales costos.

13.6. Ejecución de las obras

13.6.1. Comprobación del replanteo

En el plazo máximo de 15 días hábiles a partir de la adjudicación definitiva a la empresa encargada de la obra, se comprobara en presencia de técnicos y empresarios el replanteo de la obra, extendiéndose el correspondiente Acta de Comprobación del Reglamento.

Dicha acta, reflejará la conformidad del replanteo a los documentos contractuales, refiriéndose a cualquier punto, que en caso de disconformidad, pueda afectar al cumplimiento del contrato. Cuando el Acta refleje alguna variación respecto a los documentos contractuales del proyecto, deberá ser acompañada de un nuevo presupuesto valorado a los precios del contrato.

La empresa encargada de las obras presentará, al formalizarse el contrato, la relación de los precios de las unidades de obra que integren el proyecto, los cuales de ser aceptados tendrán valor contractual y se aplicarán a las posibles variaciones que pueda haber.

Estos precios unitarios, se entiende que comprenden la ejecución total de la unidad de obra, incluyendo todos los trabajos aún los complementarios y los materiales, así como la parte proporcional de imposición fiscal, las cargas laborales y otros gastos repercutibles.

13.6.2. Programa de trabajo

En el plazo de 15 días hábiles a partir de la adjudicación definitiva, la empresa encargada de la obra presentará el programa de trabajo de la obra.

Cuando del programa de trabajo se deduzca la necesidad de modificar cualquier condición contractual, dicho programa deberá ser redactado por la



empresa encargada de la obra y el Director de Obra, acompañándose la correspondiente modificación para su tramitación.

13.6.3. Comienzo

La empresa encargada de la obra estará obligada a notificar por escrito o personalmente de forma directa al Director de Obra la fecha de comienzo de los trabajos.

13.6.4. Plazo de ejecución

La obra se ejecutará en el plazo que se estipule en el contrato suscrito con la propiedad o en su defecto en las condiciones que se especifiquen en este pliego.

13.6.5. Variaciones del Proyecto

No se consideran como variaciones del proyecto más que aquellas que hayan sido ordenadas expresamente por el Director de Obra sin variación del importe contratado.

13.6.6. Obras complementarias

El Taller tiene la obligación de realizar todas las obras complementarias que sean indispensables para ejecutar cualquiera de las unidades de obra específicas en cualquiera de los documentos del proyecto, aunque en el mismo no figuren explícitamente mencionadas dichas complementarias, todo ello son variación del importe contratado.

13.7. Modificaciones

El contratista está capacitado para introducir las modificaciones que considere oportunas de acuerdo a su criterio, en cualquier unidad de obra, durante la construcción, siempre que cumpla las condiciones técnicas referidas al proyecto y de modo que no varíe el importe total de la obra. La empresa encargada de la obra no podrá, en ninguna circunstancia, hacer alteración alguna de las partes del proyecto sin autorización expresa del Supervisor.



Tendrá obligación de deshacer toda clase de obra que no se ajuste a las condiciones expresadas en este documento.

13.8. Medios auxiliares

Serán por cuenta de la empresa todos los medios y maquinarias auxiliares que sean necesarias para la ejecución de la Obra. En el uso de los mismos, estará obligado a cumplir todos los Reglamentos de Seguridad e Higiene en el trabajo vigentes y a utilizar los medios de protección adecuados para sus operarios.

En el caso de rescisión por incumplimiento de contrato por parte de la empresa, podrán ser utilizados libre y gratuitamente por la dirección de obra hasta la finalización de los trabajos.

En cualquier caso, todos los medios auxiliares quedarán en propiedad de la empresa una vez finalizada la obra, pero no tendrá derecho a reclamación alguna por desperfectos a que en su caso haya dado lugar.

13.9. Recepción provisional

Una vez terminadas las obras, tendrá lugar la recepción provisional y para ello se practicará en ellas un detenido reconocimiento por el Supervisor y la Propiedad en presencia de la empresa encargada de la obra, levantando acta y empezando a correr desde ese día el plazo de garantía si se hallan en estado de ser admitidas. De no ser admitidas, se hará constar en el acta y se darán instrucciones a la empresa encargada de la obra para subsanar los defectos observados, fijándose un plazo para ello, expirando el cual se procederá a un nuevo reconocimiento a fin de proceder a la recepción provisional, sin que esto suponga gasto alguno para la propiedad.

13.10. Plazo de garantía

El plazo de garantía será como mínimo de un año, contando de la fecha de la recepción provisional, o bien el que establezca el contrato también contado desde la misma fecha. Durante este periodo, queda a cargo de la empresa la conservación de las obras y arreglos de desperfectos derivados de una mala construcción o ejecución de la instalación.



13.11. Contrato

El contrato se formalizará mediante contrato privado, que podrá elevarse a escritura pública a petición de cualquiera de las partes. Comprenderá la adquisición de todos los materiales, transporte, mano de obra, medios auxiliares para la ejecución de la obra proyectada en el plazo estipulado así como la reconstrucción de las unidades defectuosas, la realización de las obras complementarias y las derivadas de las modificaciones que se introduzcan durante la ejecución, estas últimas en los términos previstos.

La totalidad de los documentos que componen el proyecto técnico de la obra serán incorporados al contrato y tanto la empresa encargada de la obra como el propietario deberán firmarlos en testimonio de que los conocen y aceptan.

En el contrato se deberá fijar detalladamente la forma y plazos en que se abonarán las obras realizadas. Las liquidaciones parciales que puedan establecerse tendrán carácter de documentos provisionales a buena cuenta, sujetos a las certificaciones que resulten de la liquidación final. No suponiendo, dichas liquidaciones, aprobación ni recepción de las obras que comprenden.

Terminadas las obras se procederá a la liquidación final que se efectuará de acuerdo con los criterios establecidos en el contrato.

13.11.1. Fianza

En el contrato se establecerá la fianza que la empresa encargada de la obra deberá depositar en garantía del cumplimiento del mismo, o se convendrá una retención sobre los pagos realizados a cuenta de la obra realizada.

De no estipularse la fianza en el contrato, se entiende que se adoptará como garantía una retención del 5% sobre los pagos a cuenta citados.

En el caso de que la empresa encargada de la obra se negase a realizar por su cuenta los trabajos por ultimar la obra en las condiciones contratadas o atender la garantía, la propiedad podrá ordenar ejecutarlas a un tercero, abonando su importe con cargo a la retención o fianza, sin perjuicio de las acciones legales a que tenga derecho la propiedad si el importe de la fianza no bastase.



La fianza retenida se abonará a la empresa encargada de la obra en un plazo no superior a treinta días, una vez firmada el acta de recepción definitiva de la obra.

13.12. Responsabilidades

La empresa encargada de la obra elegida será el responsable de la ejecución de las obras en las condiciones establecidas del proyecto y en el contrato. Como consecuencia de ello, vendrá obligado a la desinstalación de las partes mal ejecutadas y a su reinstalación correcta, sin que sirva de excusa que el Director de Obra haya examinado y reconocido las obras. La empresa encargada de la obra es el único responsable de todas las contravenciones que se cometan (incluyendo su personal) durante la ejecución de las obras u operaciones relacionadas con las mismas. También es responsable de los accidentes o daños que, por errores, inexperiencia o empleo de métodos inadecuados, se produzcan a la propiedad, a los vecinos o terceros en general.

La empresa encargada de la obra es el único responsable del incumplimiento de las disposiciones vigentes en materia laboral respecto su personal y por lo tanto, de los accidentes que puedan sobrevenir y de los derechos que puedan derivarse de ellos.

13.12.1. Penalizaciones por retrasos

Por retrasos en los plazos de entrega de las obra, se podrán establecer tablas de penalización cuyas cuantías y demoras se fijarán en el contrato.

Al encargarse el trabajo, se fijará por ambas partes, el programa con la fecha de inicio y de finalización. La empresa encargada de la obra pondrá los medios necesarios para ello, que deberán ser aceptados por la propiedad.

Solo se considerarán demoras excusables los retrasos o interrupciones imputables a causas de fuerza mayor, tales como huelgas generales, catástrofes naturales etc.

En el caso de que la empresa incurra en demoras no excusables, le serán aplicadas las siguientes sanciones:



Por retraso en la incorporación del personal y otros medios necesarios para la finalización del trabajo: desde un 1% hasta un máximo de 5% por día de retraso.

Por retraso en la finalización de los trabajos o retrasos en los trabajos intermedios que expresamente se indiquen: desde un 1% de la facturación de estos encargos con un tope de un 5% por cada día de retraso.

Estas cuantías podrán, ser cobradas a la finalización de las obras, bien ser descontadas de la liquidación final.

13.12.2. Medidas de seguridad

El Taller deberá cumplir en todo momento las leyes y regulaciones relativas a seguridad e higiene en el trabajo. El incumplimiento de éstas, será objeto de sanción, siguiendo las especificaciones redactadas en el contrato, donde vendrán reflejadas las distintas cuantías en función de la falta detectada.

13.12.3. Responsabilidad por daños

La propiedad tiene concertada una póliza de responsabilidad civil por daños causados a terceros, en el que figura la empresa encargada de la obra como asegurado. Este seguro garantiza la responsabilidad civil de los daños causados accidentalmente a terceros con motivo de las obras.

En dicha póliza queda garantizada la responsabilidad civil que pueda serle exigida la empresa encargada de la obra por daños físicos y materiales causados a terceros por los empleados del mismo.

Queda no obstante excluida toda prestación que deba ser objeto del seguro obligatorio de accidentes de trabajo y enfermedades profesionales de la Seguridad Social, a los cuales, en ningún caso, esta póliza podrá sustituir o complementar.

Igualmente quedan excluidas las sanciones de cualquier tipo, tanto las multas, como los recargos en las indemnizaciones exigidas por la legislación laboral.



13.13. Rescisión del contrato

Se consideran causas suficientes para la rescisión del contrato las siguientes:

1. Quiebra de la empresa encargada de la obra.
2. Modificación del Proyecto con una alteración de más de un 25% del mismo.
3. Modificación de las unidades de obra sin autorización previa.
4. Suspensión de las obras ya iniciadas.
5. Incumplimiento de las condiciones del contrato cuando fue de mala fe.
6. Terminación del plazo de ejecución de la obra sin haberse llegado a completar esta.
7. Actuación de mala fe en la ejecución de los trabajos.
8. Destajar o subcontratar la totalidad o parte de la obra a terceros sin autorización del Director de Obra y del Propietario.

Siempre que se rescinda el contrato por las causas anteriormente expuestas, o bien por el acuerdo de ambas partes, se abonarán a la empresa encargada de la obra las unidades de obra ejecutadas y los materiales acopiados a pie de obra y que reúnan las condiciones y sean necesarios para la misma.

Cuando se rescinda el contrato, llevará implícito la retención de la fianza para obtener los posibles gastos de conservación, el periodo de garantía y los derivados del mantenimiento hasta la fecha de la nueva adjudicación.

PROPULSIÓN CON ENERGÍAS ALTERNATIVAS SOLAR Y EÓLICA POR ROTOR VERTICAL

PRESUPUESTO

GRADO EN TECNOLOGÍAS MARINAS

ENERGÍA Y PROPULSIÓN

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA Y MÁQUINAS

FECHA: SEPTIEMBRE – 2018

AUTOR: José Manuel Marqués Fernández

Fdo.:



ÍNDICE PRESUPUESTO

Páginas

14. PRESUPUESTO	72-73
-----------------------	-------



14. PRESUPUESTO

COMPONENTE	Uds	Precio Uds	Precio pedido
Panel Ecosolar 250W policristalino 60 Celulas	4	250	1000
Regulador Ecosolar MPPT 40 A 12/24/48 con pantalla	1	196	196
Cable fotovoltaico Topsolar PV ZZ 4mm ² 25 m	1	55	55
Conectores MC4 dobles en rama (M+H)	2	8,69	17,38
Conectores MC4 5 pares (M+H)	kit	9,99	9,99
Sikaflex-11FC+	3	8,91	26,73
<hr/>			
SAVONIUS JP8VAWT, controller 12/24VDC, rodamiento con soporte FL36204,			
Generador FT100-S AC SINCRONO 100W 12 V/24 V DC	kit	126	126
Tekka 10x38, gG 120 kA, 32 A, portafusible Schneider 2p	kit	15,8	15,8
Tekka 10x38, gG 120 kA, 10 A, portafusible Schneider 1p	kit	3,67	3,67
Varistor DS220-24DC, regleta DIN	2	37,76	75,52
			0
Cable eléctrico 1x(3 x 2,5) 10 metros	1	12,3	12,3
Cable Neo-Flex DN-F 35 mm ² , 5 m	1	25	25
Cable Neo-Flex DN-F 10mm ² , 5 m	1	12	12
Bloque diferencial Vigi iC60	1	267,16	267,16
IA magnetotermico iC60N	1	72,9	72,9
Fusible DIN 0 DF2GN1121 gG 125 A	2	36,32	72,64
Interrruptor aislamiento con fusibles GS2L3 125 A DC	1	320,87	320,87
Victron Multiplus C24/2000/50	1	1073,7	1073,7
Polea SPZ85-03, casquillo máximo 30 mm		12,69	0
Correa poly V3 SPZ	1	9,7	9,7
Embrague KEB COMBINORM T07 03110	1	167	167
Python Drive P30-R	1	658	658
TROJAN J185HG-AC	6	369,89	2219,34
Tornilleria, anclajes, sujecciones, bridas		30	30
	13		
Mano de obra (dos operarios, un dia)	€/h	208	208
Motor and controller CPM110-MKII refrigeracion por aire, soporte motor, eje motor con adaptador de 25 mm, joystick, panel display Aquapella	kit	3750	3750



<hr/>			
TOTAL sin I.V.A		10424,70	€
<hr/>			
Gastos Generales	6%	625,48	€
<hr/>			
Beneficio industrial	13%	1355,21	€
<hr/>			
TOTAL EJECUCION POR CONTRATA		12405,39	€
<hr/>			
TOTAL con I.V.A (21%)	_	15010,53	€

Asciende el presupuesto proyectado, a la expresada cantidad de: 15010,53 €, quince mil diez euros con cincuenta y tres euros.

Firmas de:

La propiedad

La dirección técnica

La constructora

Fdo:

Fdo:

Fdo:

PROPULSIÓN CON ENERGÍAS ALTERNATIVAS SOLAR Y EÓLICA POR ROTOR VERTICAL

PLANOS

GRADO EN TECNOLOGÍAS MARINAS

ENERGÍA Y PROPULSIÓN

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA Y MÁQUINAS

FECHA: SEPTIEMBRE – 2018

AUTOR: José Manuel Marqués Fernández

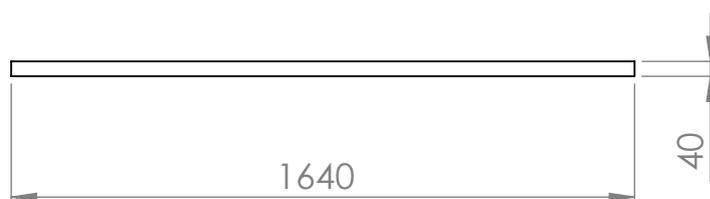
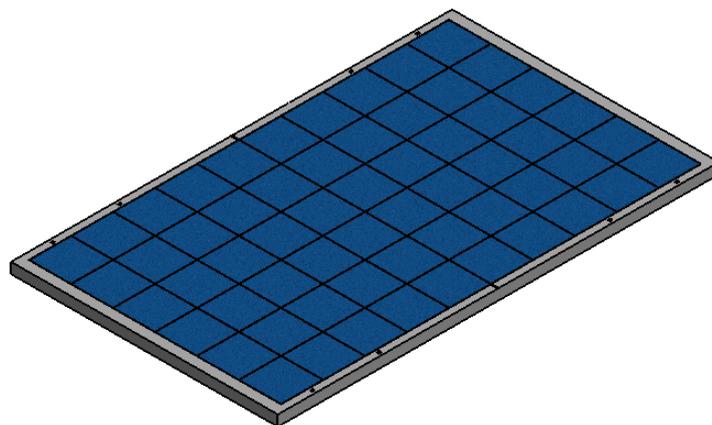
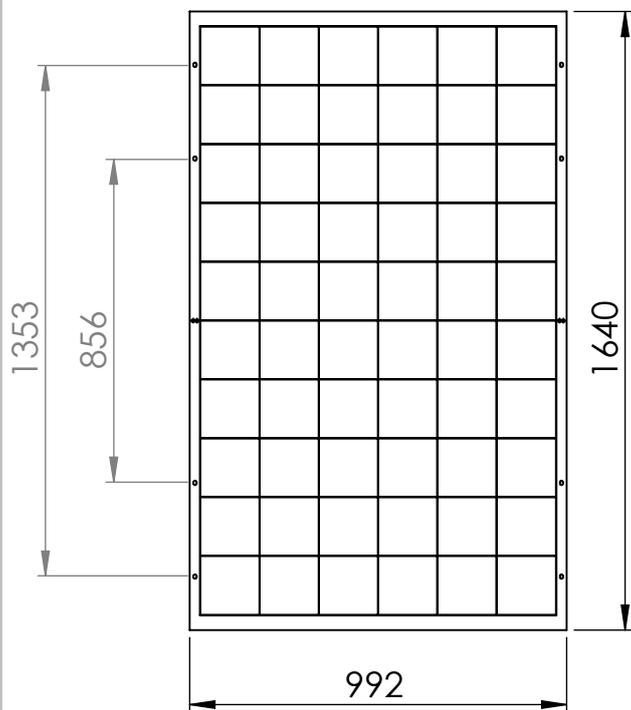
Fdo.:



ÍNDICE

Páginas

Panel fotovoltaico	74
Turbina JP8WAVT.....	75
Plano montaje	76
Soporte FL36204.....	77
Soporte VAWT	78
Rodamiento 6204	79
Engranaje generador.....	80
Engranaje multiplicador VAWT.....	81
Generador eolico.....	82



E.T.S. DE NÁUTICA Y MÁQUINAS

TECNOLOGÍAS MARINAS - ENERGÍA Y PROPULSIÓN

TRABAJO FIN DE GRADO:

TFG/GTM/E- -18

TÍTULO TRABAJO FIN DE GRADO:

PROPULSION CON ENERGIAS ALTERNATIVAS SOLAR Y EOLICA POR ROTOR VERTICAL

TÍTULO DEL PLANO:

PANEL FOTOVOLTAICO

FECHA: **08-08-2018**

ESCALA: 1:20

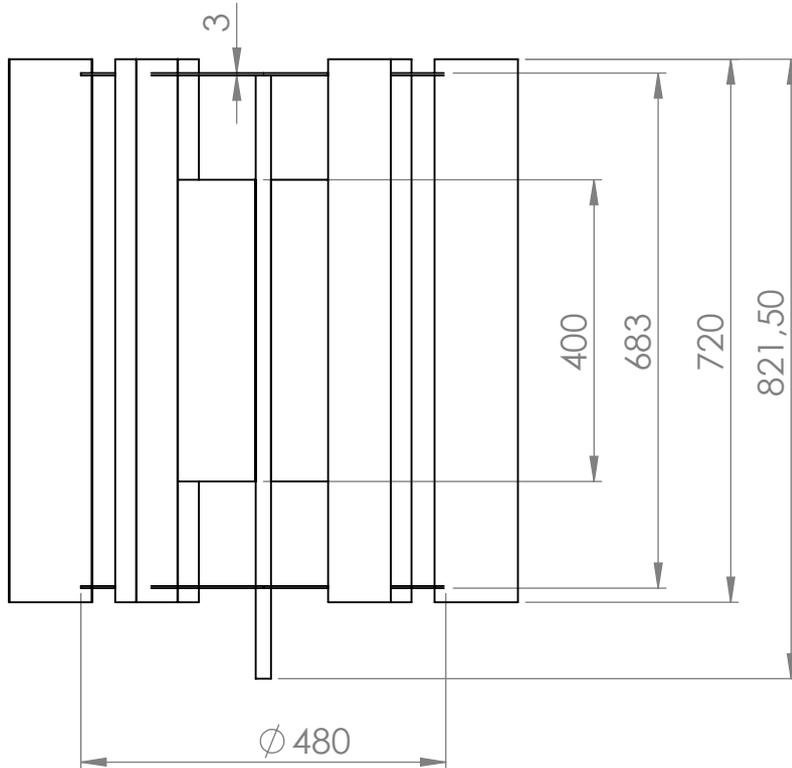
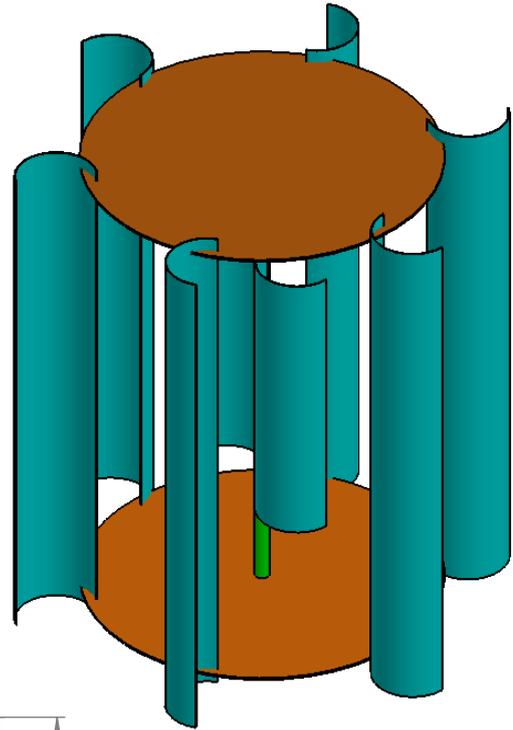
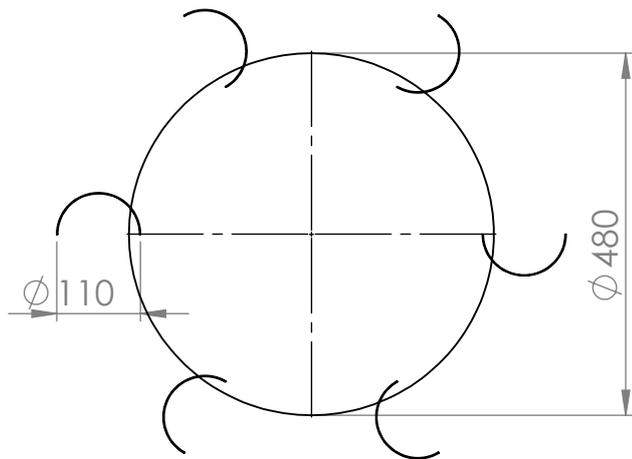
AUTOR:

JOSÉ MANUEL MARQUÉS FERNANDEZ

FIRMA:

PLANO Nº:

1



E.T.S. DE NÁUTICA Y MÁQUINAS

TECNOLOGÍAS MARINAS - ENERGÍA Y PROPULSIÓN

TRABAJO FIN DE GRADO:

TFG/GTM/E- -18

TÍTULO TRABAJO FIN DE GRADO:

PROPULSION CON ENERGIAS ALTERNATIVAS SOLAR Y EOLICA POR ROTOR VERTICAL

TÍTULO DEL PLANO:

TURBINA JP8VAWT

FECHA: **08-08-2018**

ESCALA: 1:10

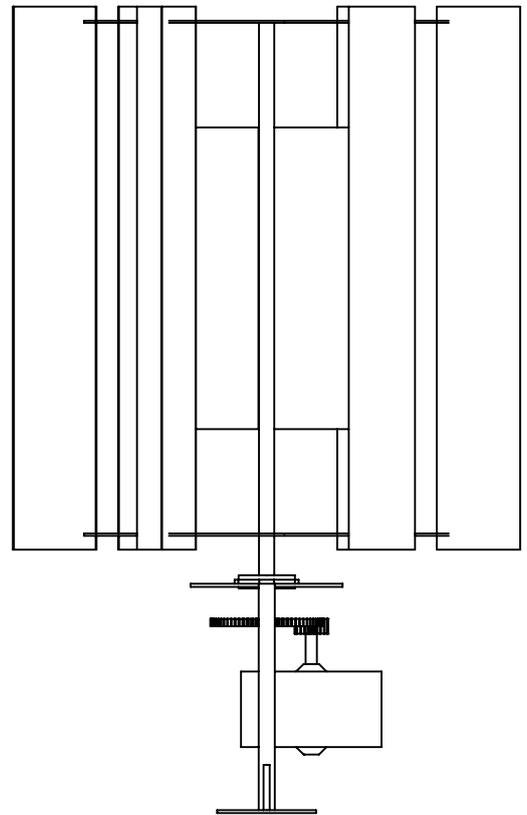
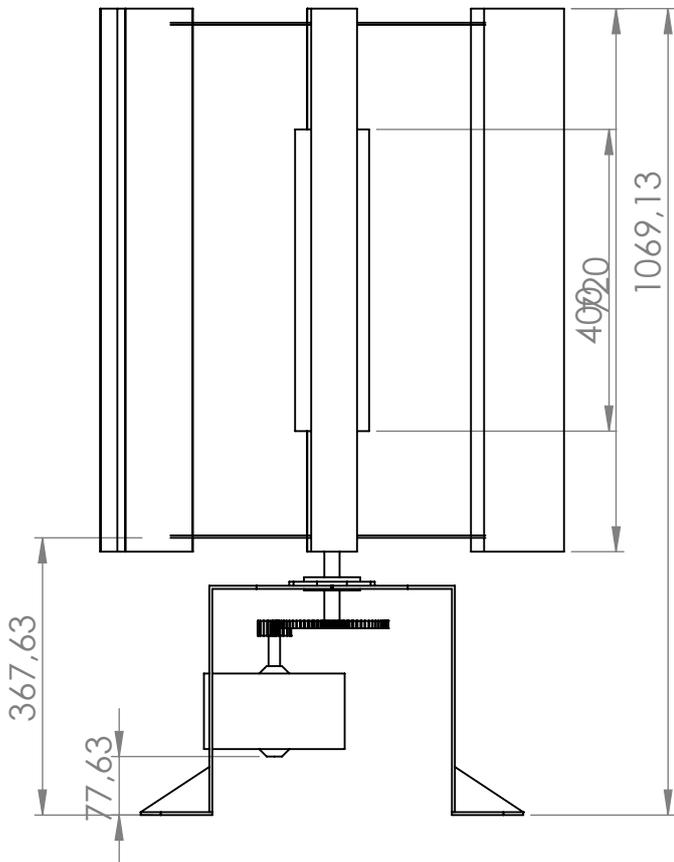
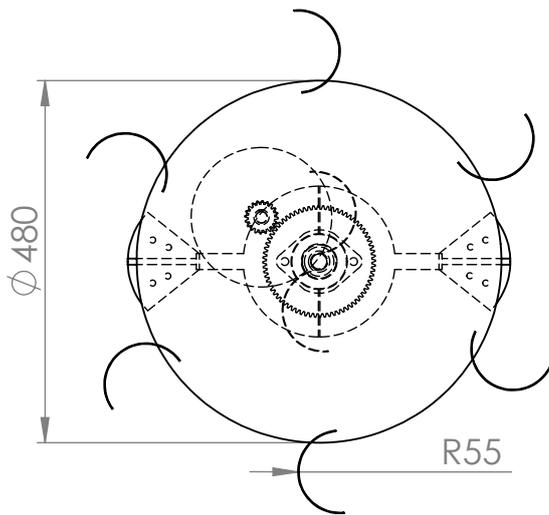
AUTOR:

JOSÉ MANUEL MARQUÉS FERNANDEZ

FIRMA:

PLANO Nº:

2



E.T.S. DE NÁUTICA Y MÁQUINAS

TECNOLOGÍAS MARINAS - ENERGÍA Y PROPULSIÓN

TRABAJO FIN DE GRADO:

TFG/GTM/E- -18

TÍTULO TRABAJO FIN DE GRADO:

PROPULSION CON ENERGIAS ALTERNATIVAS SOLAR Y EOLICA POR ROTOR VERTICAL

TÍTULO DEL PLANO:

PLANO MONTAJE

FECHA: **08-08-2018**

ESCALA: 1:10

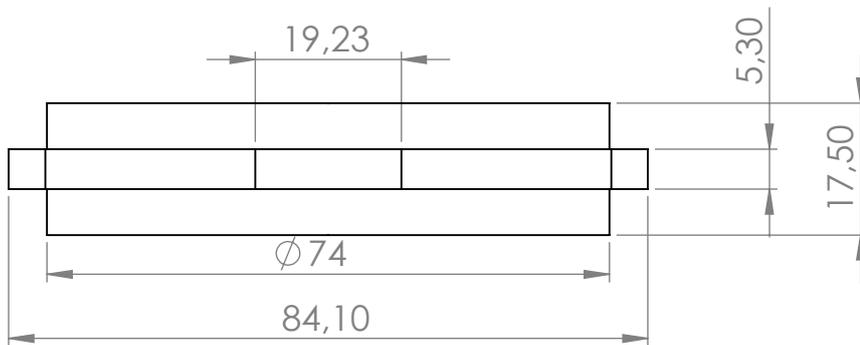
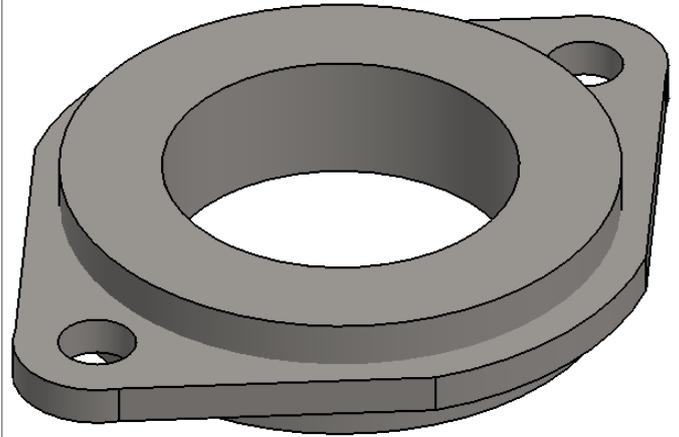
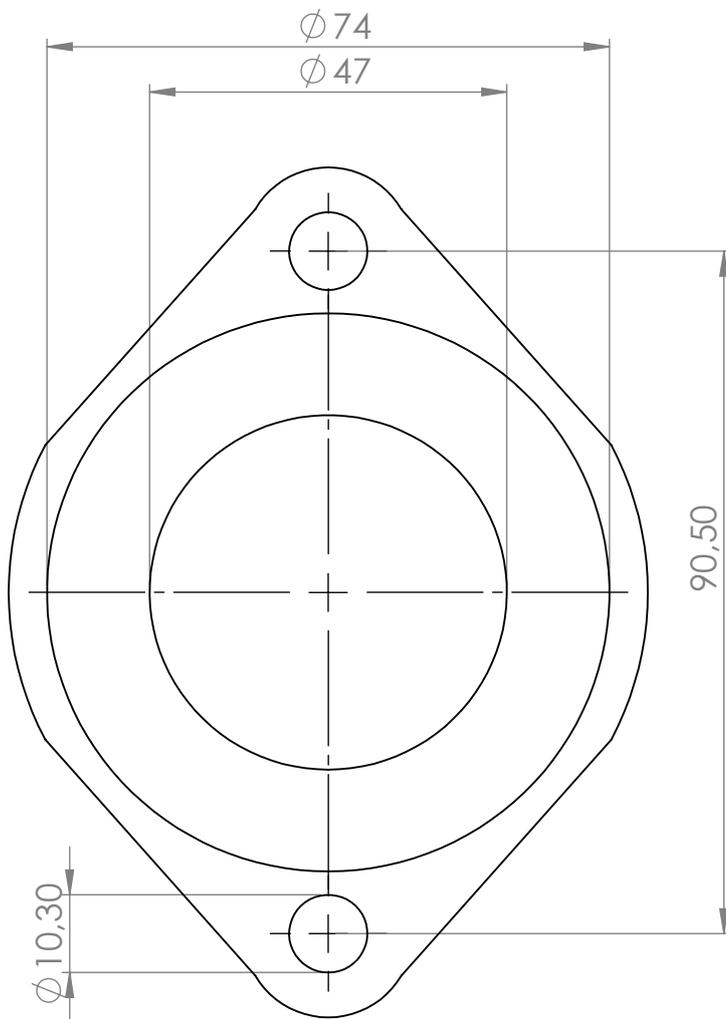
AUTOR:

JOSÉ MANUEL MARQUÉS FERNANDEZ

FIRMA:

PLANO Nº:

2.1



E.T.S. DE NÁUTICA Y MÁQUINAS

TECNOLOGÍAS MARINAS - ENERGÍA Y PROPULSIÓN

TRABAJO FIN DE GRADO:

TFG/GTM/E- -18

TÍTULO TRABAJO FIN DE GRADO:

PROPULSION CON ENERGIAS ALTERNATIVAS SOLAR Y EOLICA POR ROTOR VERTICAL

TÍTULO DEL PLANO:

SOPORTE FL36204

FECHA: **08-08-2018**

ESCALA: 1:1

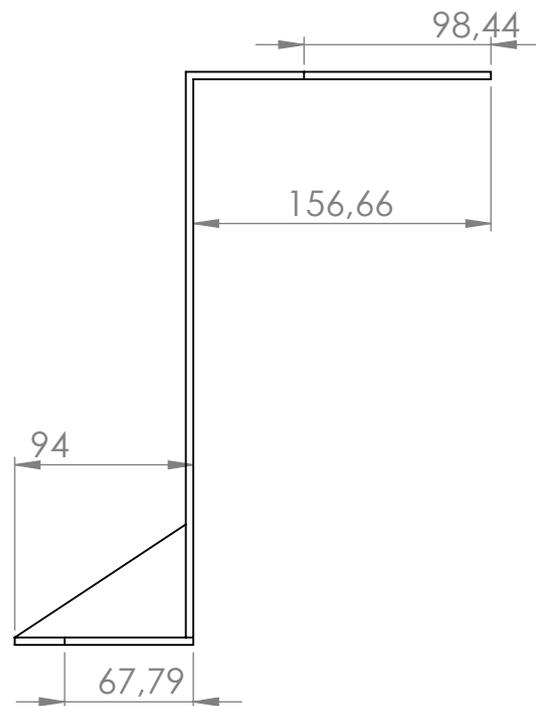
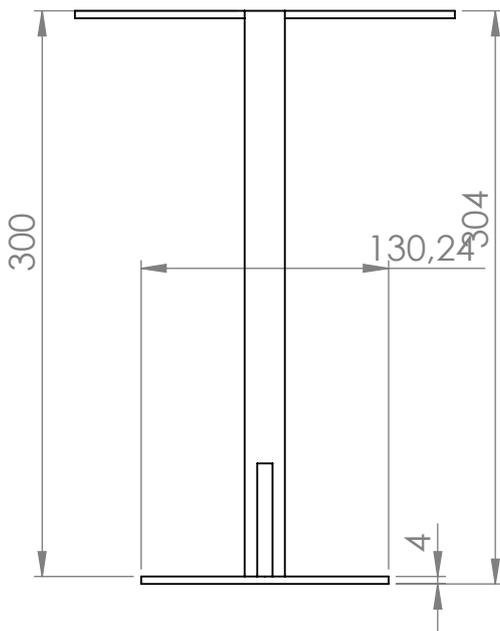
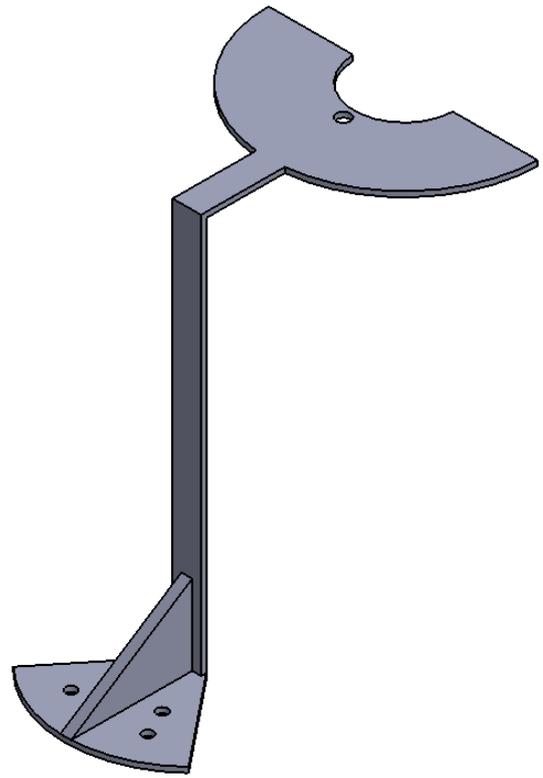
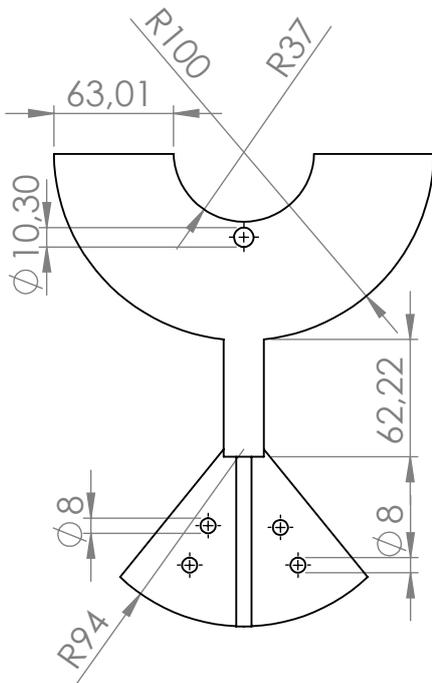
AUTOR:

JOSÉ MANUEL MARQUÉS FERNANDEZ

FIRMA:

PLANO Nº:

3



E.T.S. DE NÁUTICA Y MÁQUINAS

TECNOLOGÍAS MARINAS - ENERGÍA Y PROPULSIÓN

TRABAJO FIN DE GRADO:

TFG/GTM/E- -18

TÍTULO TRABAJO FIN DE GRADO:

PROPULSION CON ENERGIAS ALTERNATIVAS SOLAR Y EOLICA POR ROTOR VERTICAL

TÍTULO DEL PLANO:

SOPORTE VAWT

FECHA: **08-08-2018**

ESCALA: 1:4

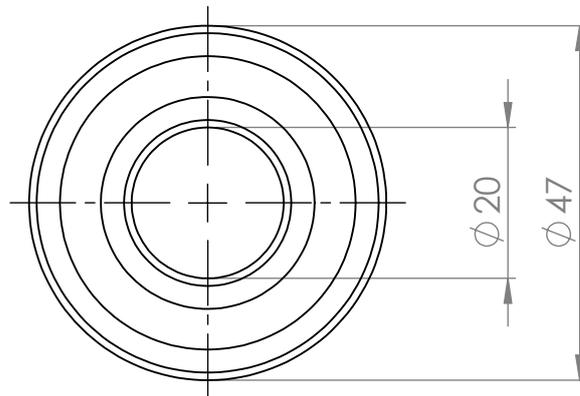
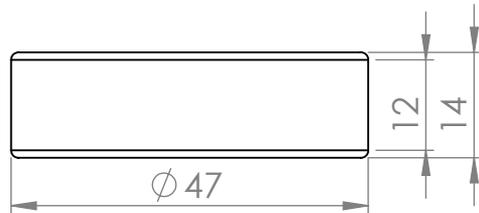
AUTOR:

JOSÉ MANUEL MARQUÉS FERNANDEZ

FIRMA:

PLANO Nº:

4



E.T.S. DE NÁUTICA Y MÁQUINAS

TECNOLOGÍAS MARINAS - ENERGÍA Y PROPULSIÓN

TRABAJO FIN DE GRADO:

TFG/GTM/E- -18

TÍTULO TRABAJO FIN DE GRADO:

PROPULSION CON ENERGIAS ALTERNATIVAS SOLAR Y EOLICA POR ROTOR VERTICAL

TÍTULO DEL PLANO:

RODAMIENTO 6204

FECHA: **08-08-2018**

ESCALA: 1:1

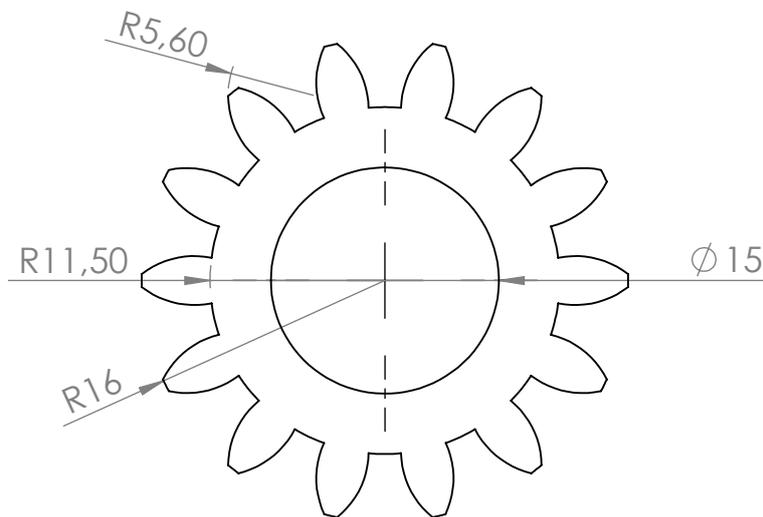
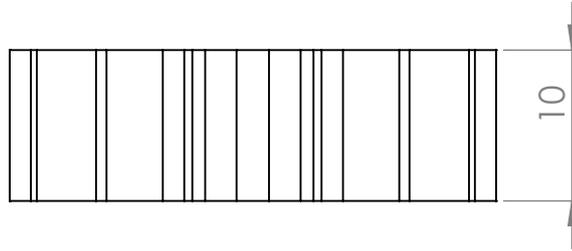
AUTOR:

JOSÉ MANUEL MARQUÉS FERNANDEZ

FIRMA:

PLANO Nº:

5



E.T.S. DE NÁUTICA Y MÁQUINAS

TECNOLOGÍAS MARINAS - ENERGÍA Y PROPULSIÓN

TRABAJO FIN DE GRADO:

TFG/GTM/E- -18

TÍTULO TRABAJO FIN DE GRADO:

PROPULSION CON ENERGIAS ALTERNATIVAS SOLAR Y EOLICA POR ROTOR VERTICAL

TÍTULO DEL PLANO:

ENGRANAJE GENERADOR

FECHA: **08-08-2018**

ESCALA: **2:1**

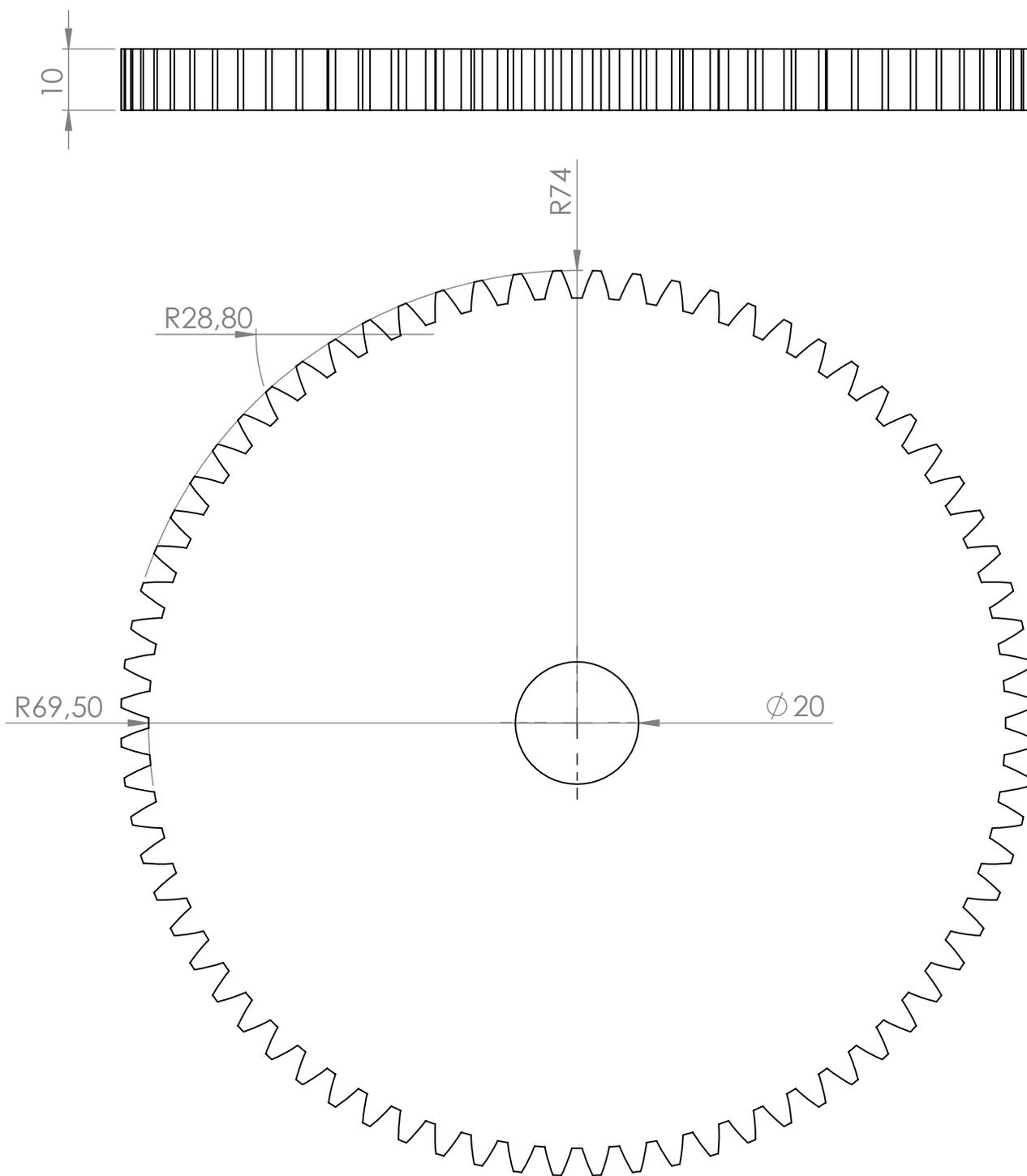
AUTOR:

JOSÉ MANUEL MARQUÉS FERNANDEZ

FIRMA:

PLANO Nº:

6



E.T.S. DE NÁUTICA Y MÁQUINAS

TECNOLOGÍAS MARINAS - ENERGÍA Y PROPULSIÓN

TRABAJO FIN DE GRADO:

TFG/GTM/E- -18

TÍTULO TRABAJO FIN DE GRADO:

PROPULSION CON ENERGIAS ALTERNATIVAS SOLAR Y EOLICA POR ROTOR VERTICAL

TÍTULO DEL PLANO:

ENGRANAJE MULTIPLICADOR VAWT

FECHA: **08-08-2018**

ESCALA: 1:1

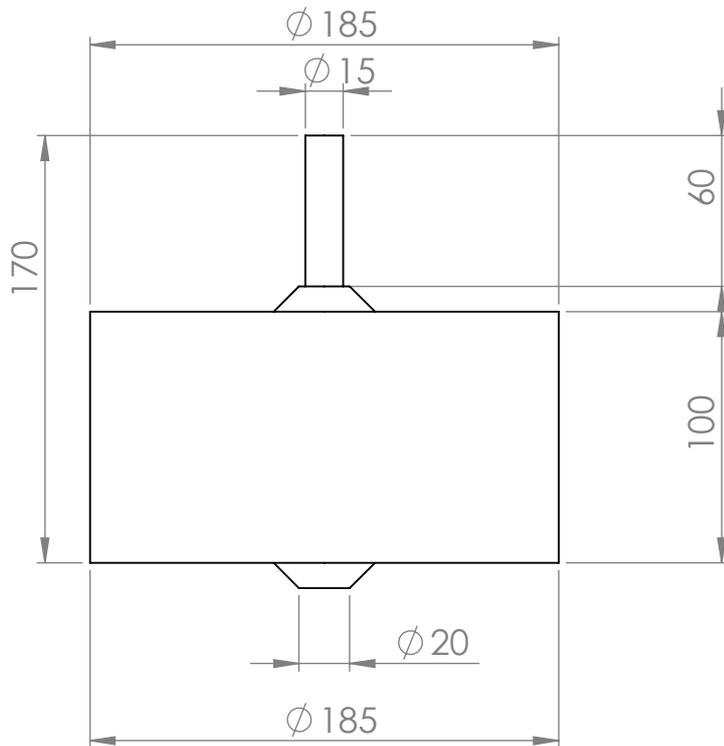
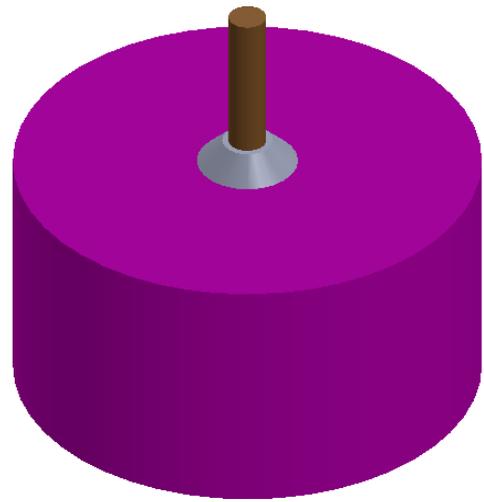
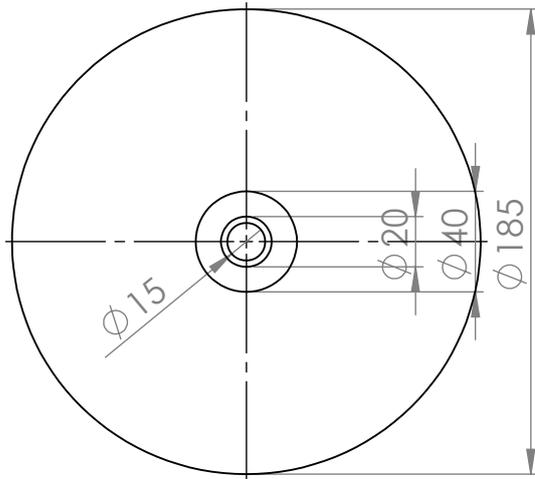
AUTOR:

JOSÉ MANUEL MARQUÉS FERNANDEZ

FIRMA:

PLANO Nº:

7



E.T.S. DE NÁUTICA Y MÁQUINAS

TECNOLOGÍAS MARINAS - ENERGÍA Y PROPULSIÓN

TRABAJO FIN DE GRADO:

TFG/GTM/E- -18

TÍTULO TRABAJO FIN DE GRADO:

PROPULSION CON ENERGIAS ALTERNATIVAS SOLAR Y EOLICA POR ROTOR VERTICAL

TÍTULO DEL PLANO:

GENERADOR EOLICO

FECHA: **08-08-20018**

ESCALA: 1:3

AUTOR:

JOSÉ MANUEL MARQUÉS FERNANDEZ

FIRMA:

PLANO Nº:

8