

ESCUELA DE INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIÓN Y ELECTRÓNICA



TRABAJO FIN DE GRADO

**MONITORIZACIÓN MEDIANTE SENSORES EN UNA INSTALACIÓN DE
ENERGÍAS RENOVABLES PARA EL ABASTECIMIENTO POR MEDIO DE
ENERGÍAS LIMPIAS EN UN CENTRO EDUCATIVO**

Titulación: Grado en Ingeniería en Tecnologías de la Telecomunicación

Mención: Sistemas Electrónicos

Autor: Víctor Alfonso Brito Ojeda

Tutora: Nieves Hernández González

Fecha: Junio de 2021

ESCUELA DE INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIÓN Y ELECTRÓNICA



TRABAJO FIN DE GRADO

MONITORIZACIÓN MEDIANTE SENSORES EN UNA INSTALACIÓN DE
ENERGÍAS RENOVABLES PARA EL ABASTECIMIENTO POR MEDIO DE
ENERGÍAS LIMPIAS EN UN CENTRO EDUCATIVO

HOJA DE EVALUACIÓN

Calificación: _____

Presidente

Fdo.:

Vocal

Secretario/a

Fdo.:

Fdo.:

Fecha: Junio de 2021

Agradecimientos

Quiero agradecer en primer lugar a mis padres y a mis hermanos, por toda la confianza y apoyo que han depositado en mí en cada uno de estos años, por formar parte de mis logros sin importar los kilómetros que nos separaban en los últimos años.

A todos y cada uno de mis familiares, por estar siempre con una sonrisa y enseñarme a disfrutar en familia.

A las personas que día a día han hecho que sintiera su tierra Gran Canaria como parte de mí, buscando siempre el mejor lugar para descubrir los secretos que esconde esta isla.

A mi tutora Nieves, por creer en mí y dejarme plasmar en este proyecto todas las ideas, sin su apoyo no habría sido posible la realización de este trabajo fin de grado.

Gracias.

Resumen

A medida que el mundo evoluciona, la demanda energética se va incrementando, y con ella, el uso de recursos fósiles. Actualmente el sistema de producción global está basado en su mayor parte en este recurso, pero cada vez son más las empresas que apuestan por un consumo energético responsable y de producción a partir de recursos limpios. Siendo las energías renovables un camino al que le queda mucha andadura por delante, sobre todo el consumo responsable y de impacto cero con el medio ambiente. La combinación de un sistema de producción energética y monitorización de dicha producción, se presenta como una de las ideas para el desarrollo de este trabajo, dando una solución que pueda contribuir a la expansión del cambio energético que se vive actualmente.

En este contexto, este proyecto desarrolla una plataforma de monitorización en tiempo real mediante diferentes sensores gestionados por diversos softwares. La producción de cada uno de los sistemas generadores de energía realiza una comparativa de valores reales con predicciones teóricas. Dichas predicciones son calculadas a partir de las condiciones del clima, mediante una estación meteorológica que facilita información para desarrollar dicha comparativa.

Estos datos serán visualizados en una plataforma de gestión de la información, donde se exponen una serie de comparativas entre la producción real y la teórica, midiendo la eficiencia del conjunto generador de energías. Dando de esta forma un valor añadido al desarrollo de una instalación energética convencional.

El sistema de monitorización se ha desarrollado garantizando la flexibilidad y la modularidad del conjunto, ya que está prevista su utilización en trabajos próximos como se expone en el capítulo de líneas de trabajo futuras.

Abstract

As the world evolves, energy demand is increasing and hence the use of fossil fuels to meet this growth. Currently, global production system is based mostly on this resource, but more and more companies are betting on responsible energy consumption and production from clean resources. Renewable energies have a long way ahead, especially regarding to responsible consumption with zero impact on the environment. Combination of an energy production system and monitoring of this production is presented as one of the key ideas to develop this work, giving a solution that can contribute to the current expansion of the energy change.

In this context, this project develops a real-time monitoring platform through different sensors, managed by various softwares, the production of each energy generator systems. In addition, it compares these real values with theoretical predictions. These predictions are calculated from the weather conditions, through a weather station that provides information to develop this comparison.

The monitoring system has been developed guaranteeing the flexibility and modularity of the whole, since it is planned to be used in future works as set out in the chapter about future lines of work.

These data will be visualized in an information management platform, where a series of comparisons between real and theoretical production are exposed, measuring the efficiency of the energy generator set. Thus, the feature developed for this work gives added value when included to a conventional renewable energy facility.

ÍNDICE GENERAL

MEMORIA.....	1
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 <i>Introducción.....</i>	2
1.2 <i>Estado del arte.....</i>	4
1.2.1 <i>Eólica.....</i>	6
1.2.2 <i>Fotovoltaica.....</i>	8
1.3 <i>Antecedentes.....</i>	10
1.4 <i>Objetivos.....</i>	11
1.5 <i>Peticionario.....</i>	12
1.6 <i>Medios materiales.....</i>	12
1.7 <i>Estructura del documento</i>	12
CAPÍTULO 2. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LOS SISTEMAS DE INTERCONEXIÓN ENTRE HARDWARE Y SOFTWARE	15
2.1 <i>Raspberry Pi 4.....</i>	16
2.2 <i>Sistema de interconexión Node-Red.....</i>	16
2.3 <i>Sistema de base de datos Influxdb</i>	17
2.4 <i>Sistema de visualización Grafana.....</i>	18
2.5 <i>Esquema general de interconexión entre hardware y software.....</i>	18
2.6 <i>Conclusión</i>	20
CAPÍTULO 3. DESCRIPCIÓN DEL CENTRO EDUCATIVO.....	21
3.1 <i>Descripción del Centro Educativo</i>	22
3.2 <i>Localización Geográfica.....</i>	23
3.3 <i>Requisitos Energéticos.....</i>	24
3.4 <i>Conclusión</i>	25
CAPÍTULO 4. DISEÑO DEL SISTEMA DE GENERACIÓN ENERGÉTICA	27
4.1 <i>Energía Solar Fotovoltaica.....</i>	28
4.1.1 <i>Monocristalinos.....</i>	28
4.1.2 <i>Policristalinos</i>	28
4.1.3 <i>Amorfo</i>	29
4.1.4 <i>Componentes principales.....</i>	29
4.2 <i>Energía Eólica</i>	29
4.2.1 <i>Tipo de eje.....</i>	30
4.2.2 <i>Número de palas</i>	31
4.2.3 <i>Potencia</i>	31
4.3 <i>Diseño del sistema de generación energética</i>	31
4.4 <i>Alternativa elegida</i>	32

4.4.1	Panel solar fotovoltaico.....	32
4.4.2	Aerogenerador	35
4.5	<i>Balance Energético</i>	37
4.6	<i>Conclusión</i>	39
CAPÍTULO 5.	SENSORES CAPTADORES DE INFORMACIÓN	41
5.1	<i>Protocolo Modbus</i>	42
5.2	<i>Estación Meteorológica</i>	43
5.3	<i>Sensores captadores</i>	44
5.4	<i>Conclusión</i>	46
CAPÍTULO 6.	PLATAFORMA DE GESTIÓN DE LA INFORMACIÓN	47
6.1	<i>Monitorización mediante Sensores</i>	48
6.1.1	Sensor Ocean	48
6.1.2	Sensores DCM230 Eastron	48
6.2	<i>Simulación</i>	53
6.3	<i>Panel de visualización</i>	57
6.4	<i>Conclusión</i>	63
CAPÍTULO 7.	CÁLCULO Y JUSTIFICACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DEL SISTEMA ENERGÉTICO	65
7.1	<i>Sistema Fotovoltaico</i>	66
7.2	<i>Sistema Eólico</i>	69
7.3	<i>Conclusión</i>	70
CAPÍTULO 8.	CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS.....	71
8.1	<i>Conclusiones</i>	72
8.2	<i>Líneas futuras</i>	73
8.2.1	Consumo energético	73
8.2.2	sistema de monitorización	73
	BIBLIOGRAFÍA.....	75
	PRESUPUESTO.....	79
1.1	<i>Recursos Software</i>	80
1.2	<i>Recursos Hardware</i>	80
1.3	<i>Recursos de captación de datos y producción energética</i>	80
1.4	<i>Recursos humanos</i>	81
1.5	<i>Total</i>	81
	PLIEGO DE CONDICIONES	83
1.1	<i>Raspberry Pi</i>	84
1.2	<i>Sensores</i>	84
1.3	<i>Paneles solares</i>	84
1.4	<i>Aerogenerador</i>	85

1.5	<i>Inversor</i>	85
1.5.1	<i>Sunny Boy 3.0</i>	85
1.5.2	<i>ABB small wind</i>	86
ANEXOS		87
ANEXO I.	RECURSOS RENOVABLES.....	88
1.1	<i>Recurso Eólico</i>	88
1.2	<i>Recurso Solar</i>	92
ANEXO II.	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	97
1.3	<i>Aerogenerador AEOLOS-V 3KW</i>	97
1.4	<i>Panel solar fotovoltaico SunPower Maxeon 3 – 400W</i>	98
1.5	<i>Inversor SUNNY BOY 3.0</i>	99
1.6	<i>Inversor ABB PVI-3.6-TL-OUTD-W</i>	100
1.7	<i>Eastron DCM230</i>	101
1.8	<i>Protocolo Modbus RTU</i>	105

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>FIGURA 1. INFORME ANUAL 2019 CENTRAL HIDROEÓLICA GORONA DEL VIENTO EL HIERRO.</i>	<i>3</i>
<i>FIGURA 2. POTENCIA ELÉCTRICA DE ORIGEN RENOVABLE INSTALADA EN CANARIAS AÑO 2019, DESGLOSADAS POR ISLAS.</i>	<i>5</i>
<i>FIGURA 3. POTENCIA EÓLICA INSTALADA A 2019. SISTEMA ELÉCTRICO NACIONAL POR CC. AA. (MW).</i>	<i>6</i>
<i>FIGURA 4. POTENCIA SOLAR FOTOVOLTAICA INSTALADA A 2019. SISTEMA ELÉCTRICO NACIONAL POR CC.AA. (MW).</i>	<i>8</i>
<i>FIGURA 5. MODELO RASBERRY PI 4.</i>	<i>16</i>
<i>FIGURA 6. NODE-RED</i>	<i>17</i>
<i>FIGURA 7. INFLUXDB</i>	<i>18</i>
<i>FIGURA 8. GRAFANA.....</i>	<i>18</i>
<i>FIGURA 9. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA DE MONITORIZACIÓN.</i>	<i>19</i>
<i>FIGURA 10. CENTRO EDUCATIVO COLEGIO PÚBLICO ALCALDE RAMÍREZ BETHENCOURT.</i>	<i>22</i>
<i>FIGURA 11. CENTRO EDUCATIVO COLEGIO PÚBLICO ALCALDE RAMÍREZ BETHENCOURT, VISTA CENITAL.</i>	<i>22</i>
<i>FIGURA 12. RECURSO EÓLICO A 40 M</i>	<i>23</i>
<i>FIGURA 13. RADIACIÓN GLOBAL.....</i>	<i>24</i>
<i>FIGURA 14. CONSUMO POR HORA, DÍAS 20 Y 21 DE ABRIL 2021.....</i>	<i>25</i>
<i>FIGURA 15. CÉLULA MONOCRISTALINO</i>	<i>28</i>
<i>FIGURA 16. CÉLULA POLICRISTALINO.....</i>	<i>28</i>
<i>FIGURA 17. COMPONENTES PRINCIPALES DE LOS PANELES SOLARES.....</i>	<i>29</i>
<i>FIGURA 18. FACTOR DE CONVERSIÓN, LÍMITE DE BETZ.....</i>	<i>30</i>
<i>FIGURA 19. AEROGENERADORES DE EJE HORIZONTAL Y EJE VERTICAL RESPECTIVAMENTE.....</i>	<i>31</i>
<i>FIGURA 20. SISTEMA DE PRODUCCIÓN ELÉCTRICA HIBRIDO CONECTADO A RED.....</i>	<i>32</i>
<i>FIGURA 21. ÁREA RESERVADA PARA LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA.....</i>	<i>33</i>
<i>FIGURA 22. PANEL SOLAR FOTOVOLTAICO SUNPOWER MAX3-400 W.....</i>	<i>33</i>
<i>FIGURA 23. CONFIGURACIONES DE CONEXIONADO DE LOS MÓDULOS – INVERSOR.....</i>	<i>34</i>
<i>FIGURA 24. AEOLOS – V 3 KW, EJE HORIZONTAL.....</i>	<i>35</i>
<i>FIGURA 25. CURVA DE POTENCIA AEOLOS-V 3K.....</i>	<i>36</i>
<i>FIGURA 26. ÁREA RESERVADA PARA LA INSTALACIÓN EÓLICA.....</i>	<i>36</i>

FIGURA 27. CONSUMO MEDIO DEL CENTRO EDUCATIVO (KWH)	37
FIGURA 28. PRODUCCIÓN DE ENERGÍA POR LOS SISTEMAS GENERADORES (KWH)	38
FIGURA 29. BALANCE GENERAL DEL SISTEMA IMPLANTADO	38
FIGURA 30. TRAMA DE DATOS MODBUS RTU - TCP/IP	42
FIGURA 31. ESQUEMA DE CONEXIÓN MAESTRO/ESCLAVO MODBUS RTU	43
FIGURA 32. ESTACIÓN METEOROLÓGICA DAVIS VANTAGE PRO2 PLUS Y PASARELA OCEAN MODBUS RTU	44
FIGURA 33. EASTRON DCM230	44
FIGURA 34. CONEXIÓN CC MODELO EASTRON DCM230	45
FIGURA 35. CONEXIONADO DE SENSORES EASTRON DCM230 – STRING FOTOVOLTAICOS	45
FIGURA 36. CONEXIONADO DE SENSORES MODELO EASTRON DCM230	46
FIGURA 37. NODE-RED, ESTACIÓN METEOROLÓGICA	48
FIGURA 38. CONFIGURACIÓN SENSOR EASTRON DCM230	49
FIGURA 39. FUNCIÓN JAVASCRIPT, EXTRACCIÓN DE DATOS SENSOR DCM230	50
FIGURA 40. NODO LECTURA SENSOR	50
FIGURA 41. NODE-RED, SISTEMA DE MONITORIZACIÓN	51
FIGURA 42. CONEXIÓN NODE-RED Y INFLUXDB	52
FIGURA 43. CONEXIÓN NODE-RED Y INFLUXDB	52
FIGURA 44. SIMULACIÓN TEÓRICA DE LOS DATOS CAPTADOS POR LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA – NODE-RED	53
FIGURA 45. PULSO – NODE-RED	53
FIGURA 46. CONTADOR – NODE-RED	54
FIGURA 47. FUNCIÓN JAVASCRIPT – SIMULACIÓN DE TEMPERATURA	54
FIGURA 48. BLOQUE METEO – ESTUDIO TEÓRICO	55
FIGURA 49. BLOQUE EÓLICO – ESTUDIO TEÓRICO	55
FIGURA 50. FUNCIÓN JAVASCRIPT – SIMULACIÓN DE PMAWS	55
FIGURA 51. CONEXIÓN BBDD	55
FIGURA 52. BLOQUE FOTOVOLTAICO – ESTUDIO TEÓRICO	56
FIGURA 53. FUNCIÓN JAVASCRIPT – SIMULACIÓN DE FF Y I AFECTADA POR LA IRRADIANCIA	56

FIGURA 54. SIMULACIÓN DE LOS DATOS CAPTADOS POR LOS SENSORES EN LA PRODUCCIÓN DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA – NODE-RED	57
FIGURA 55. PANEL DE MONITORIZACIÓN GRAFANA	58
FIGURA 56. DATOS ESTACIÓN METEOROLÓGICA – GRAFANA	58
FIGURA 57. DATOS TEÓRICOS DEL SISTEMA A PARTIR DE LOS DATOS METEOROLÓGICOS– GRAFANA	59
FIGURA 58. DATOS REALES DEL SISTEMA A PARTIR DE LOS SENSORES EASTRON DCM230 – GRAFANA	60
FIGURA 59. DATOS DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA – GRAFANA	60
FIGURA 60. EFICIENCIA MENOR AL 100%	61
FIGURA 61. EFICIENCIA CERCA DEL 100%	61
FIGURA 62. EFICIENCIA MAYOR AL 100%	61
FIGURA 63. EJEMPLO DE VISUALIZACIÓN EN UN MÓVIL	62
FIGURA 64. CURVA DE INTENSIDAD Y POTENCIA DE LA CÉLULA SOLAR.	66
FIGURA 65. CORRIENTE Y TENSIÓN EN FUNCIÓN DE LA TEMPERATURA E IRRADIANCIA.....	67
FIGURA 66. CURVA DE POTENCIA DEL AEROGENERADOR EN FUNCIÓN DE LAS VELOCIDADES DEL VIENTO	70
FIGURA 67. ROSA DE VIENTO 40M DE ALTURA.	91
FIGURA 68. GRAFICA IRRADIACIÓN SOLAR MENSUAL	95
FIGURA 69. TEMPERATURA MEDIA MENSUAL	96

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. EVOLUCIÓN DE LA POTENCIA ELÉCTRICA DE ORIGEN RENOVABLE INSTALADA EN CANARIAS A 31 DE DICIEMBRE DE 2019, DESGLOSADA POR ISLAS. UNIDADES: KILOVATIOS (KW).....	5
TABLA 2. EVOLUCIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE LA ENERGÍA EÓLICA ANUAL EN CANARIAS, POR ISLAS. UNIDADES: MEGAVATIOS-HORA (MWH).....	7
TABLA 3. EVOLUCIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA DE ORIGEN FOTOVOLTAICO ANUAL CONECTADA A RED EN CANARIAS, POR ISLAS. UNIDADES: MEGAVATIOS-HORA (MWH). FUENTE: RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA (REE).	9
TABLA 4. UBICACIÓN CENTRO EDUCATIVO	23
TABLA 5. CONSUMO ENERGÉTICO MEDIO 2020	25
TABLA 6. POTENCIA DE LOS PANELES QUE FORMAN EL SISTEMA FV.	69
TABLA 7. PARTIDA RECURSOS SOFTWARE	80
TABLA 8. PARTIDA RECURSOS HARDWARE	80
TABLA 9. PARTIDA RECURSOS DE CAPTACIÓN DE DATOS Y PRODUCCIÓN ENERGÉTICA	81
TABLA 10. PARTIDA DE RECURSOS HUMANOS.....	81
TABLA 11. PRESUPUESTO TOTAL.....	82
TABLA 12. TOTAL, GASTOS INDIRECTOS DEL 15%.....	82
TABLA 13. DATOS DE LA IRRADIACIÓN SOLAR MENSUAL	95
TABLA 14. DATOS DE TEMPERATURA MEDIA MENSUAL.....	96

MEMORIA

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

INTRODUCCIÓN	2
ESTADO DEL ARTE	4
ANTECEDENTES	10
OBJETIVOS	11
PETICIONARIO.....	12
MEDIOS MATERIALES.....	12
ESTRUCTURA DEL DOCUMENTO.....	12

En el primer capítulo se ha querido fijar los objetivos, motivaciones y estado del arte del proyecto a desarrollar, con el fin de ver la necesidad e importancia que hay en nuestra región de aprovechar las mayores fuentes de energías renovables que existen: El Viento y el Sol. También se ha querido analizar la eficiencia y gestión de estos recursos para su constante mejora.

1.1 INTRODUCCIÓN

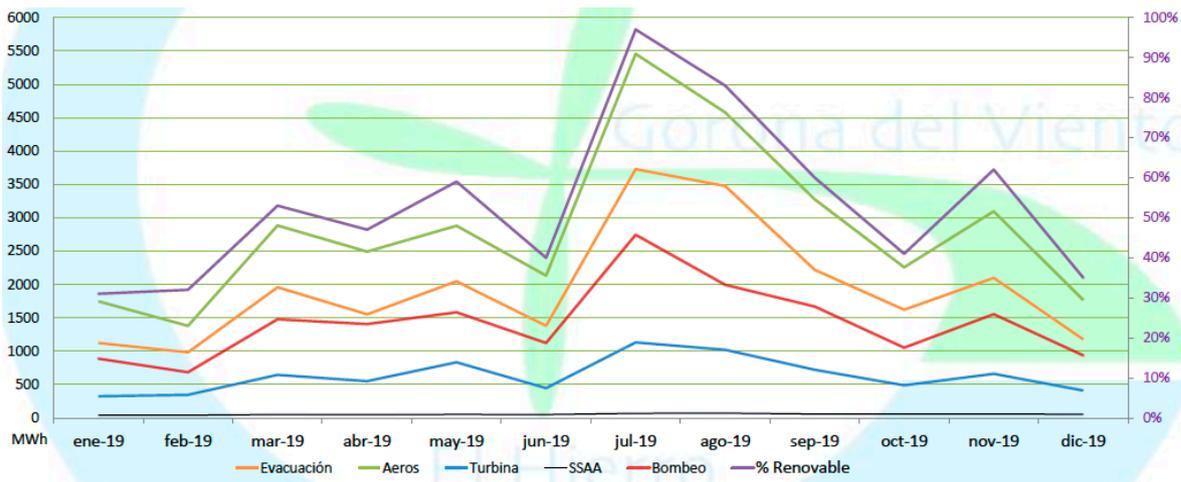
A lo largo de los últimos años se ha observado el interés en la sociedad por el medioambiente, esto se debe a la existencia de un cambio climático inminente que nos afecta a todos, por este motivo la constante búsqueda de solución a este problema se basa en la instalación de energías limpias y con un control exhaustivo de estas instalaciones.

Hoy en día la gran mayoría de países del mundo apuestan por intentar frenar la contaminación del planeta, tomando medidas de forma individual o colectiva, como lo es en el caso de Europa, que apuesta por ser líder en la lucha contra el cambio climático y ser un ejemplo a seguir por el resto del mundo, en el acuerdo adoptado en La Comisión Europea que aboga por una Europa climáticamente neutra de aquí a 2050 [1].

Estudios revelan que la temperatura de la Tierra podría aumentar entre 2 y 5 °C para final de siglo, para intentar evitar este calentamiento se adoptó un acuerdo en la COP21 celebrada en diciembre de 2015 en París, donde 197 países acuerdan establecer un plan de acción mundial que pone el límite al calentamiento global por debajo de 2 °C [2].

La incorporación en la sociedad de las energías renovables cada vez toma mucha más fuerza, ya que es un problema que nos afecta a todos, apostando menos por las energías provenientes de combustibles fósiles, si nos basamos en las Islas Canarias, podemos ver que pertenecemos a una red eléctrica aislada con respecto a la Península Ibérica, por lo tanto, dependemos de la producción de energía en las islas, sin contar que somos un conjunto de islas, siendo aún más difícil la red eléctrica no aislada, teniendo en cuenta que Canarias produce mayoritariamente la energía de combustibles fósiles[3], pudiendo ver estos datos en tiempo real por medio de la web Red Eléctrica Española (REE)[4].

Por ese motivo la población canaria se está viendo más involucrada en el desarrollo de las fuentes de energías limpias, como lo es el referente a nivel mundial de la isla de El Hierro, La Gorona del Viento[5], donde la isla en el año 2019 pudo reducir sus emisiones a la atmósfera de 23000 toneladas de CO₂, produciendo más del 57% de energías renovables en el año, con un récord histórico alcanzado el mes de julio del 2019, 25 días de producción en energías renovables, lo que se traduce en un 97% de energía consumida por los herreños en ese mes, la figura 1 indica la variación de producción energética en la isla el año 2019[6].



Fuente: La Gorona del Viento.

Figura 1. Informe anual 2019 central hidroeólica Gorona del Viento El Hierro.

El ISTAC (Instituto Canario de Estadística) en su informe anual confirma que El Hierro sigue siendo la isla que se encuentra más cercana a la descarbonización del sector eléctrico, con una cobertura de demanda eléctrica mediante energías renovables del 66,8% para el 2019.

Por ese motivo las islas son un lugar donde las renovables tienen muchas posibilidades, tanto a nivel económico, social y sobre todo para la conservación del medio ambiente.

No podemos olvidar que las energías renovables como cualquier fuente de producción energética puede ser muy eficiente siempre y cuando se gestionen de manera correcta, por eso, en este proyecto se hace énfasis en la relación directa entre las energías renovables con el mundo de las telecomunicaciones como lo son, la logística de estas infraestructuras, gestión de la información obtenida y planificación de la generación energética.

Para el buen uso y gestión de las infraestructuras renovables la incorporación de las telecomunicaciones es fundamental. En el caso de la monitorización de las instalaciones renovables tiene como finalidad gestionar y controlar en cada momento la producción energética consiguiendo así un buen uso de la infraestructura [7] [8].

Al controlar las energías renovables y su entorno (entiéndase como entorno la meteorología del lugar), podemos prevenir la eficiencia energética de los sistemas productores de energías renovables (EERR), como posibles daños en las instalaciones. Este es un punto clave a la hora de relacionar las EERR con las Telecomunicaciones, abordado como El Plan Estratégico Europeo de Tecnología Energética (Plan SET)[9], para la constante demanda y evolución que sufren las renovables en el mundo.

1.2 ESTADO DEL ARTE

Basándonos en el informe del ISTAC (Instituto Canario de Estadística), Anuario Energético de Canarias para el año 2019[10], concretamente en el capítulo cuarto, donde hace referencia a la producción de energías limpias, comparativa de la evolución en los últimos años y su crecimiento con respecto a otras comunidades.

La producción de energía a partir de fuentes limpias de contaminación va en aumento teniendo en cuenta los datos de la última década, la potencia eólica instalada se incrementó durante el 2019 en un 4% y la potencia fotovoltaica en un 3,7%, respecto al año anterior.

En términos de energía eléctrica producida con fuentes renovables, el incremento respecto al año anterior ha sido del 57,5% según datos del ISTAC.

La tecnología que ha tenido un crecimiento mayor respecto a la energía eléctrica producida con renovables en 2018 ha sido la eólica con un aumento del 81,1%, seguida de la biomasa con un incremento del 7,9% y la minihidráulica con un 7,4%. La producción fotovoltaica creció de forma más modesta (4,3%).

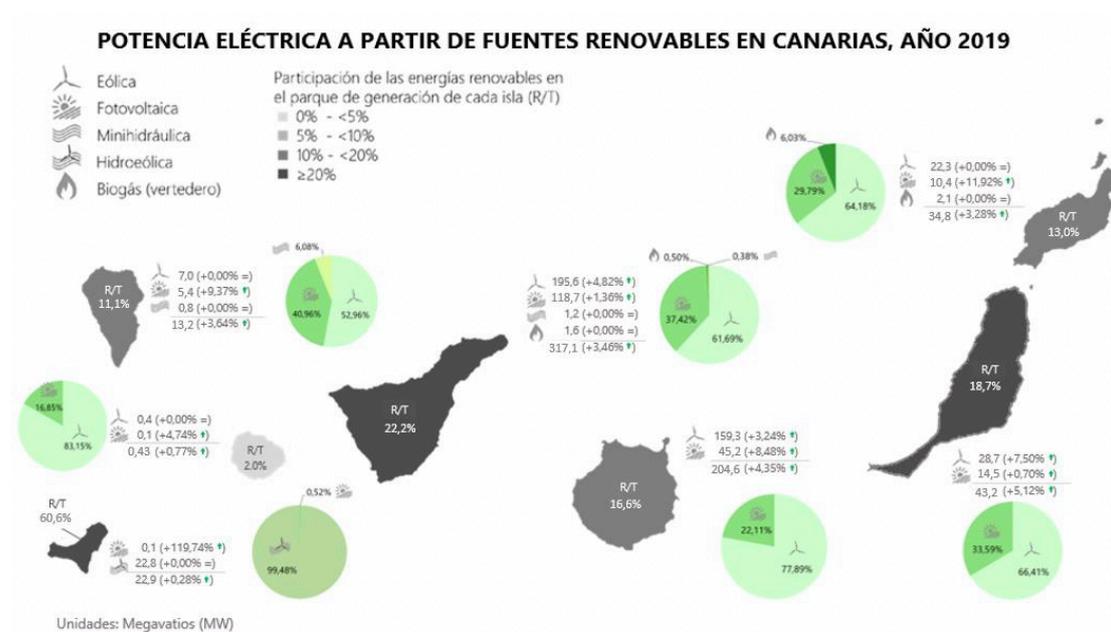
Las islas donde se concentra mayoritariamente la potencia eléctrica de origen renovable instaladas en las Canarias para el año 2019, es Tenerife y Gran Canaria, con el 49,9% y el 32,2%, respectivamente, de la potencia renovable instalada total.

Como podemos ver en la tabla 1, la evolución de la potencia eléctrica de origen renovable instalada en Canarias hasta 2019, desglosada por isla. En ella vemos que desde el 2004 al 2007, el crecimiento de la potencia en conjunto es al alza, con pequeños aumentos cada año, a partir del 2008 hasta el 2019 vemos que el aumento de la producción de energía es constante y en aumento hasta situarse en unos 636.090 KW, un 450% más de potencia producida de origen renovable respecto a 2004.

AÑO	GRAN CANARIA	TENERIFE	LANZAROTE	FUERTEVENTURA	LA PALMA	LA GOMERA	EL HIERRO	CANARIAS	CANARIAS %
2004	75.851	37.182	6.405	11.615	671	360	100	138.224	5,0%
2005	76.694	37.177	6.408	11.735	6.712	360	100	139.186	0,7%
2006	77.142	43.057	8.938	11.744	6.712	360	125	148.079	6,4%
2007	79.313	58.561	9.285	1.328	6.712	360	125	167.636	13,2%
2008	102.116	108.693	1.157	15.582	8.716	360	125	247.162	47,4%
2009	102.902	112.492	12.373	17.116	8.971	369	134	254.356	2,9%
2010	108.382	133.914	13.348	18.966	10.673	369	134	285.786	12,4%
2011	113.053	136.804	15.264	23.764	11.098	369	134	300.486	5,1%
2012	119.661	152.601	1.644	25.791	12.300	369	134	327.297	8,9%
2013	124.855	154.365	18.605	2.602	12.368	369	134	336.717	2,9%
2014	125.183	154.396	18.605	26.111	12.368	369	22.854	359.886	6,9%
2015	126.307	154.435	18.641	26.133	12.368	405	22.854	361.143	0,3%
2016	128.109	154.469	23.295	26.161	12.368	405	22.854	367.661	1,8%
2017	159.254	178.342	23.535	26.557	12.418	405	22.854	423.366	15,2%
2018	195.851	306.313	33.425	40.784	12.649	406	22.855	612.284	44,6%
2019	204.553	317.119	34.749	43.156	13.161	433	22.919	63.609	3,9%
TASA INTERANUAL DE CRECIMIENTO (%)									
19/18	4,44%	3,53%	3,96%	5,82%	4,05%	6,64%	0,28%	3,89%	-
19/14	10,32%	15,48%	13,31%	10,57%	1,25%	3,25%	0,06%	12,07%	-
19/09	7,11%	10,92%	10,88%	9,69%	3,91%	1,61%	67,23%	9,60%	-

Fuente: Dirección General de Energía, Gobierno de Canarias.

Tabla 1. Evolución de la potencia eléctrica de origen renovable instalada en Canarias a 31 de diciembre de 2019, desglosada por islas. Unidades: Kilovatios (kW).

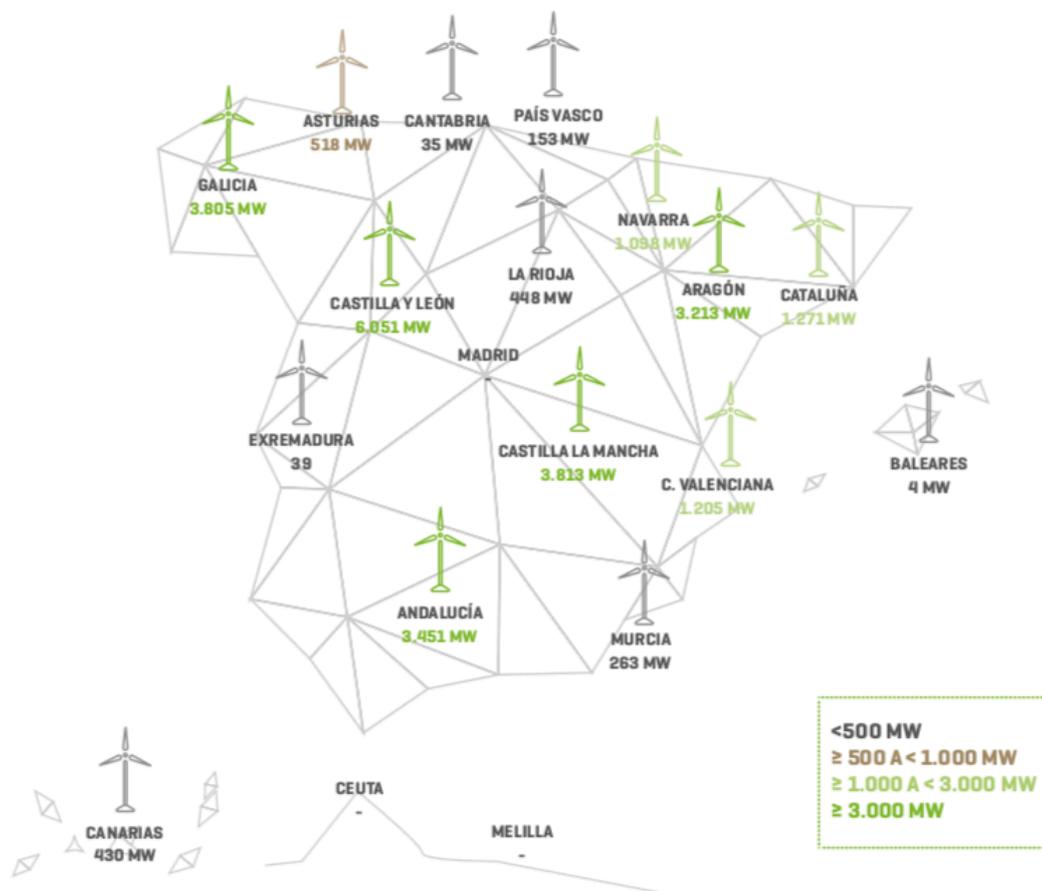


Fuente: Dirección General de Energía, Gobierno de Canarias.

Figura 2. Potencia eléctrica de origen renovable instalada en Canarias año 2019, desglosadas por islas.

1.2.1 EÓLICA

La generación eólica actualmente en España es la principal fuente renovable, con una potencia instalada de 25.799 MW, la cual se ha visto incrementada en este último año con más de 2.200 MW, un 9,6 % respecto al año 2018. Lo cual se traduce en más del 23% de la potencia nacional instalada y un 55% del total de energía renovable generada a nivel nacional. Si desglosamos la potencia instalada a nivel nacional, obtenemos que la Comunidad Autónoma de Canarias, se encuentra por debajo de la media nacional teniendo un total de 430 MW instalados entre las 7 islas. No obstante, el incremento de su producción ha superado casi el 83 % en 2019, a la medida en el año anterior. [11]



Fuente: Red Eléctrica de España.

Figura 3. Potencia eólica instalada a 2019. Sistema eléctrico nacional por CC. AA. (MW).

En Canarias la producción de energía eólica se reparte mayoritariamente entre las islas de Tenerife y Gran Canaria, con un 43,4% y un 43,1% respectivamente. Para el 2019 el archipiélago alcanza una producción total de 1.147,8 GWH.[10]

La generación de energía eólica en Canarias ha estado presente durante varias décadas, si hacemos una comparativa en el crecimiento de la producción durante varias décadas,

podemos observar que está en constante aumento, favoreciendo el ahorro del consumo de petróleo y disminuyendo toneladas de CO_2 al medio ambiente.

AÑO	GRAN CANARIA	TENERIFE	LANZAROTE	FUERTEVENTURA	LA PALMA	LA GOMERA	(*) EL HIERRO	CANARIAS	CANARIAS (TEP)	CANARIAS CO2 (T)
1990	216	102	0	0	0	0	0	318	27	250
1996	15368	6293	18756	26257	2513	371	964	70522	6065	5543
1997	28312	10504	12758	21363	2011	729	761	76438	6574	6008
1998	39793	23217	17443	25195	8209	601	921	115379	9923	90688
1999	110134	56691	17934	28038	9358	314	965	223434	19215	175619
2000	128588	62464	16108	25723	8336	797	991	243007	20899	191004
2001	217098	69170	15803	27994	7290	322	765	338442	29106	266015
2002	239403	67605	14918	27688	7494	463	512	358083	30795	281453
2003	239406	62657	13448	26341	11145	252	334	353583	30408	277916
2004	225129	72923	9308	22845	13005	512	327	344049	29588	270423
2005	213217	77530	4404	22509	1119	411	251	329512	28338	258996
2006	220245	71827	16114	23298	13153	397	242	345276	29694	271387
2007	230734	78707	27195	24576	13286	240	316	375055	32255	294793
2008	231446	86341	31280	28895	12045	92	242	390341	33569	306808
2009	223427	71613	26937	26357	9265	0	296	357897	30779	281307
2010	201084	70257	25486	24975	876	543	262	331365	28497	260453
2011	212738	76830	27273	25577	11499	579	297	354794	30512	278868
2012	217007	79250	29922	24524	10568	586	187	362045	31136	284567
2013	221793	70806	26452	24365	17732	585	205	361938	31127	284484
2014	244055	70534	26727	25761	20298	754	0	38813	33379	30507
2015	260630	75279	24073	21234	21955	749	0	40392	34737	317481
2016	258757	70843	24330	23019	23163	892	0	401004	34486	315189
2017	253100	86955	31974	19357	21608	505	0	4135	35561	325011
2018	377737	157266	57412	18659	22569	181	0	633822	54509	498184
2019	498435	495251	67686	6347	22804	138	0	1147785	98709	902159
DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL (%)										
2019	43,4%	43,1%	5,9%	5,5%	2,0%	0,0%	0,0%	100,0%	-	-
INCREMENTO ANUAL ACUMULATIVO (%)										
19/18	32,0%	214,9%	17,9%	240,2%	1,0%	-23,5%	-	81,1%	-	81,1%
19/14	15,4%	47,7%	20,4%	19,8%	2,4%	-28,8%	-	24,2%	-	24,2%
19/09	8,4%	21,3%	9,7%	9,2%	9,4%	-	100,0%	12,4%	-	12,4%

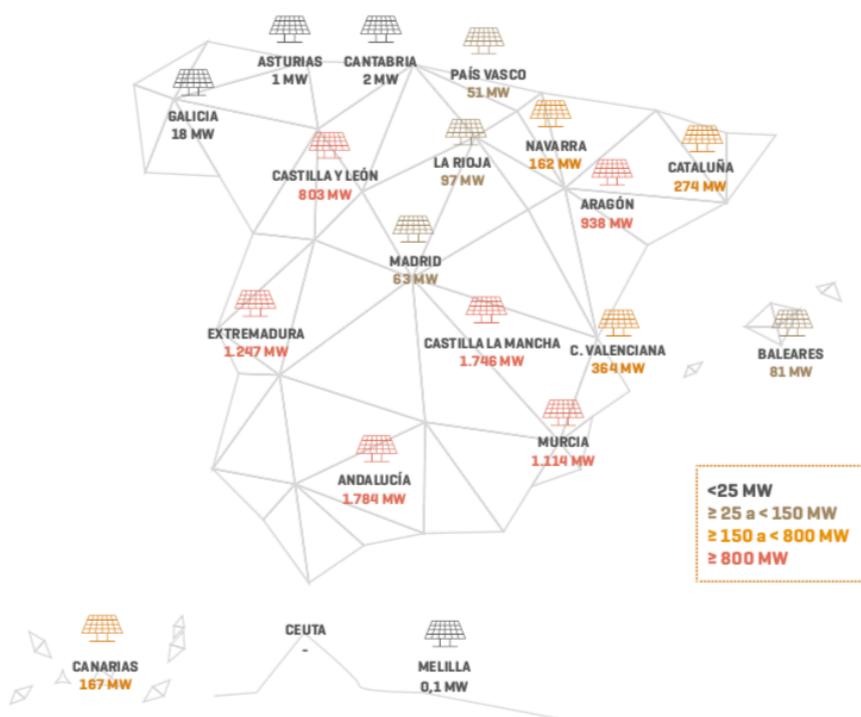
(*) No se contempla la producción eólica asociada a la central hidroeólica de El Hierro. Incluye la energía vertida a red y la energía producida para autoconsumos. TEP: Tonelada Equivalente de Petróleo.

Fuente: Red Eléctrica de España (REE).

Tabla 2. Evolución de la producción de la energía eólica anual en Canarias, por islas. Unidades: Megavatios-hora (MWH).

1.2.2 FOTVOLTAICA

La potencia instalada solar se situó a finales del 2019 en 11.217 MW (8.913 MW corresponde a solar fotovoltaica y 2.304 MW a solar térmica), lo que representa alrededor del 10 % del total de la potencia instalada en España y un 5,5% del total de energías renovables[11]. Siendo la tercera fuente renovable de generación eléctrica a nivel nacional. Canarias se encuentra en la media nacional en potencia instalada, con un total de 167 MW para el 2019.



Fuente: Red Eléctrica de España.

Figura 4. Potencia solar fotovoltaica instalada a 2019. Sistema eléctrico nacional por CC.AA. (MW).

Si se hace referencia la producción de energía solar en las islas para el año 2019, se comprueba que la isla con mayor producción es Tenerife con un 66% del total de la energía producida en el archipiélago, seguida de Gran Canaria, con casi el 21% del total.

En la siguiente tabla se muestra la evolución de la producción de energía solar por islas en la última década:

AÑO	GRAN CANARIA	TENERIFE	LANZAROTE	FUERTEVENTURA	LA PALMA	LA GOMERA	(*) EL HIERRO	CANARIAS	CANARIAS (TEP)	CANARIAS CO2 (T)
TOTAL										
2010	36150	140428	5983	8905	3328	2	33	19483	16755	153136
2011	44541	160612	8103	12545	5751	16	48	231615	19919	18205
2012	55163	172439	6039	14492	6187	16	58	254393	21878	199953
2013	60211	192467	8002	18381	6254	16	50	285382	24543	22431
2014	58138	189267	7802	17862	6256	16	40	279381	24027	219594
2015	56478	185713	7221	16778	6388	16	42	272634	23447	214291
2016	57472	186177	7009	16064	641	16	49	273198	23495	214734
2017	53296	186514	10035	16947	6302	16	46	273157	23491	214701
2018	54847	186762	11296	18069	6902	119	80	278075	23914	218567
2019	59340	191314	12588	1902	7473	121	89	289945	24935	227897
DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL (%)										
2019	20,5%	66,0%	4,3%	6,56%	2,58%	0,04%	0,03%	100,00%	-	-
INCREMENTO ANUAL ACUMULATIVO (%)										
19/18	8,2%	2,4%	5,3%	5,3%	8,3%	1,7%	10,8%	4,3%	4,3%	4,3%
19/14	0,4%	0,2%	1,3%	1,3%	3,6%	50,1%	17,1%	0,7%	0,7%	0,7%
19/09	5,1%	4,9%	11,3%	11,3%	9,5%	-	4,8%	5,6%	5,6%	5,6%

TEP: Tonelada Equivalente de Petróleo.

Tabla 3. Evolución de la producción de la energía eléctrica de origen fotovoltaico anual conectada a red en Canarias, por islas. Unidades: Megavatios-hora (MWh). Fuente: Red Eléctrica de España (REE).

La producción de energía eléctrica (energía limpias o producción de combustibles fósiles) en el archipiélago canario, es de vital importancia, ya que se encuentra en un sistema aislado entre la Península Ibérica y además es aislado entre sus propias islas. Cada isla se considera prácticamente una central eléctrica independiente, propensas a fallos y posibles caídas de tensión.

De tal forma, la monitorización constante de estos servicios se considera un plus añadido para adelantarse a fallos eléctricos, mejoras de los servicios, averías en los equipos de producción y medir la eficiencia energética.

La monitorización de un sistema de autoconsumo energético mediante la producción de energías limpias como lo es en este caso, la comparativa de datos reales captados por los diferentes sensores instalados en los sistemas de producción, con datos teóricos que arroja la estación meteorológica, se predice si el sistema instalado está en correcto funcionamiento o si presenta algún fallo o pérdida de eficiencia, ya sea por agentes externos a la instalación o directamente por los equipos instalados.

1.3 ANTECEDENTES

En función de lo estudiado anteriormente, la forma ideal de darle valor a un sistema de generación de energías limpias es controlar en cada momento que se está produciendo para llevar la ventaja a posibles anomalías como se comentó anteriormente. De esta forma un sistema productor como el que se plantea en este proyecto tiene gran validez y escalabilidad en dichas instalaciones renovables.

Enfocando la monitorización del clima desde un punto de vista más simple, resulta para la sociedad un factor fundamental esta constante captación de datos (temperatura, viento, precipitación, entre otras). En cuanto al desarrollo de actividades, ya sean lúdicas o profesionales, está comparación se extrapola a monitorizar otro tipo de datos, que en este caso, se relacionan con la producción energética renovable. Dicha monitorización de energía se caracteriza por crear una mayor eficiencia del sistema implantado y un avance tecnológico.

Como factor clave de este proyecto, el anticiparse a la producción de energía, mediante la distribución de sensores captadores de información y su posterior tratado de los datos, se logra un sistema eficiente y capaz de solucionar problemas en tiempo real, buscando por otro lado la concienciación de los ciudadanos en la importancia de unir la tecnología y el respeto al medio ambiente.

Actualmente la población global se encuentra en un punto de aprendizaje y desarrollo personal por diversos factores sociales, culturales y políticos, dando paso a desarrollar multitud de plataformas informativas con carácter educativo, por ese afán, la idea de desarrollar un sistema donde los estudiantes puedan valorar los recursos que el planeta nos ofrece, y para ello se plantea la instalación del sistema de monitorización en un centro educativo, fomentado el uso respetuoso de la energía que se consume.

El estudio de este tipo de proyectos (sean de tipo educativos trabajos fin de Grado o Máster, lúdico o profesionales), anteriormente estaba basado en la separación de servicios, es decir, desarrollar un sistema generador de energía (aislado o conectado a la red) con ciertas características como un único servicio y el desarrollo de un sistema de eficiencia energética como otro servicio, sin ir de la mano. La unificación de estos servicios puede darnos una idea clara de las posibilidades de los recursos energéticos y la posibilidad de gestionar mejor los equipos que producirán este recurso, siendo la eficiencia de la producción otro de los factores fundamentales del proyecto.

1.4 OBJETIVOS

El objetivo principal de este proyecto es mejorar la producción de las energías renovables mediante sensores captadores de información, que servirá para gestionar los datos de producción, posibles anomalías en los sistemas implementados en la generación de energías limpias, reparaciones o sustitución de equipos. Por otro lado, se instalará una estación meteorológica donde se tomará información que se utilizará como guía para establecer una previsión de producción en el sistema generador de energía, siendo un indicativo de que, si la producción decae de los niveles estipulados, se podría estar produciendo un fallo en el sistema generador. Este conjunto de sensores, tanto receptores (siendo estos sensores térmicos, de tensión y corriente) como meteorológicos, son de vital importancia para una gestión correcta del sistema generador de energías limpias.

Por otra parte, se va a diseñar la instalación de una infraestructura necesaria para el abastecimiento energético de un centro educativo, principalmente basada en la producción de energías limpias por medio del viento y el sol, diseñando dicha infraestructura por medio de paneles fotovoltaicos y generadores eólicos (sistema híbrido), llegando a cubrir las necesidades del centro.

Para este proyecto se plantean los siguientes objetivos a destacar:

1. Diseñar el sistema de generación energética (sistema híbrido), para cubrir la demanda del centro educativo.
2. Incorporar sensores captadores de información, tanto de corriente y tensión, como sensores térmicos para los paneles fotovoltaicos.
3. Incorporar estación meteorológica, para previsión de producción y posibles anomalías en la producción.
4. Diseñar una plataforma de gestión de información, donde se muestran datos de producción y datos meteorológicos de carácter relevante para el estudio de la producción.

Para concluir con este proyecto, se recabará información sobre los distintos datos generados en el proyecto, cuyos datos servirán para investigaciones futuras, en la incorporación de las Telecomunicaciones y las renovables. Siendo este el mejor modo de implementar un sistema de EERR eficiente y aprovechamiento del medio.

1.5 PETICIONARIO

El presente proyecto se redacta con carácter de Trabajo Fin de Grado (TFG). A petición de la Escuela de Ingeniería de Telecomunicación y Electrónica para la obtención por parte del autor, Víctor Alfonso Brito Ojeda, del título de Graduado en Ingeniería en Tecnologías de la Telecomunicación mención de Sistemas Electrónicos. Tiene por tanto como objeto la evaluación de las competencias asociadas a dicho título.

1.6 MEDIOS MATERIALES

Para la realización del trabajo se han utilizado distintas herramientas de tipo hardware y software. Atendiendo a esta clasificación:

- Recurso Hardware:
 - Ordenador personal, MacBook Pro.
- Herramientas Software y sistemas emuladores de los sensores captadores:
 - Virtual Box, para la emulación de Raspberry Pi OS.
 - Node-Red.
 - Influxdb, sistema de almacenamiento.
 - Grafana, Dashboard de visualización.
 - Microsoft Visual Studio.
 - Visual Studio Code (C/C++, Java, Python, R, SQL, HTML, entre otros).
 - Microsoft Office, para la elaboración de documentos.
 - Herramientas de búsquedas bibliográficas como Mendeley.

1.7 ESTRUCTURA DEL DOCUMENTO

Tras la contextualización del problema y centrar los objetivos, el Capítulo 2 presenta la descripción general de los sistemas de interconexión entre hardware y software que formarán la base del sistema de monitorización y gestión de datos.

El Capítulo 3 pone en antecedente las características del centro educativo, así como también la ubicación geográfica, los requerimientos energéticos y el consumo de energía del centro a lo largo de un año.

Una vez descritos dichos requerimientos, en el Capítulo 4 se describe, diseña y seleccionan los equipos que forman el sistema generador de energías renovables. Estudiando la

viabilidad de los equipos basándose en la capacidad de producción y las condiciones del entorno.

En el Capítulo 5 se estudian los sensores captadores de información, la estación meteorológica y el protocolo de comunicación Modbus RTU.

El capítulo 6, hace referencia a la plataforma de gestión de la información, donde se explica el proceso de captación de datos, gestión y visualización de los resultados obtenidos en la simulación de los diferentes sensores.

En el Capítulo 7 se describen las diferentes ecuaciones que se deben tener en cuenta a la hora de diseñar un sistema generador de energía.

El Capítulo 8, recoge las conclusiones extraídas de este trabajo y propone líneas de ampliación futuras. Por último, encontramos la bibliografía, presupuesto y pliego de condiciones, donde se especifican las características mínimas de los equipos que conforman el proyecto.

CAPÍTULO 2. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LOS SISTEMAS DE INTERCONEXIÓN ENTRE HARDWARE Y SOFTWARE

RASPBERRY PI 4	16
SISTEMA DE INTERCONEXIÓN NODE-RED	16
SISTEMA DE BASE DE DATOS INFLUXDB	17
SISTEMA DE VISUALIZACIÓN GRAFANA	18
ESQUEMA GENERAL DE INTERCONEXIÓN ENTRE HARDWARE Y SOFTWARE	18
CONCLUSIÓN	20

A continuación, se desglosa cada uno de los sistemas de interconexión entre hardware y software para el sistema a implantar, se estudian sus características, compatibilidad con el sistema, conexasión y entre otros datos técnicos. Se esquematiza todo el sistema de monitorización, desde la producción de energía por parte de las fuentes renovables, como la recopilación de datos de la estación meteorológica, pasando por todo el sistema hasta llegar al usuario donde se visualizará dicha información.

2.1 RASPBERRY PI 4

Es necesario incorporar un sistema de gestión multiplataforma, donde sea posible recoger datos desde distintos inputs, poder adaptar la información para su posterior procesado y almacenamiento. Esto ha llevado a la configuración de un sistema central donde poder agrupar toda esa información y gestión. Se selecciona el sistema de desarrollo basado en software libre de Raspberry Pi, teniendo en cuenta la compatibilidad con el conjunto de elementos a implantar, la comunicación entre módulos, sistema de almacenamiento, la posibilidad de conexión remota, como también su bajo coste y el tamaño. Este último es de gran importancia, ya que, al instalar un sistema de monitorización en espacios abiertos, debe tenerse en cuenta su tamaño para su posterior protección contra agentes externos (condiciones climáticas), Raspberry Pi 4 a diferencia de sus antecesores, es la versión más completa y que mejor se adapta a los aspectos técnicos del proyecto, con un procesador de 64 bits Cortex-A72 de cuatro núcleos (ARM v8) a 1,5 GHz y 8 GB de RAM, con gran conectividad (IEEE 802.11ac inalámbrica, Bluetooth 5.0, BLE, Gigabit Ethernet, 2 puertos USB 3.0, 2 puertos USB 2.0, Cabecera GPIO 40 pines, 2 puertos micro-HDMI hasta 4kp60 compatible, etc.).[12]



Figura 5. Modelo Rasberry Pi 4.

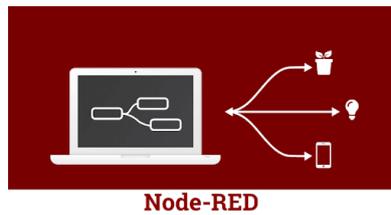
El Sistema Operativo de la placa es Raspberry Pi OS, distribuido por la misma marca, de fácil instalación, basado en software libre de fácil acceso y coste cero.

2.2 SISTEMA DE INTERCONEXIÓN NODE-RED

Node-Red es una herramienta de interconexión entre dispositivos hardware y servicios en línea, basado en un navegador que facilita la comunicación. Dicha herramienta está

fundamentada en la gestión de flujos mediante nodos de conexión, es un sistema de software libre, compatible con múltiples protocolos. La paleta de nodos se puede ampliar fácilmente instalando nuevos nodos mediante su entorno gráfico o en consola usando npm¹, como también se pueden crear funciones basadas en JavaScript como lenguaje de programación, pudiendo así poder importar dichas funciones e incorporarlas en los flujos de trabajo. [13]

Node-Red tiene un tiempo de ejecución liviano basado en Node.js², esto lo hace ideal para ejecutarse en hardware de bajo costo como Raspberry Pi además para gestión de sistemas IoT (Internet of Things).



Node-RED

Figura 6. Node-red

Su principal función en la arquitectura de monitorización que se propone en este proyecto es leer, transformar y distribuir todos los datos arrojados por los distintos sensores y medidores de la red diseñada.

2.3 SISTEMA DE BASE DE DATOS INFLUXDB

Influxdb es un sistema de administración de base de datos SQL (Structured Query Language) de series de tiempo abierto o dinámica de software de código abierto desarrollada por InfluxData. Escrito en Go³ y optimizado para el almacenamiento rápido y de alta disponibilidad y la recuperación de datos. Estas bases de datos se usan, entre otras cosas, para almacenar y evaluar datos de sensores o protocolos con marcas temporales durante un período de tiempo determinado. Por ello, Influxdb cuenta con un servicio de tiempo que usa el Network Time Protocol (NTP) para garantizar que el tiempo está sincronizado en todos los sistemas.[14]

¹ **NPM** es el sistema de gestión de paquetes por defecto para Node.js, un entorno de ejecución para JavaScript.

² **Node.js** entorno de tiempo de ejecución en tiempo real de ejecución de JavaScript.

³ **Go** es un lenguaje de programación concurrente y compilado, desarrollado por los ingenieros de Google en 2009.



Figura 7. Influxdb

El sistema de monitorización requiere de bases de datos dinámicas y de almacenamiento rápido, ya que los datos arrojados por los diferentes sensores y medidores de la red son muchos y constantemente están mandando información para su almacenamiento.

2.4 SISTEMA DE VISUALIZACIÓN GRAFANA

Grafana es una herramienta hecha en software libre, específicamente con licencia Apache 2.0, escrita en lenguaje de programación Go y Node.js, herramienta para visualizar datos de serie temporales, la cual es recolectada y procesada por aplicaciones de terceros como Influxdb. Su principal objetivo es presentar los datos de monitoreo de una manera fácil y sencilla en un entorno visual mediante gráficos, tablas, esquemas y un sinfín de posibilidades, donde el usuario final pueda mantener una lectura rápida de estos datos, con la posibilidad de alertas programadas y visuales, compatible con múltiples plataformas de almacenamiento de datos, con una configuración de paneles en modo navegador.

Por otro lado, Grafana puede correr en modo TV de manera tal que, cada cierto tiempo prefijado, puede mostrar diferentes paneles de control que hayan sido guardados en listas de reproducción.[15]



Figura 8. Grafana

Siendo un sistema de monitorización adecuado para el proyecto, compatible con el resto de los softwares implementados, cerrando así el ciclo de gestión de datos.

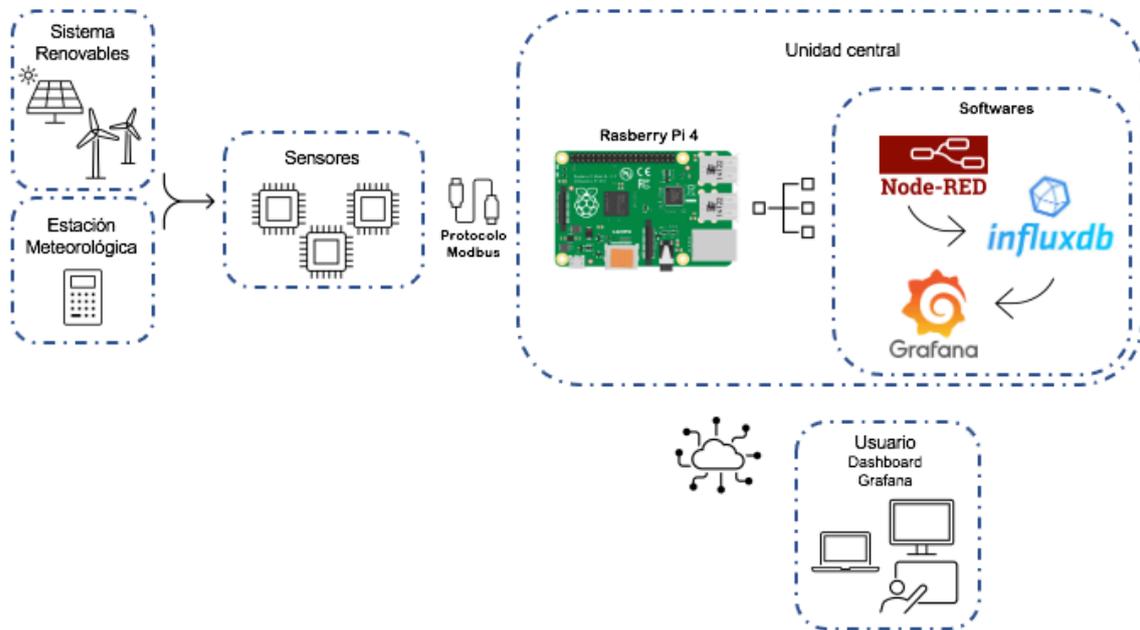
2.5 ESQUEMA GENERAL DE INTERCONEXIÓN ENTRE HARDWARE Y SOFTWARE

En la presente investigación, se realizó una revisión bibliográfica del diseño e implementación del sistema de monitorización mediante sensores y su visualización en un

entorno de usuario, la arquitectura general del sistema sigue como referencia el siguiente esquema mostrado en la figura 9, partiendo desde el sistema de producción energética y estación meteorológica, pasando por los sensores captadores de información, estos sensores estarán conectados mediante el protocolo Modbus (cuyo protocolo se explicara más adelante en el capítulo 5) a la placa Raspberry PI 4, donde toda la información captada será tratada y almacenada en la base de datos Influxdb.

El sistema Node-Red permitirá leer los datos que llegan de los captadores mediante funciones y estos datos se almacenaran en las bases de datos, siendo el sistema de interconexión entre los programas.

Una vez almacenados los datos, Grafana permitirá hacer comparativas entre los datos reales obtenidos del sistema de producción energética con los datos esperados que se calcularán a partir de la estación meteorológica, esta comparativa concederá la ventaja de saber si el sistema de renovables produce lo esperado según las condiciones climáticas, si la eficiencia es correcta, o por el contrario, se detectan pérdidas en la producción de energía, lo que implicaría consumir más potencia de la red eléctrica convencional.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 9. Descripción general del sistema de monitorización.

2.6 CONCLUSIÓN

Como se ha anticipado, en este capítulo se hace referencia al hardware y el resto de los softwares elegidos para el desarrollo del proyecto. Explicando su compatibilidad y dando a conocer los fundamentos básicos de estos sistemas. Por otro lado, se esquematiza la conectividad del sistema a implantar mediante una imagen segmentada por bloques donde se ve el recorrido de los datos desde su extracción hasta su visualización.

CAPÍTULO 3. DESCRIPCIÓN DEL CENTRO EDUCATIVO

DESCRIPCIÓN DEL CENTRO EDUCATIVO.....	22
LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA.....	23
REQUISITOS ENERGÉTICOS.....	24
CONCLUSIÓN	25

En el siguiente capítulo se pondrá en antecedente el centro educativo, describiendo las instalaciones, ubicación geográfica y los requerimientos energéticos que ayudaran a diseñar el sistema generador de energías limpias.

3.1 DESCRIPCIÓN DEL CENTRO EDUCATIVO

El Colegio Público Alcalde Ramírez Bethencourt cuenta con una superficie construida de 6.333 m^2 según los datos oficiales de catastro[16], consultados en la web de este organismo. Está formado por dos edificios principales de 3 plantas, donde alberga su mayor actividad educativa, impartiendo clases desde niños de temprana edad hasta sexto de primaria.

Esta actividad se concentra durante el día y principalmente en el horario de mañana. Al ser un centro educativo, el mayor consumo energético se encuentra condensado en el horario de 8:00 de la mañana a 15:00 de la tarde, dejando un consumo mínimo por la noche.



Figura 10. Centro Educativo Colegio Público Alcalde Ramírez Bethencourt.



Figura 11. Centro Educativo Colegio Público Alcalde Ramírez Bethencourt, vista cenital.

3.2 LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA

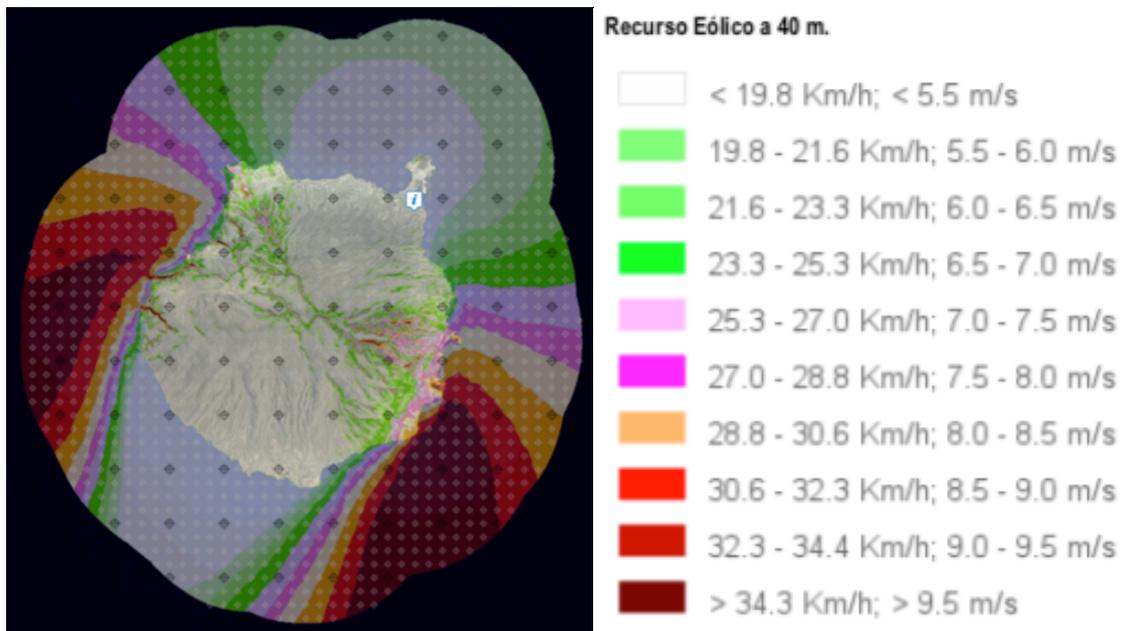
El centro educativo se encuentra en la localidad de Las Palmas de Gran Canaria, concretamente en el barrio de Miller Bajo, Calle Juan Saraza Ortiz nº 4.

UBICACIÓN CENTRO EDUCATIVO	
LATITUD	28,10648703
LONGITUD	-15,42859315
ALTITUD	79,13 m

Tabla 4. Ubicación Centro Educativo

Su ubicación favorece la instalación de energías renovables, ya que se encuentra en la parte alta de la ciudad, con vientos procedentes del Océano Atlántico sin ningún tipo de obstáculos y una alta radiación solar.

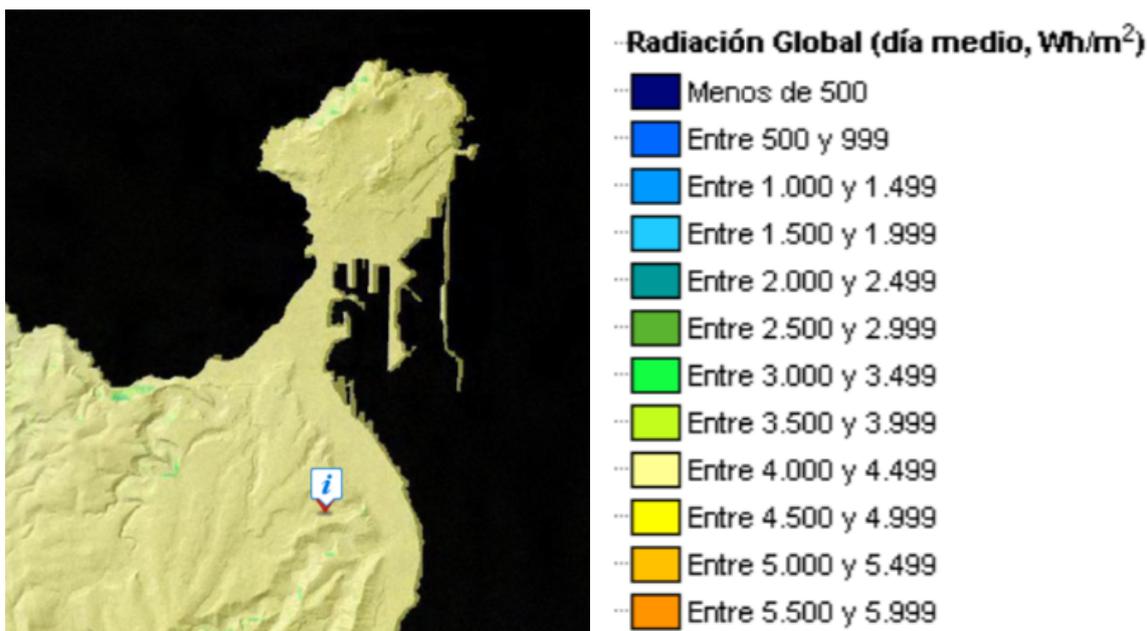
La velocidad del viento en esta zona es de unos 6 m/s de media durante todo el año, por lo tanto, cuenta con gran potencial eólico, llegando a producir energía de manera constante a lo largo del año, siendo un complemento de gran valor al sistema de producción energética.



Fuente: IDE Canarias, Infraestructura de Datos Espaciales de Canarias, ver Anexo I.

Figura 12. Recurso eólico a 40 m

La ubicación geográfica del centro educativo posee unas condiciones de radiación solar adecuadas, sobre los 4 KWh/m^2 de media diaria y un potencial fotovoltaico superior a 1.500 KWh/KWp . [17]



Fuente: IDE Canarias, Infraestructura de Datos Espaciales de Canarias, ver Anexo I.

Figura 13. Radiación Global

3.3 REQUISITOS ENERGÉTICOS

En cuanto a la demanda energética del centro educativo, se compone únicamente de consumo eléctrico, a continuación, se desglosa cada grupo de consumo:

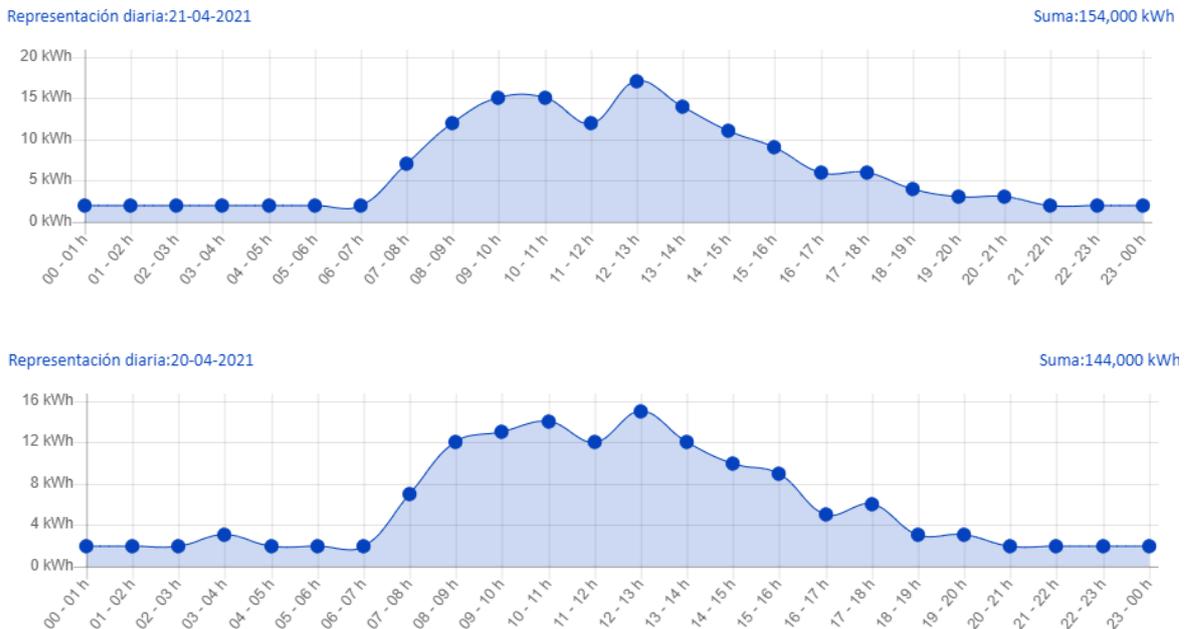
- Alumbrado
- Ventiladores
- Calefactores
- Equipos Informáticos (PC, Impresoras, Teléfonos, entre otros)
- Equipos Eléctricos (Nevera, Microondas, Cafetera, entre otros)

Consumo medio energético facilitado por la Unidad Técnica de Alumbrado del Ayuntamiento de Las Palmas de Gran Canaria, en el pasado año 2020 lo podemos encontrar en la siguiente tabla 5. Además, facilita el consumo real de 48 horas en los días 20 y 21 de abril de 2021.

FECHA INICIO	FECHA FIN	ACT.TOT (KWH)	FECHA INICIO	FECHA FIN	ACT.TOT (KWH)
31/12/19	31/1/20	4095	30/6/20	31/7/20	1624
31/1/20	29/2/20	3623	31/7/20	31/8/20	1555
29/2/20	31/3/20	2610	31/8/20	30/9/20	2704
31/3/20	30/4/20	1534	30/9/20	31/10/20	3637
30/4/20	31/5/20	1943	31/10/20	1/12/20	3846
31/5/20	30/6/20	1606	1/12/20	31/12/20	2780

Fuente: facilitado por la Unidad Técnica de Alumbrado del Ayuntamiento de Las Palmas de Gran Canaria.

Tabla 5. Consumo energético medio 2020



Fuente: facilitado por la Unidad Técnica de Alumbrado del Ayuntamiento de Las Palmas de Gran Canaria.

Figura 14. Consumo por hora, días 20 y 21 de abril 2021

Como se aprecia en la tabla 5, la potencia consumida en el año 2020 ronda los 2.630 KWH de media al mes, por norma general la media sería de unos 3.500KWH aproximadamente. Estos datos suministrados del pasado año tienen una pequeña disminución en los meses de marzo a septiembre, por motivo de emergencia sanitaria.

3.4 CONCLUSIÓN

Una vez estudiada la ubicación del centro educativo, se concluye que dicha ubicación favorece la implantación de un sistema generador de energías limpias, por tener velocidades de viento constantes y una radicación muy aceptable, esto se debe a que se encuentra en una zona alta de la ciudad de las Palmas de Gran Canaria.

CAPÍTULO 4. DISEÑO DEL SISTEMA DE GENERACIÓN ENERGÉTICA

ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA	28
ENERGÍA EÓLICA	29
DISEÑO DEL SISTEMA DE GENERACIÓN ENERGÉTICA.....	31
ALTERNATIVA ELEGIDA	32
BALANCE ENERGÉTICO	37
CONCLUSIÓN	39

En los siguientes apartados se estudiarán las fuentes de producción energética, eólica y fotovoltaica, describiendo su funcionamiento, eficacia y desarrollo, para cubrir gran parte del consumo energético del centro educativo.

4.1 ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA

La energía solar fotovoltaica es la transformación de la radiación recibida por el Sol en electricidad, concretamente en corriente continua. Este proceso lo realizan los paneles solares, que están conformados por módulos solares o fotocélulas conectados entre sí mediante semiconductores. Los materiales más habituales en los paneles solares son compuestos de silicio, pero existen diferentes estructuras cristalinas de silicio, las más utilizadas son:

4.1.1 MONOCRISTALINOS

Son paneles compuestos por células monocristalinas, estos módulos son los que mayor eficiencia, entre un 18-21%, y rendimiento aportan, se requiere una inversión mayor por su precio.



Figura 15. Célula Monocristalino

4.1.2 POLICRISTALINOS

Son células más económicas que los monocristalinos, pero menos eficientes, entre un 15-17%, cuya ventaja radica en la facilidad con la que es posible cortarlas en formas adecuadas para unirse en módulos.



Figura 16. Célula Policristalino

4.1.3 AMORFO

Las células fotovoltaicas tienen una eficiencia baja sobre el 8%, pero son mucho más económicas de producir.

4.1.4 COMPONENTES PRINCIPALES

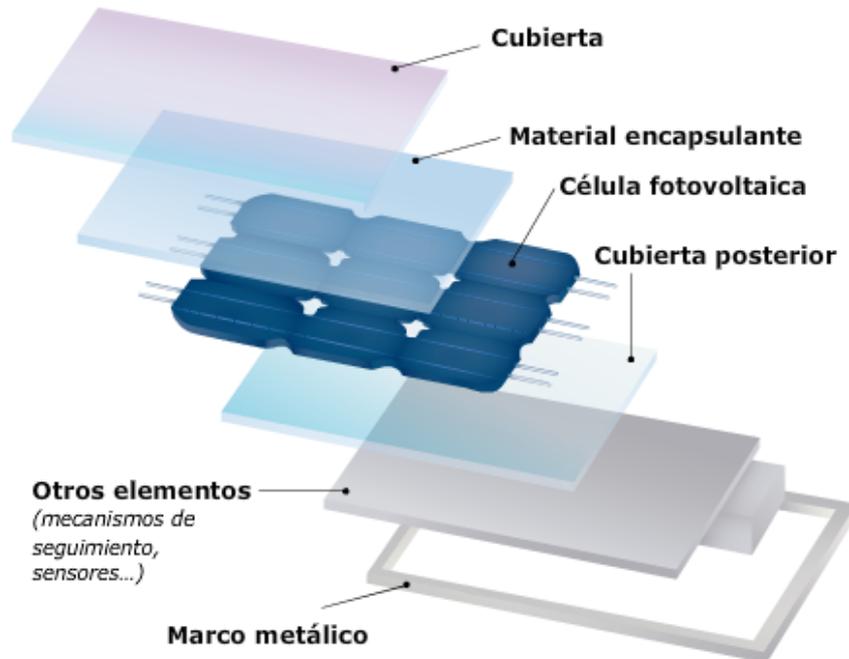


Figura 17. Componentes principales de los paneles solares

4.2 ENERGÍA EÓLICA

La energía eólica actualmente se subdivide dependiendo de su capacidad de producción, la mini-eólica y eólica a gran escala. Su homóloga pequeña es muy común en instalaciones urbanas como edificios, viviendas y parques, cubriendo gran parte del consumo energético a pequeña escala. Una de las ventajas que se encuentra es su capacidad de generar energía a bajas velocidades de vientos, además de ser una fuente de energía inagotable.

Los Aerogeneradores se clasifican según su capacidad de conversión de energía, teniendo en cuenta el diseño y ley de Betz, la cual establece el factor máximo de conversión entre la energía que transporta el viento a energía eléctrica, va a ser de tan solo del 59%, es decir, su valor máximo será $C_p = 0,59$. [7]

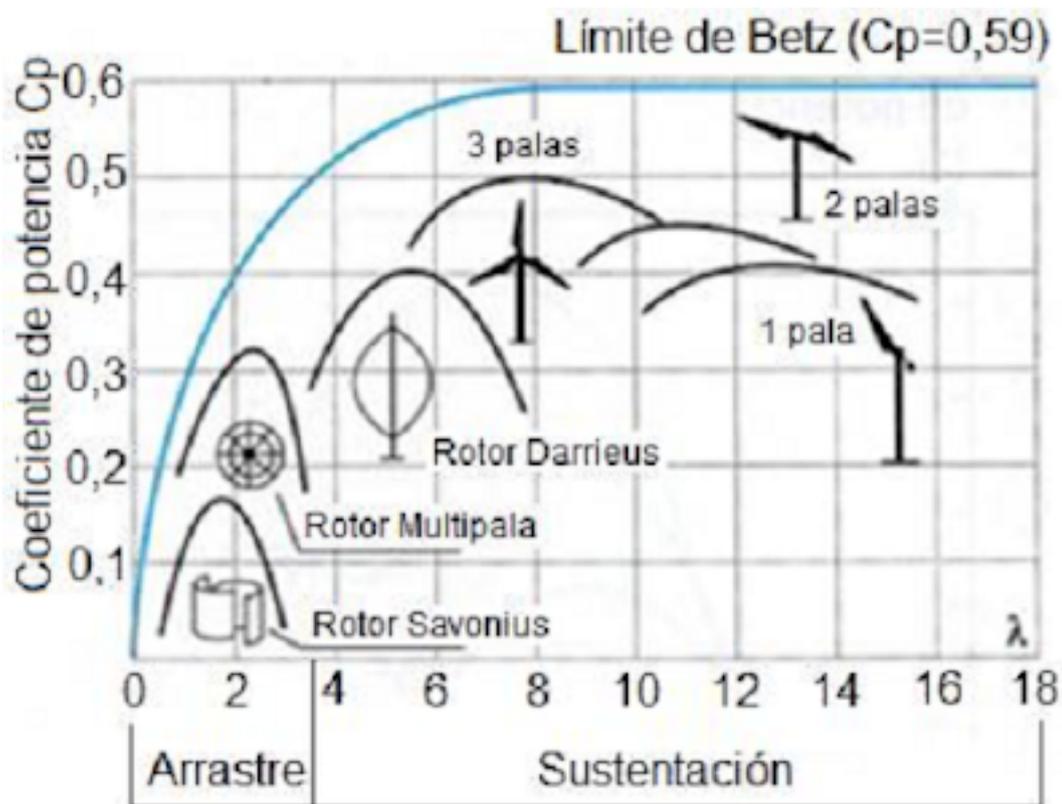


Figura 18. Factor de conversión, límite de Betz

Como se puede apreciar en la figura 18, existen diferentes diseños de aerogeneradores según el eje, número de palas y potencia.

4.2.1 TIPO DE EJE

4.2.1.1 EJE HORIZONTAL

Son los más comunes en las instalaciones eólicas por su eficiencia y capacidad de adaptarse a la dirección del viento, ya que posee una cola direccional que puede ser pasiva (tipo veleta) o activa (motorizada), este tipo de eólica no soportan cambios bruscos o rachas de viento constantes.

4.2.1.2 EJE VERTICAL

No son tan comunes como los de eje horizontal, ya que su eficiencia es menor. Una de las ventajas que tiene este tipo de aerogenerador es su capacidad de arranque a velocidades de viento bajas, no les afecta la dirección del viento y son ideales para instalarlos en parques y edificios en zonas urbanas por su tamaño y bajos niveles de ruido.

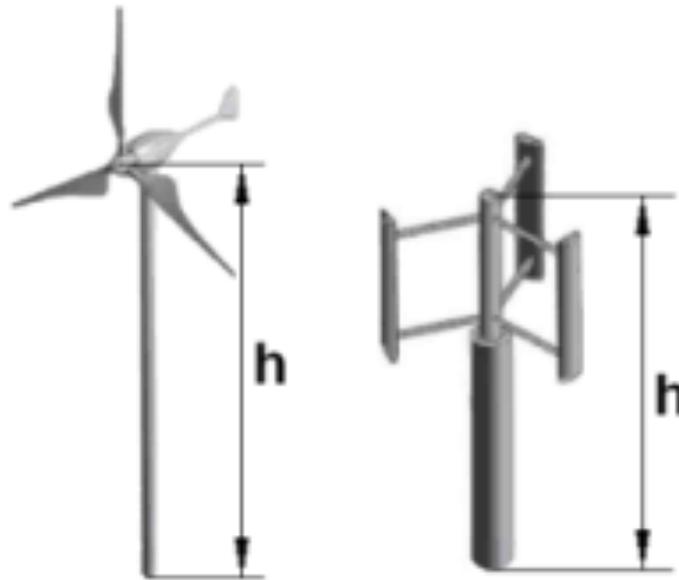


Figura 19. Aerogeneradores de eje Horizontal y eje Vertical respectivamente

4.2.2 NÚMERO DE PALAS

- Monopalas
- Bipalas
- Tripalas
- Multipalas

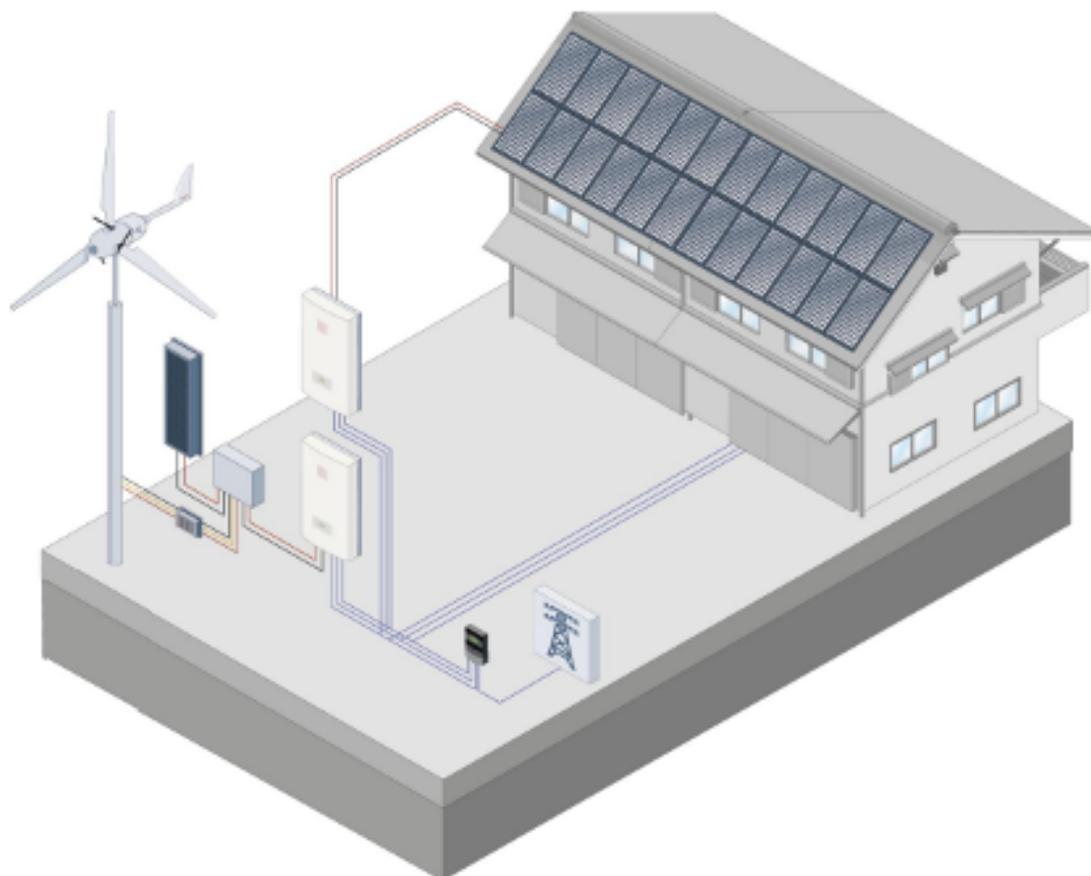
El número de palas es igual para los ejes horizontales como verticales, exceptuando los monopalas que solo los encontramos en eje vertical.

4.2.3 POTENCIA

- Microturbinas: con potencias entre 50 W - 3 kW
- Turbinas de baja potencia: con potencias entre 3 kW - 50 kW
- Grandes aerogeneradores: con potencias entre 200 kW - 850 kW
- Aerogeneradores multimegawat: superiores a 1 MW

4.3 DISEÑO DEL SISTEMA DE GENERACIÓN ENERGÉTICA

Para el abastecimiento del centro educativo se decide implementar un sistema híbrido conectado a red, fotovoltaica y eólica, unificando estos dos sistemas de producción, es decir, trabajando de forma simultánea, aportando energía en función de las condiciones meteorológicas de la zona en cada momento, procurando el menor consumo de la red eléctrica convencional.



Fuente: Enair [18]

Figura 20. Sistema de producción eléctrica híbrido conectado a red

4.4 ALTERNATIVA ELEGIDA

4.4.1 PANEL SOLAR FOTOVOLTAICO

La producción de energía mediante paneles solares varía fundamentalmente en función del tipo de panel instalado, el rendimiento y el recurso solar. El centro educativo está ubicado en un emplazamiento con una radiación global de unos 4 kWh/m^2 de media diaria, como se menciona en el capítulo anterior. Por otro lado, es importante tener en cuenta la superficie que pueden llegar a cubrir dichos paneles, el área reservada para la instalación fotovoltaica es de unos 350 m^2 . La distribución de los paneles se ha de realizar siguiendo varios criterios; optimizar la producción, ángulo de inclinación y reduciendo la sombra en paneles.



Figura 21. Área reservada para la instalación fotovoltaica

Se opta por instalar módulos fotovoltaicos de SUNPOWER MAXEON® 3 de 400 W, con una eficiencia de 22,6 % y un área de $1,76 \text{ m}^2$ [19], soportados en estructuras de aluminio ancladas al tejado que tengan una orientación y ángulo adecuados para optimizar al máximo su rendimiento.

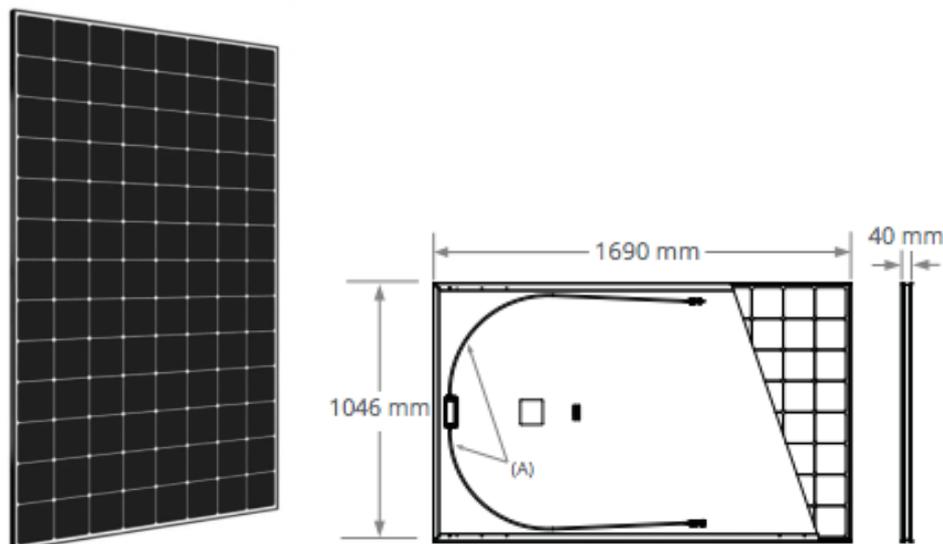


Figura 22. Panel solar fotovoltaico SunPower MAX3-400 W

Para cubrir las necesidades de consumo del centro educativo se deben instalar 80 paneles repartidos entre las dos zonas designadas para ello, llegando a cubrir 123 m^2 de área útil, dejando una distancia entre paneles y posibles obstáculos que puedan producir sombras.

La potencia total resultante de los 80 paneles de 400W, da como resultado unos 32 KWp. Por otro lado, debe tenerse en cuenta el número de paneles conectados en serie y paralelo

que se podrán instalar en el tejado, estos valores se ven restringidos por la potencia nominal y los rangos de tensión y corriente de entrada del inversor.

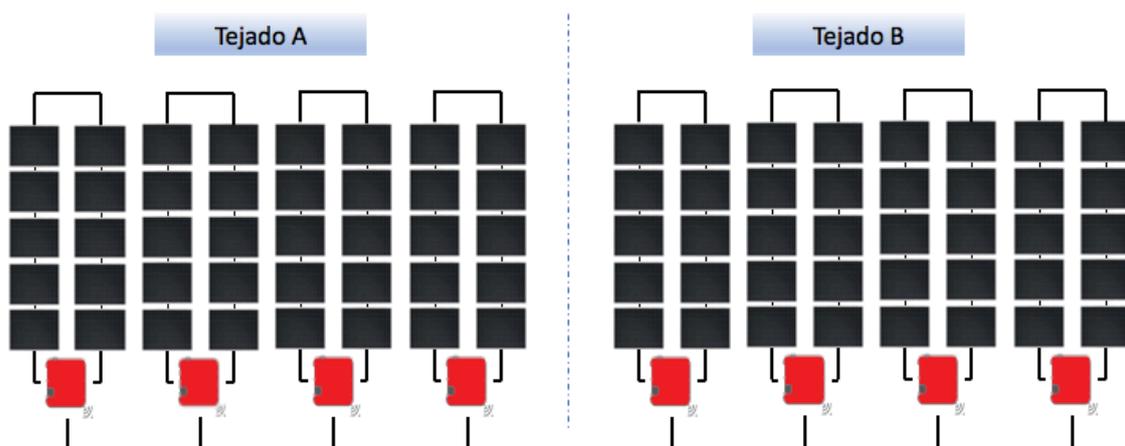
El inversor escogido es el modelo Sunny Boy 3.0, que presenta las siguientes características fundamentales para el dimensionamiento de los string fotovoltaicos.[20]

El número máximo de paneles que se pueden conectar en serie y en paralelo está limitado por la tensión máxima de entrada y por la corriente máxima de entrada del inversor. Las siguientes formulas están relacionadas con el número máximo de módulos en serie y paralelo respectivamente:

$$N_{serie} = \frac{V_{inversor}}{V_{módulo}} \quad (1)$$

$$N_{paralelo} = \frac{I_{inversor}}{I_{módulo}} \quad (2)$$

Calculando el número máximo de módulos que se pueden conectar al inversor, se obtiene que el número máximo en serie es de 9 módulos y 2 string en paralelo. Con esta configuración podemos instalar un total de 18 módulos, por cuestiones de espacio se decide instalar solo 5 paneles en serie por cada rama, con un total de 10 módulos en cada inversor. Para la implantación del sistema fotovoltaico se establece instalar un total de 8 subconjuntos, consiguiendo la máxima eficiencia en la instalación. Quedando como se muestra en la figura 23.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 23. Configuraciones de conexionado de los módulos – inversor

Por cada subconjunto de módulos fotovoltaicos obtenemos unos 4 KWp y la potencia total instalada es de 32 KWp.

4.4.2 AEROGENERADOR

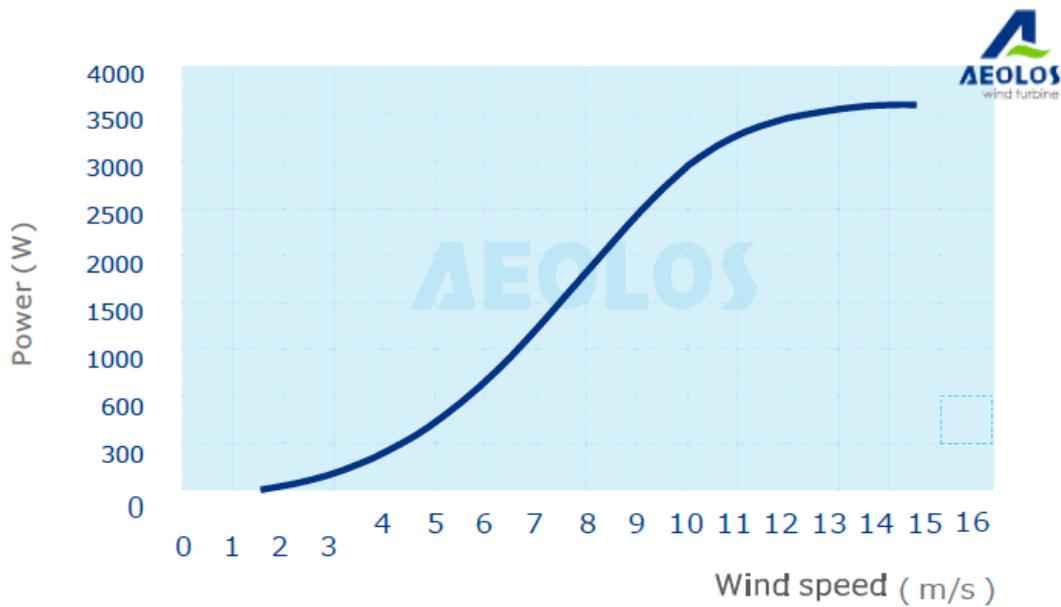
Para el dimensionamiento del sistema eólico de producción, teniendo en cuenta la producción de energía del sistema fotovoltaico, este proyecto se fundamenta en las horas de poca radiación o nula. En el caso de la noche, se decide instalar 2 aerogeneradores AEOLOS - V 3 KW de eje vertical, gracias a su arranque a velocidades de viento bajas, ideales para instalaciones en tejados y niveles de ruido bajos, ocupando menos espacio de barrido que sus homónimos de eje vertical.[21]



Figura 24. AEOLOS – V 3 KW, eje horizontal

El modelo AEOLOS-V 3K cuenta con la siguiente curva de potencia, donde se comprueba que su arranque y producción de energía comienza en pequeñas velocidades de viento, aproximadamente en unos 2 m/s, entre 12 y 15 m/s llega a su máxima producción de 3,6 KW.

Aeolos-V 3kW Power Curve



Fuente: Ficha Técnica AEOLOS-V 3K, ver anexo II

Figura 25. Curva de potencia AEOLOS-V 3K

Para su instalación se designan dos áreas del edificio, en el lado opuesto de los módulos fotovoltaicos, salvaguardando las sombras y posibles interferencias.

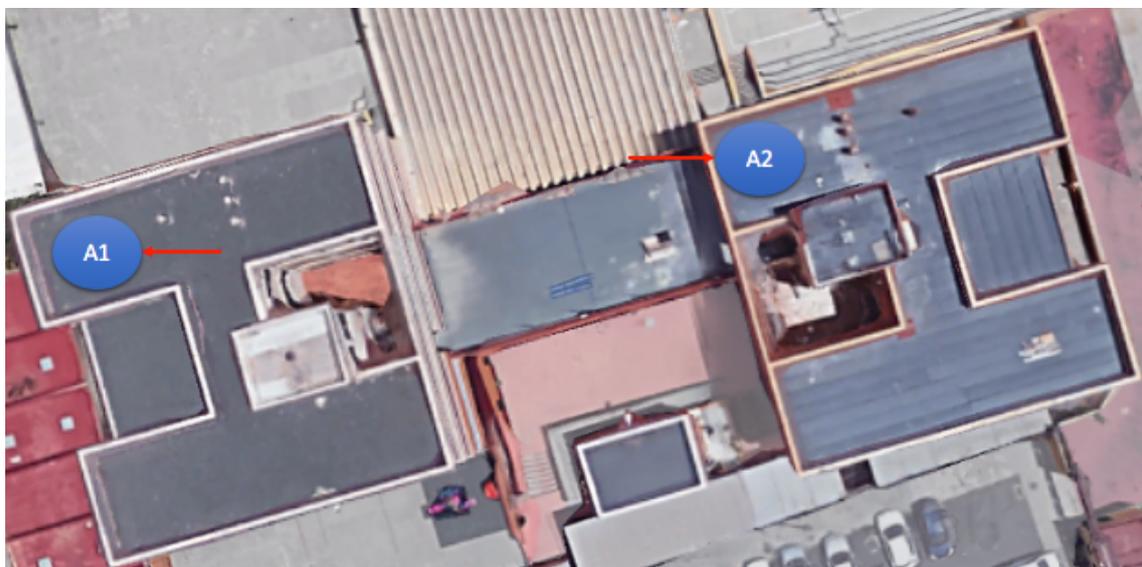


Figura 26. Área reservada para la instalación eólica

Al igual que los módulos fotovoltaicos, los aerogeneradores requieren de un inversor de corriente continua a corriente alterna (DC/AC), se decide instalar dos inversores ABB small wind inverters de 4,2 KW cada uno, con una eficiencia del 96.8%. [22]

4.5 BALANCE ENERGÉTICO

Para el estudio del balance energético del centro educativo se tienen en cuenta el consumo de potencia en KWh, en la figura 14 del Capítulo 3 se observa el consumo en dichas horas, para el estudio del Trabajo de Fin de Grado se simulan un total de 30 días siendo necesaria para el diseño de la producción energética y el abastecimiento del centro. A continuación, se desglosa el consumo estimado por hora y la potencia generada por cada sistema de producción, solar y eólico.

Como se observa en la figura 27 el consumo del centro educativo presenta una media diaria por hora de 6,48 KWh, en las siguientes graficas se representan 3 días para poder observar en detalle los puntos de mayor consumo energético.

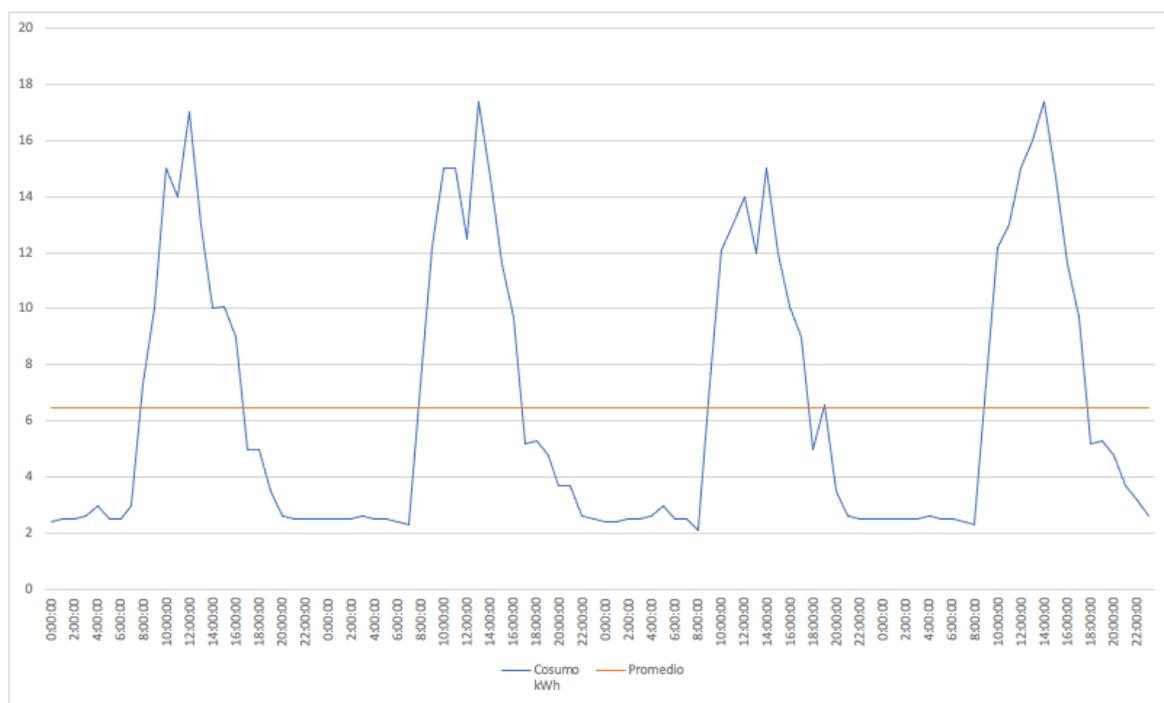


Figura 27. Consumo medio del centro educativo (KWh)

Los sistemas de producción elegidos en el apartado anterior describen abastecen en gran medida el consumo requerido por el centro educativo, como se puede observar en la figura 28, el sistema generador eólico produce energía en aquellas horas en la que el sistema solar no es capaz de generar o abastecer dicha demanda requerida por parte del centro escolar.

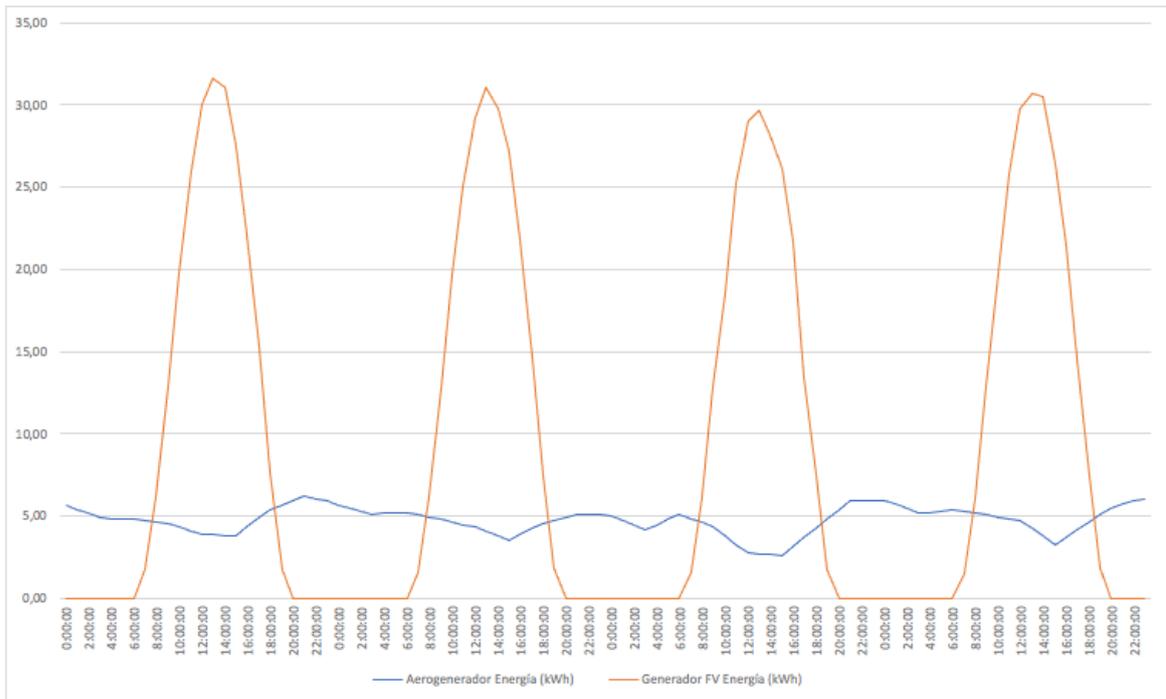


Figura 28. Producción de energía por los sistemas generadores (KWh)

Para estudiar el balance general del sistema implantado se realiza una diferencia entre consumo requerido y la potencia total generada, como se puede observar en la figura 29 se consigue un abastecimiento en gran parte del día.

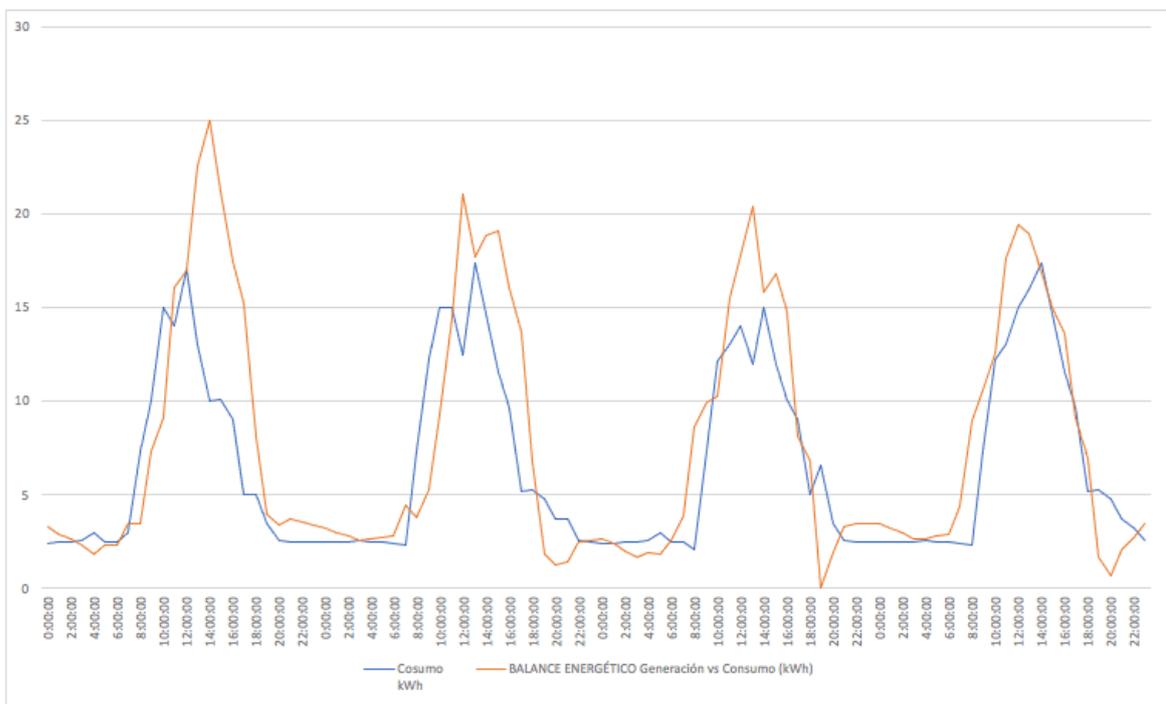


Figura 29. Balance general del sistema implantado.

4.6 CONCLUSIÓN

Una vez valoradas las distintas características de las fuentes generadoras de energía, tanto solar como eólica, se decide instalar los equipos valorando tanto su eficiencia como la ubicación en donde van a ser instalados. Para los paneles solares, se eligió un módulo un poco más acorde a la eficiencia, ya que las dimensiones en este tipo de instalaciones pueden variar poco. Sin embargo, teniendo en cuenta que, al ocupar gran parte del área asignada, se debe reducir al máximo las sombras que otros obstáculos puedan provocar; los aerogeneradores elegidos tienen como función principal aportar la energía faltante en las primeras horas de la mañana y en las últimas de la tarde, donde los paneles no se encuentran en su mayor producción. Seguidamente se ha escogido dos aerogeneradores de eje vertical, por su menor tamaño y reducido radio de barrido, primando la eficiencia del generador y ganando en espacio y versatilidad a la hora de instalarlos.

El balance general obtenido muestra como en gran parte del día el abastecimiento energético es mayor al consumo requerido por el centro educativo, se observa que el sistema eólico solventa aquellas horas de baja o nula radiación solar donde los módulos solares no son capaces de producir energía.

CAPÍTULO 5. SENSORES CAPTADORES DE INFORMACIÓN

PROTOCOLO MODBUS	42
ESTACIÓN METEOROLÓGICA	43
SENSORES CAPTADORES	44
CONCLUSIÓN	46

A continuación, se explicarán los diferentes sensores captadores de información instalados en la red de monitorización de datos, así como también, el protocolo de comunicación entre los sensores y el sistema de interconexión Node-Red.

5.1 PROTOCOLO MODBUS

Es un protocolo de comunicación situado en los niveles 1, 2 y 7 del modelo OSI, basado en la arquitectura maestro/esclavo, desarrollados en los años 1979 por Modicon, es un protocolo de software libre y fácil implementación, se extendió como uno de los protocolos de comunicación de datos en la industria.

Actualmente existen dos modelos de comunicación Modbus, Unidad de Terminal Remota (RTU) y Ethernet (TCP/IP), su comunicación es mediante tramas de datos. Una trama Modbus está compuesta por una Unidad de Datos de Aplicación (ADU), que incluye una Unidad de Datos de Protocolo (PDU):[23]

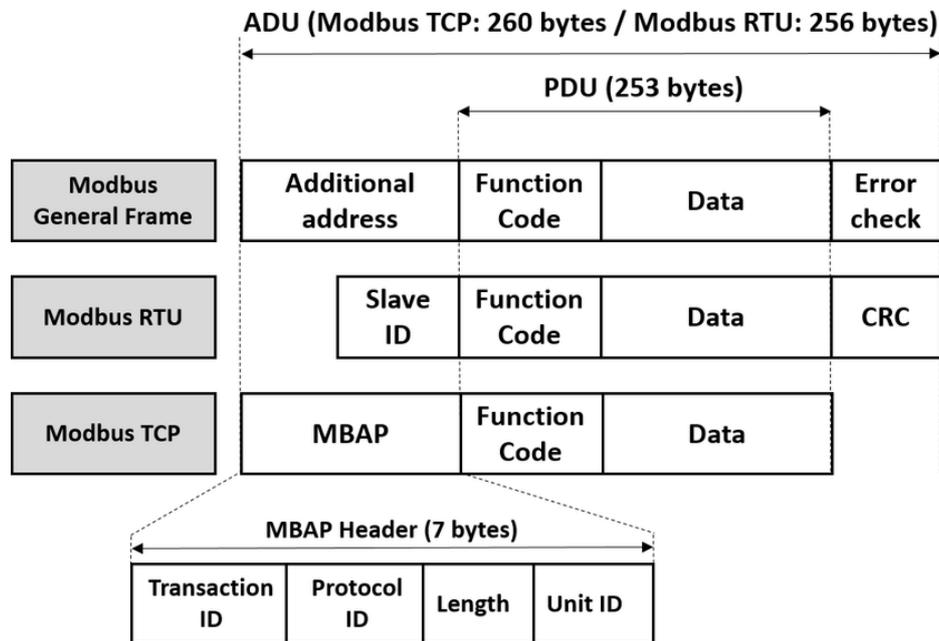


Figura 30. Trama de datos Modbus RTU - TCP/IP

La integración del protocolo Modbus RTU en la monitorización mediante sensores en una instalación de energía renovables, es una solución económica y de fácil incorporación al proyecto, por su compatibilidad con los sistemas de interconexión de datos (Node-Red) y por su versatilidad en establecer una red de sensores captadores en los diferentes puntos de producción y estación meteorológica. Cada dispositivo de la red Modbus posee un identificador que debe ser único, la cual se debe configurar a la hora de montar dicha red de sensores.

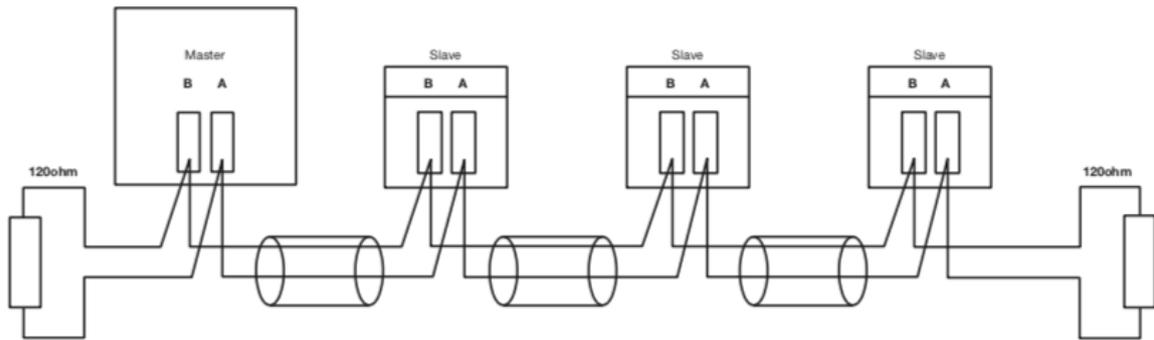


Figura 31. Esquema de conexión Maestro/Eslavo Modbus RTU

5.2 ESTACIÓN METEOROLÓGICA

La producción de energías limpias depende en todo momento de las condiciones climáticas y en algunos casos este factor puede llegar a ser un gran hándicap, la monitorización constante del estado de clima aporta información útil para la gestión de un sistema fundamentado en energías renovables. Estos datos pueden ser utilizados para estudiar la eficiencia en la producción de energía de los paneles solares y los aerogeneradores, basándose en la teoría de cálculos energéticos predicen dicha producción y se determina si la red presenta alguna anomalía o daños, solventado de esta manera otra desventaja que presentan las instalaciones de energías renovables.

Al monitorizar estos factores climáticos y desarrollar una ruta de producción teórica en cada momento, se puede dotar a la instalación de un mantenimiento preventivo, ya que se anticipan posibles fallos de los equipos instalados. De este modo, la incorporación de la estación meteorológica en las instalaciones del centro educativo es de gran importancia, se decide instalar un sistema compatible con el equipamiento tecnológico, tanto hardware como software, descrito previamente en el capítulo 2 (Descripción general de los sistemas de interconexión entre hardware y software).

El modelo de dicha estación meteorológica es el Vantage Pro2 Plus del fabricante Davis. La estación cuenta con una pasarela Ocean con protocolo Modbus RTU, por la cual se recuperarán los datos. Este modelo posee la capacidad de captar información como: velocidad del viento, temperatura, humedad, radiación solar y muchos más datos.[24]



Figura 32. Estación Meteorológica Davis Vantage Pro2 Plus y pasarela Ocean Modbus RTU

5.3 SENSORES CAPTADORES

Para la captación de información de los distintos sistemas de producción de energía, se decide instalar la serie Eastron DCM230, que están diseñados para medir y monitorear en sistemas de CC parámetros como: voltaje, corriente, potencia y energía, entre otros. [25]

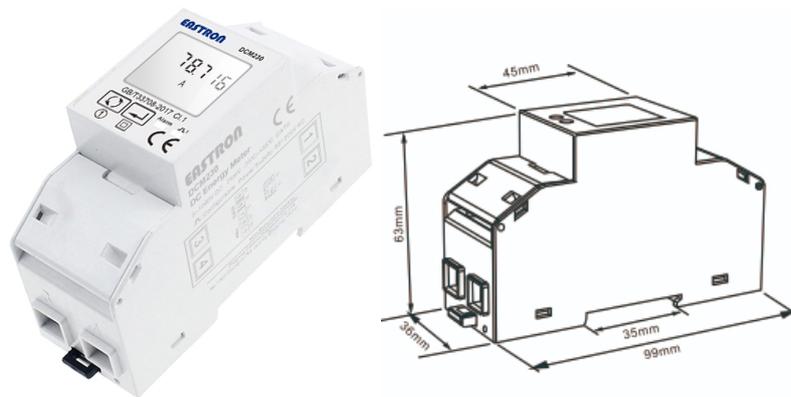


Figura 33. Eastron DCM230

El modelo DCM230 tiene dos versiones que funcionan con alimentación de CA o CC, para este proyecto se implementara la versión de CC, dando más información de la producción de energía sin ningún tipo de pérdidas por parte de los inversores de corriente de cada uno de los sistemas de producción. Como se menciona anteriormente, cada medidor posee un identificador. El modelo de Eastron cuenta con una conectividad en red de hasta 247 dispositivos conectados en red.

La configuración del DCM230 en versión CC es la siguiente:

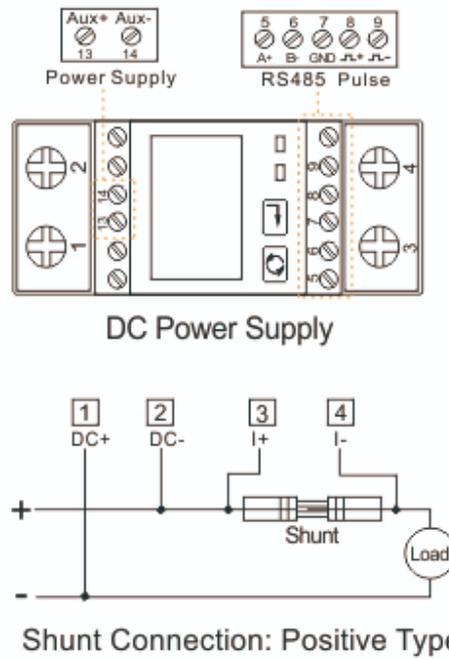


Figura 34. Conexión CC modelo Eastron DCM230

El conexionado de los medidores se realizará en la entrada de cada inversor, es decir, justo antes de que la corriente continua sea transformada en alterna, quedando de la siguiente manera:

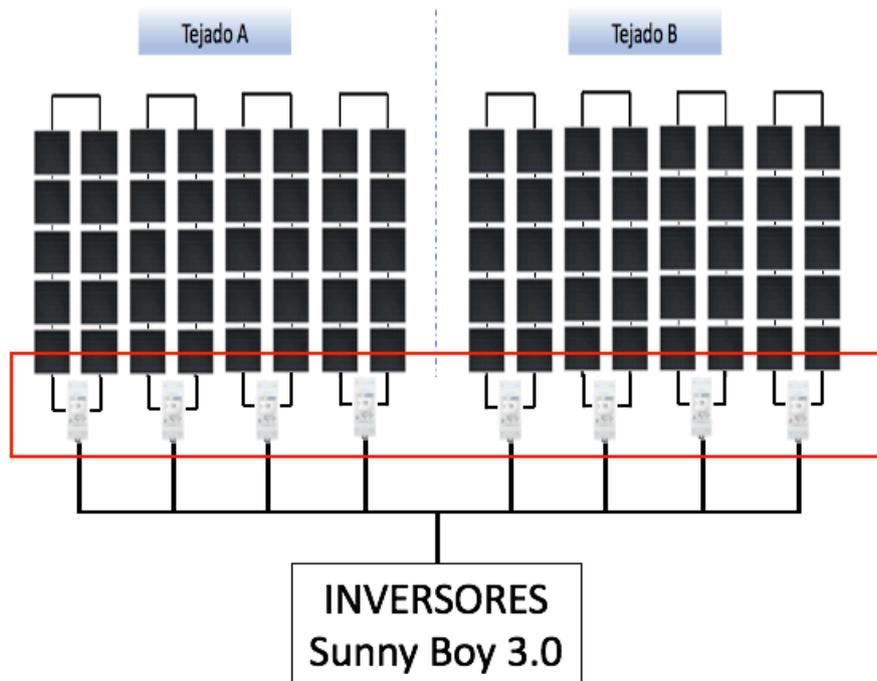


Figura 35. Conexionado de sensores Eastron DCM230 – String fotovoltaicos

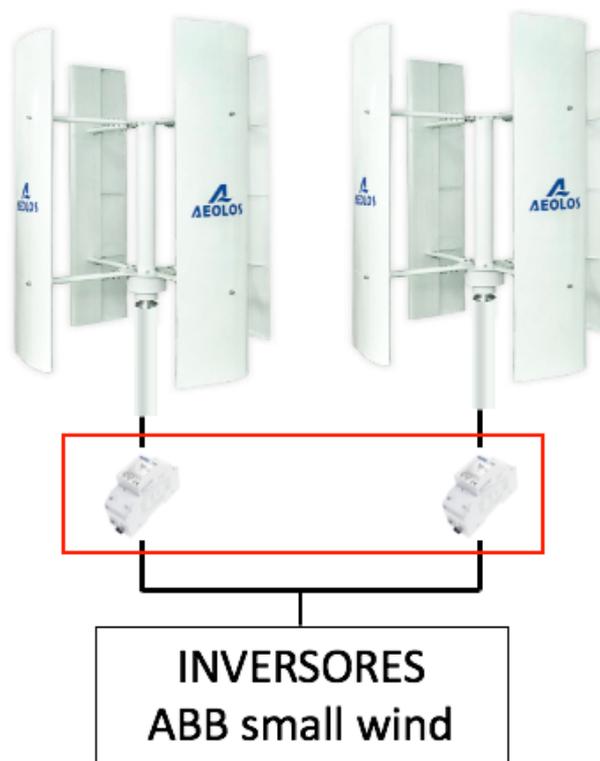


Figura 36. Conexión de sensores modelo Eastron DCM230

Para puesta en marcha del sistema de sensores en la red de producción energética, se instalan un total de 10 sensores tipo Eastron DCM230 y 1 sensor Ocean RTU para la estación meteorológica.

5.4 CONCLUSIÓN

Para la selección de los sensores se tomó en cuenta la conectividad, el flujo de datos capturados y el protocolo Modbus, concretamente el RTU, donde se puede tener una red de sensores Modbus RTU. Estos sensores están ubicados en la salida de cada string en el caso de los paneles solares y en la salida de cada aerogenerador, para captar los datos de producción sin ningún tipo de pérdida que se pueda producir al pasar por los inversores. La estación meteorológica posee una pasarela (sensor Ocean) con el protocolo Modbus, el proceso de captación es único del fabricante, pero compatible con el protocolo mencionado anteriormente.

CAPÍTULO 6. PLATAFORMA DE GESTIÓN DE LA INFORMACIÓN

MONITORIZACIÓN MEDIANTE SENSORES.....	48
SIMULACIÓN.....	53
PANEL DE VISUALIZACIÓN.....	57
CONCLUSIÓN	63

En este capítulo se desglosa todo el sistema de simulación y visualización del sistema general de monitorización mediante sensores, dando una alternativa a la puesta en marcha de los sensores mediante la simulación de los valores teórico práctico de los diferentes equipos que conforman la red de abastecimiento energético.

6.1 MONITORIZACIÓN MEDIANTE SENSORES

A continuación, se presentan los diagramas de extracción de datos mediante los sensores captadores de información:

6.1.1 SENSOR OCEAN

Mediante la captación de datos suministrados por el sensor Ocean de la estación meteorológica se procede a calcular la potencia máxima teórica en cada instante de tiempo que deberán producir los sistemas generadores de energía.

Para ello se hace uso de la plataforma Node-Red, donde se procesarán dichos datos obtenidos, posteriormente los resultados obtenidos serán almacenados en la base de datos InfluxDB. A continuación, se puede observar el esquema diseñado para dicho procedimiento.

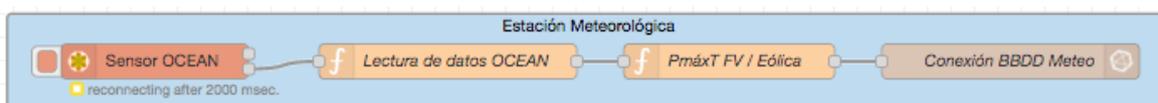


Figura 37. Node-Red, Estación meteorológica

El proceso de extracción de datos por parte del sensor Ocean de la estación meteorológica, es mediante el protocolo mencionado anteriormente (Modbus RTU), dicho procedimiento es interno del fabricante Davis, por lo cual los datos serán simulados.

6.1.2 SENSORES DCM230 EASTRON

De igual forma que el sensor Ocean, la extracción de los datos viene dada por el fabricante (ver anexos para más información sobre los sensores Eastron DCM230). Para la lectura de los datos se instala un nodo llamado Modbus en la plataforma de interconexión Node-red, para su configuración se debe tener en cuenta que cada sensor posee un único identificador, como se menciona anteriormente en este proyecto. En la figura 38 se muestra cómo quedaría dicha configuración en la plataforma de interconexión Node-red.

Se configura el identificador del sensor con el número 1 (1-247 para el resto de los sensores), código de función en este caso es de lectura por lo tanto toma el valor FC4, se extrae toda la información del sensor desde la posición 0 hasta la 72 y se configura el servidor, indicando que es de tipo serial conexión RTU.

The image shows two screenshots of a configuration interface. The top screenshot is titled "Edit Modbus-Read node" and contains the following fields: Name (Sensor FV 01), Topic (Topic), Unit-Id (1), FC (FC 4: Read Input Registers), Address (0), Quantity (72), Poll Rate (5 second(s)), Delay on start (checkbox), and Server (Sensor FV 01). The bottom screenshot is titled "Edit Modbus-Read node > Edit modbus-client node" and contains the following fields: Name (Sensor FV 01), Type (Serial), Serial port (/dev/ttyUSB), Serial type (RTU-BUFFERD), Baud rate (9600), and Unit-Id (1).

Figura 38. Configuración sensor Eastron DCM230

El proceso de configuración es igual para el resto de los sensores DCM230.

Una vez conectados los sensores con la plataforma Node-red, se extraen los datos del sensor mediante una función, programada en javascript como la que se muestra a continuación.

```

1 let voltaje = msg.payload.buffer.readFloatBE(0,4);
2 let corriente = msg.payload.buffer.readFloatBE(12,4);
3 let potenciaactiva = msg.payload.buffer.readFloatBE(24,4);
4 let potenciaaparente = msg.payload.buffer.readFloatBE(36,4);
5 let potenciareactiva = msg.payload.buffer.readFloatBE(48,4);
6 return [
7   {
8     payload: {
9       voltaje: parseFloat(voltaje),
10      corriente: parseFloat(corriente),
11      potenciaactiva: parseFloat(potenciaactiva),
12      potenciaaparente: parseFloat(potenciaaparente),
13      potenciareactiva: parseFloat(potenciareactiva)
14    }, topic:"SDM230 FV01"
15  }
16 ];

```

Figura 39. Función Javascript, extracción de datos sensor DCM230

Estos datos llegan en forma de buffer y en grupos de 4 en 4, siguiendo el manual de los sensores se puede analizar en qué tramo de buffer se encuentra dicha información. De la línea 1 a la 5 se recupera la información del sensor, almacenándola en una variable. Posteriormente en las líneas 9 a la 13, además de convertirlas en un número, generan la salida a estos valores.

La función estaría dentro del nodo que se puede apreciar a continuación, donde entra la información por la izquierda, dicha información se procesa como ya se ha expuesto y sale por la derecha para su posterior almacenamiento.

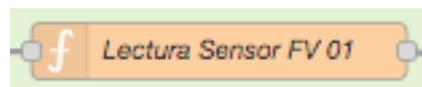


Figura 40. Nodo lectura Sensor

El esquema de interconexión de nodos para la extracción de datos de ambos sistemas de generación de energía queda reflejada como se puede apreciar en la imagen.

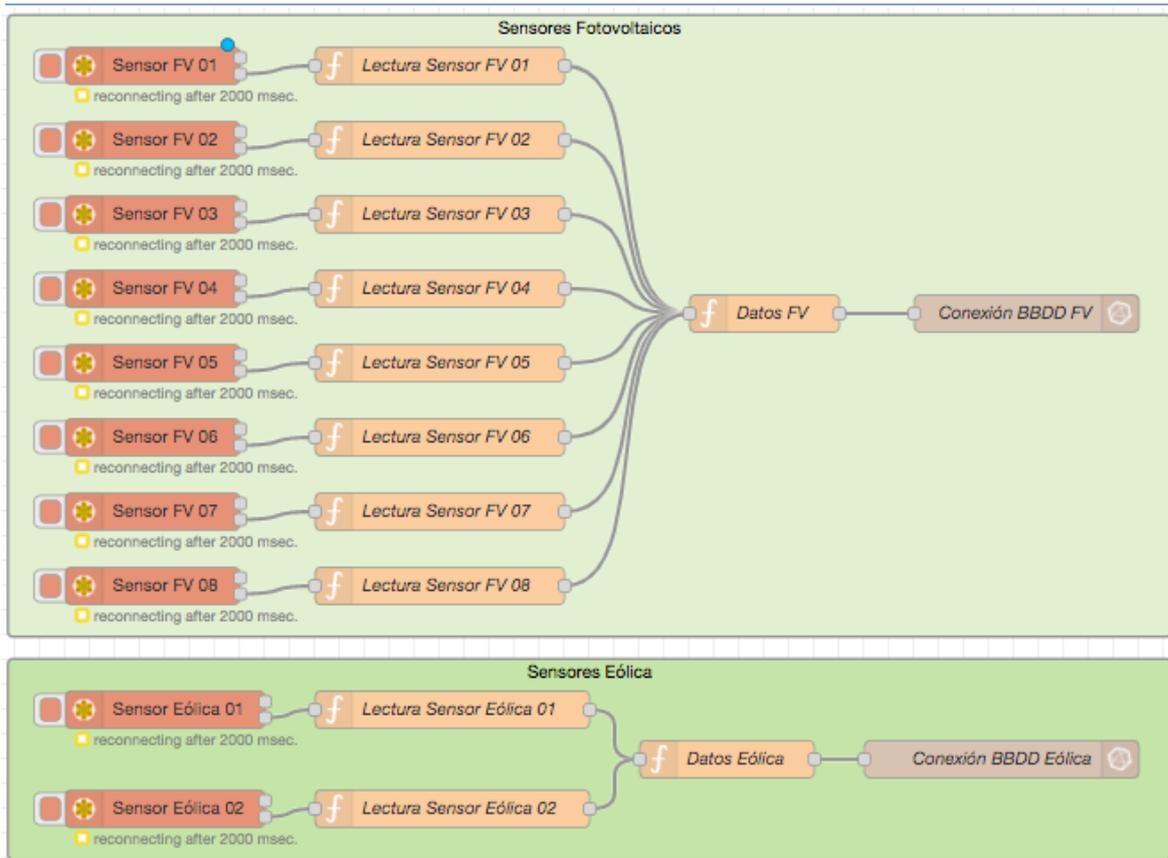


Figura 41. Node-Red, Sistema de monitorización

Todos los sensores se encuentran en el lado izquierdo de la imagen, pasando la información a la función de lectura y almacenándolos en la base de datos que se encuentra en el nodo de la derecha.

Para la configuración de la base de datos, se crea previamente dicha base de datos en el servidor influxDB: momese es el nombre de la base de datos (Monitorización Mediante Sensores)

“CREATE DATABASE momese”

“USE momese”

Una vez creada la base de datos, se procede a la conexión entre Node-Red y InfluxDB, como se puede visualizar en la imagen 39. Indicando el nombre de la base de datos y el host donde se encuentra dicha BBDD.

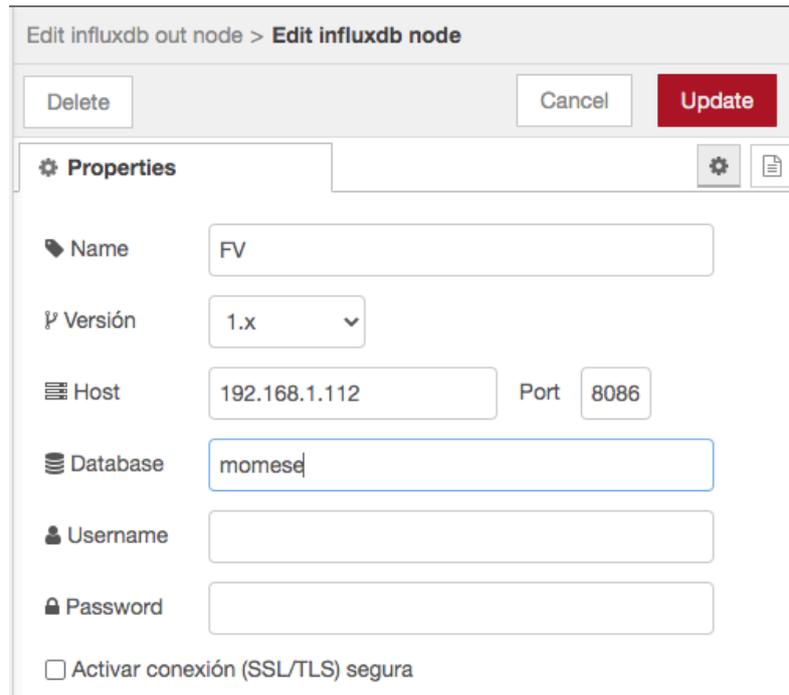


Figura 42. Conexión Node-Red y InfluxDB

A continuación, se indica el nombre de la tabla FV que se desea crear con los campos a almacenar, estos campos toman como nombre las variables que salen de la función Lectura Sensor vistas en el script anterior.

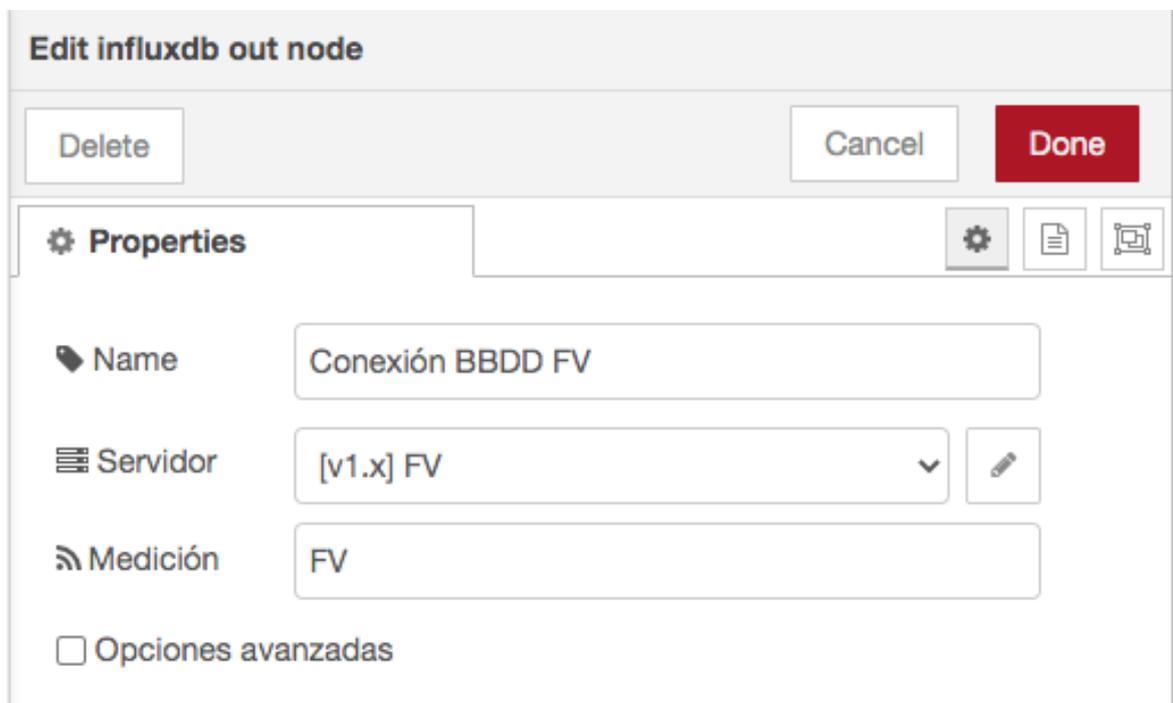


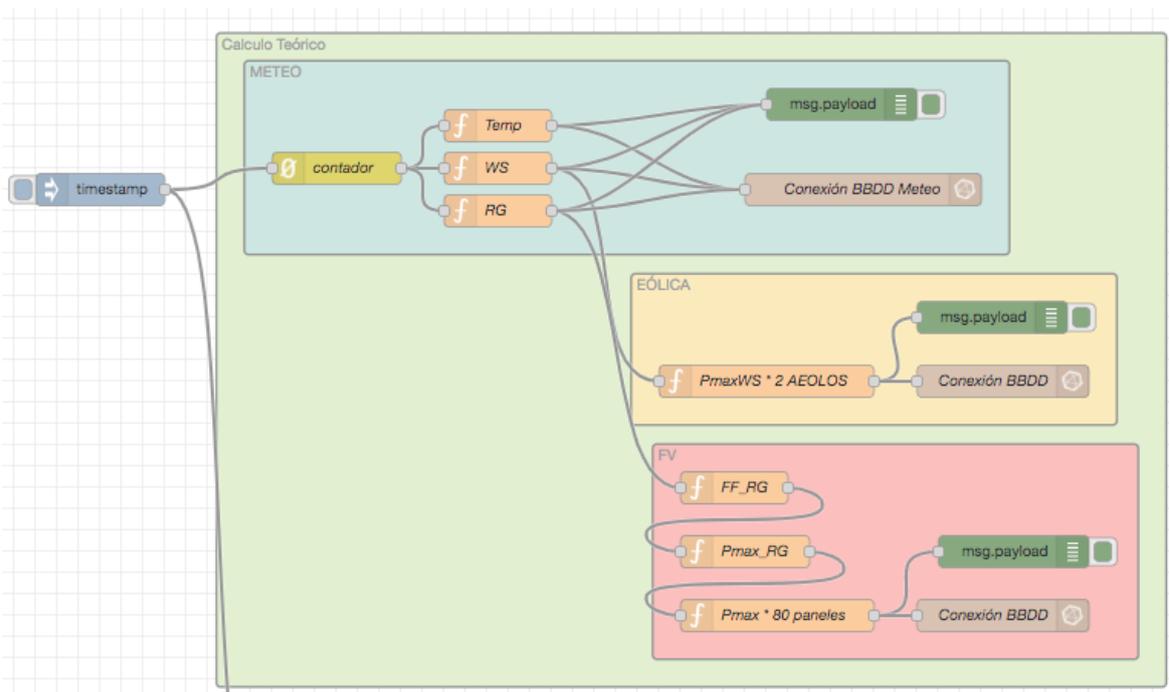
Figura 43. Conexión Node-Red y InfluxDB

Este procedimiento de configuración es igual para todos los nodos con conexión a la base de datos, teniendo en cuenta que se debe gestionar dichas tablas en función de la procedencia de los datos.

6.2 SIMULACIÓN

Para la realización de pruebas en este proyecto, por las circunstancias de obtener datos reales, se decide simular dicha información como se muestra en la figura 44. Haciendo uso de las ecuaciones necesarias que se explicarán en el Capítulo 7, se procede a la simulación de datos, tanto para la estación meteorológica como para los diferentes equipos productores de energía.

La simulación teórica a partir de los datos de la estación meteorológica esta esquematizada de la siguiente manera:



Pariendo de izquierda a derecha se explican cada nodo.

Figura 44. Simulación teórica de los datos captados por la estación meteorológica – Node-red

El primer nodo es un pulso que se activa cada 5seg (tiempo tomado para realizar un recorrido de 24 horas en poco tiempo) para proceder a la simulación.

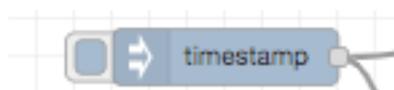


Figura 45. Pulso – Node-red

Se designa un contador que va desde 0 a 23, simulando el pasar de cada hora del día, haciendo un total de 24 horas/24 tomas, este contador se reinicia y vuelve a contar.

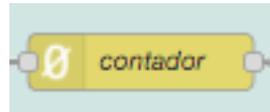


Figura 46. Contador – Node-red

Seguidamente se presentan 3 funciones que simulan la temperatura, radiación solar y velocidad del viento, datos necesarios para el estudio de la producción teórica y práctica en esta simulación.

A continuación, se desglosa dicha función, estos datos son solo de carácter intuitivos, simulando un entorno lo más real posible y siguiendo una continuidad en los valores.

```

let i=msg.count;

if(i<=6){
    var Temp = Math.floor(Math.random() * (15 - 12))+12;
    return [{payload:{Temp},topic:'noche1'}];
}else if(i>6 & i<=12){
    var Temp = Math.floor(Math.random() * (20 - 15))+15;
    return [{payload:{Temp},topic:'dia1'}];
}else if(i>12 & i<=19){
    var Temp = Math.floor(Math.random() * (25 - 20))+20;
    return [{payload:{Temp},topic:'dia2'}];
}else if(i>19 & i<=23){
    var Temp = Math.floor(Math.random() * (20 - 15))+15;
    return [{payload:{Temp},topic:'noche2'}];
}

```

Figura 47. Función Javascript – simulación de temperatura

Para los datos de radiación y velocidad del viento se sigue el mismo patrón de script, obteniendo datos acordes a la variable que se desea estudiar.

Y por último se almacenan los datos en la base de datos, de la misma forma mencionada anteriormente, completando así el primer bloque de este esquema.

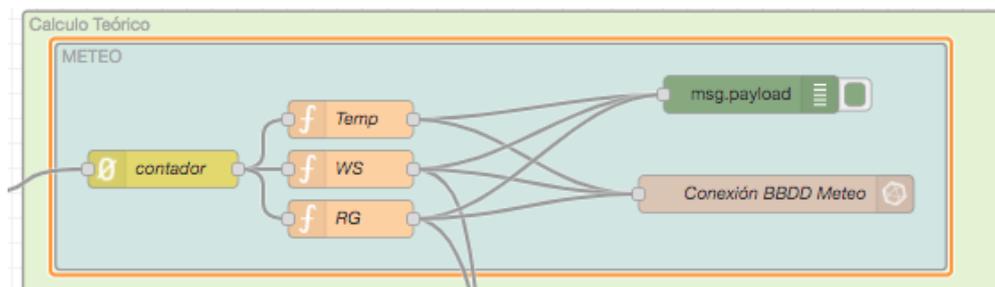


Figura 48. Bloque METEO – Estudio teórico

En la segunda parte del esquema aparece el bloque eólico, donde se configura a partir de la ecuación de la línea de tendencia del aerogenerador, ecuación que se explica más adelante en el Capítulo 7.

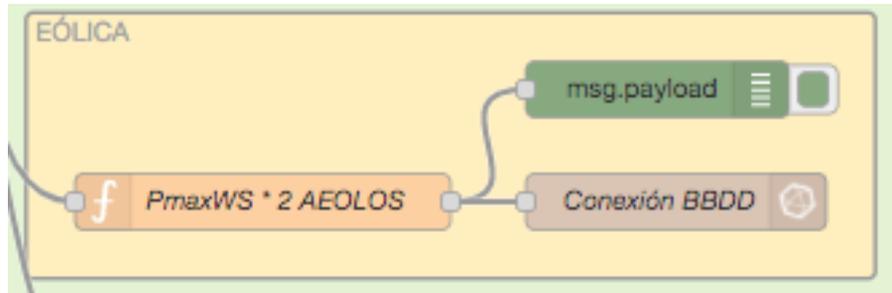


Figura 49. Bloque eólico – Estudio teórico

La potencia máxima depende de la velocidad del viento en cada momento, dicho valor lo tomaremos de la función anterior WS, y se procederá a calcular la PmaxWS como se puede ver en la figura 50.

```

1
2 let x = msg.payload.WS;
3 var a = Math.pow(x, 6);
4 var b = Math.pow(x, 5);
5 var c = Math.pow(x, 4);
6 var d = Math.pow(x, 3);
7 var e = Math.pow(x, 2);
8
9
10 let PmaxWS = ((0.0089*a - 0.2784*b + 2.0348*c + 7.7354*d
11             - 85.259*e + 246.15*x - 178.34)*2)/1000;
12 PmaxWS = parseFloat(PmaxWS.toFixed(2));
13
14 return [{payload:{PmaxWS},topic:'PmaxWS'}];
15

```

Figura 50. Función Javascript – simulación de PmaxWS

Cerrando este bloque con el almacenamiento de datos obtenidos en la base de datos.



Figura 51. Conexión BBDD

Tercer y último bloque del estudio teórico, es el de los paneles solares fotovoltaicos, donde de igual forma se hace uso de las ecuaciones correspondientes para el cálculo de la potencia máxima obtenida a partir de los datos de la estación meteorológica.

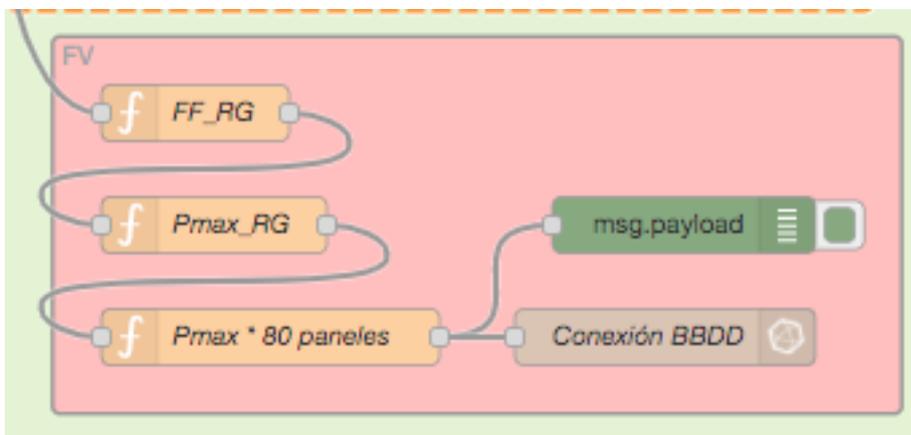


Figura 52. Bloque fotovoltaico – Estudio teórico

En las siguientes imágenes se describe la programación usada para la simulación de dichas fórmulas y datos obtenidos de la estación.

Para el cálculo del Factor de forma y la corriente de cortocircuito afectado por la irradiancia se implementa el siguiente script.

```

1
2 let Istc = 6.58;
3 let Vstc = 75.6;
4 let Pmax = 400;
5 let FFstc = Pmax/(Istc*Vstc);
6 FFstc = parseFloat(FFstc.toFixed(2));
7
8 let RG = msg.payload.RG;
9
10 let I_RG = RG*(Istc/1000);
11 I_RG = parseFloat(I_RG.toFixed(2));
12
13
14 let FF_RG = FFstc-((1000-RG)/10000);
15 FF_RG = parseFloat(FF_RG.toFixed(2));
16 return [{payload:{FF_RG,I_RG},topic:'FF_RG I_RG'}];
17

```

Figura 53. Función Javascript – simulación de FF y I afectada por la irradiancia.

Siguiendo el mismo procedimiento se calcula la potencia máxima afectada por la irradiancia y la temperatura, una vez calculada la potencia se multiplica por el número de paneles dando

como solución el total de potencia teórica que se puede producir a partir de las condiciones climáticas, en este caso simuladas.

Para el estudio de los datos captados por los equipos generadores de energía se sigue el mismo esquema de simulación, dando lugar a pequeñas variaciones en los cálculos para forzar cambios en los resultados y poder realizar una comparativa de la eficiencia, en los datos obtenidos por la estación meteorológica, cuyos datos serán la producción teórica estimada que se puede conseguir a partir de las condiciones actuales en el ambiente y los datos prácticos o reales, que se recogerían de los sensores en los distintos puntos de producción de energía.

El esquema quedaría de la siguiente manera:

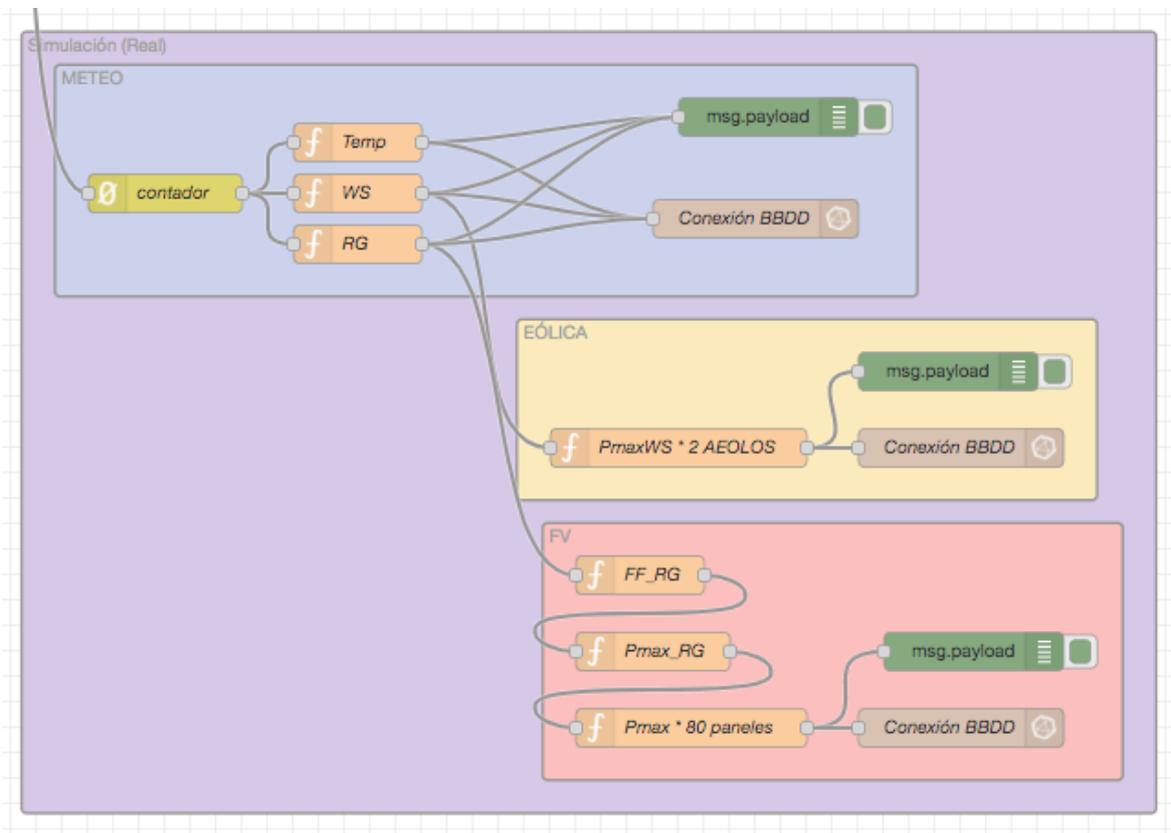


Figura 54. Simulación de los datos captados por los sensores en la producción de la energía eléctrica – Node-red

6.3 PANEL DE VISUALIZACIÓN

El panel de visualización de los datos se procesa en el software Grafana, como se menciona anteriormente, es un sistema de visualización en tiempo real de datos de flujo variables en

el tiempo. Este sistema está integrado en la Raspberry Pi pudiéndose conectar a dichos dashboard mediante internet.

Ventajas de la visualización mediante internet, es que se puede acceder a ella desde cualquier lugar con acceso a dicha dirección, en este proyecto se contempla la conexión interna a dicha aplicación, en líneas futuras se propone expandir el rango de conectividad con el exterior. Este dashboard se puede ver mediante roles de usuarios, administrativos y usuarios visuales mediante el PC, pantallas en las instalaciones o mediante el teléfono móvil.

A continuación, se muestran varios ejemplos del panel de visualización tanto en pantalla PC como en móviles, mostrando los datos obtenidos por los sensores y se explican cada uno de ellos.

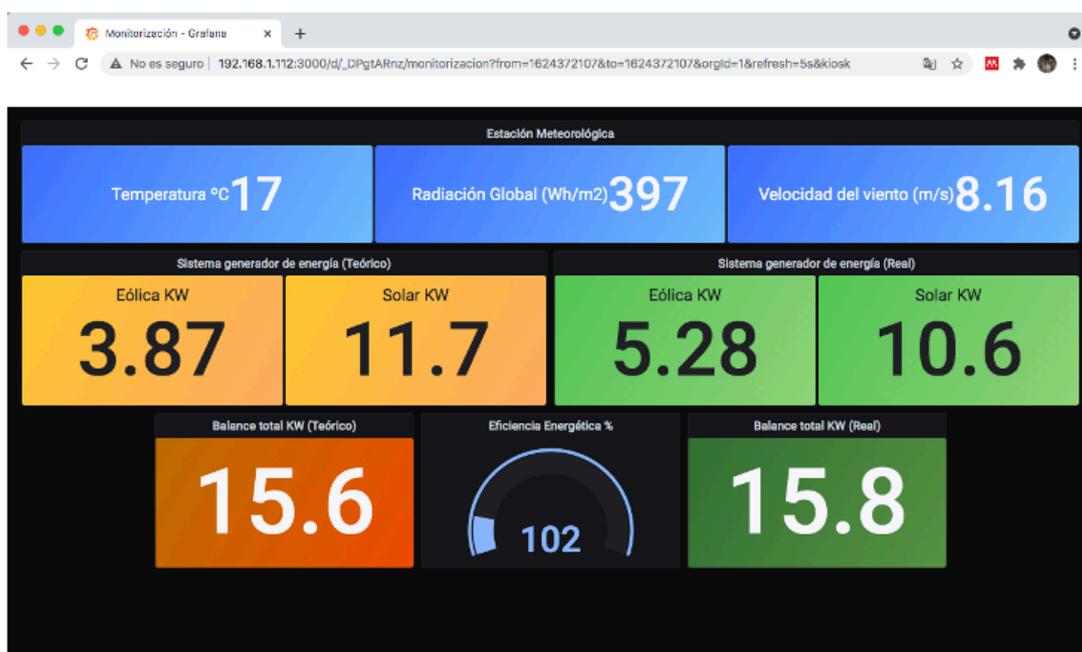


Figura 55. Panel de monitorización Grafana

Como se puede observar en la figura 55, el panel está reproduciéndose en un ordenador, conectándose al servidor que se encuentra alojado en la Raspberry. Por otro lado, en la parte superior podemos encontrar los datos obtenidos por la estación meteorológica, tanto la temperatura, radiación global y velocidad del viento, como se muestra a continuación en la figura 56.



Figura 56. Datos estación meteorológica – Grafana

Seguidamente de los datos meteorológicos en la parte media izquierda aparecen los datos de potencia tanto eólico como solar que provienen del estudio teórico, es decir, según los datos captados por la estación, estos valores serían los que se deben conseguir en la producción real de los sistemas generadores de energía.



Figura 57. Datos teóricos del sistema a partir de los datos meteorológicos– Grafana

Se observa en la figura 57 el balance total de los dos sistemas de producción teórica, siendo está la sumatoria de los dos sistemas de producción.

En el lado derecho de la pantalla se muestran los datos de potencia, igualmente eólica y solar, pero a diferencia de los otros datos estos se corresponden con la producción real de los sistemas implantados, como se puede observar en la figura 58.



Figura 58. Datos reales del sistema a partir de los sensores Eastron DCM230 – Grafana

Por último, en la zona central de la pantalla se sitúa la eficiencia entre los dos ámbitos, teórico y práctico, esta eficiencia viene dada en porcentaje y es la diferencia entre los dos modelos de datos. Si el valor baja de 100% esto quiere decir que el sistema real no está produciendo la suficiente energía como se podría esperar. Por el contrario, si iguala o supera el 100% el sistema es eficiente y en ocasiones como se puede observar en la figura 59, está produciendo más energía que la esperada.



Figura 59. Datos de la eficiencia energética – Grafana

Algunos ejemplos de diferentes medidas:



Figura 60. Eficiencia menor al 100%



Figura 61. Eficiencia cerca del 100%



Figura 62. Eficiencia mayor al 100%

Estos datos varían en tiempo real en intervalos de 5 segundos para poder observar en modo simulación la variación de los datos. En situación real dichos datos se captarán en intervalos de tiempo mas amplios, ya que las condiciones meteorológicas no varían en periodos cortos de tiempo.

A continuación, en la figura 63 se observa el panel de visualización desde un terminal móvil.

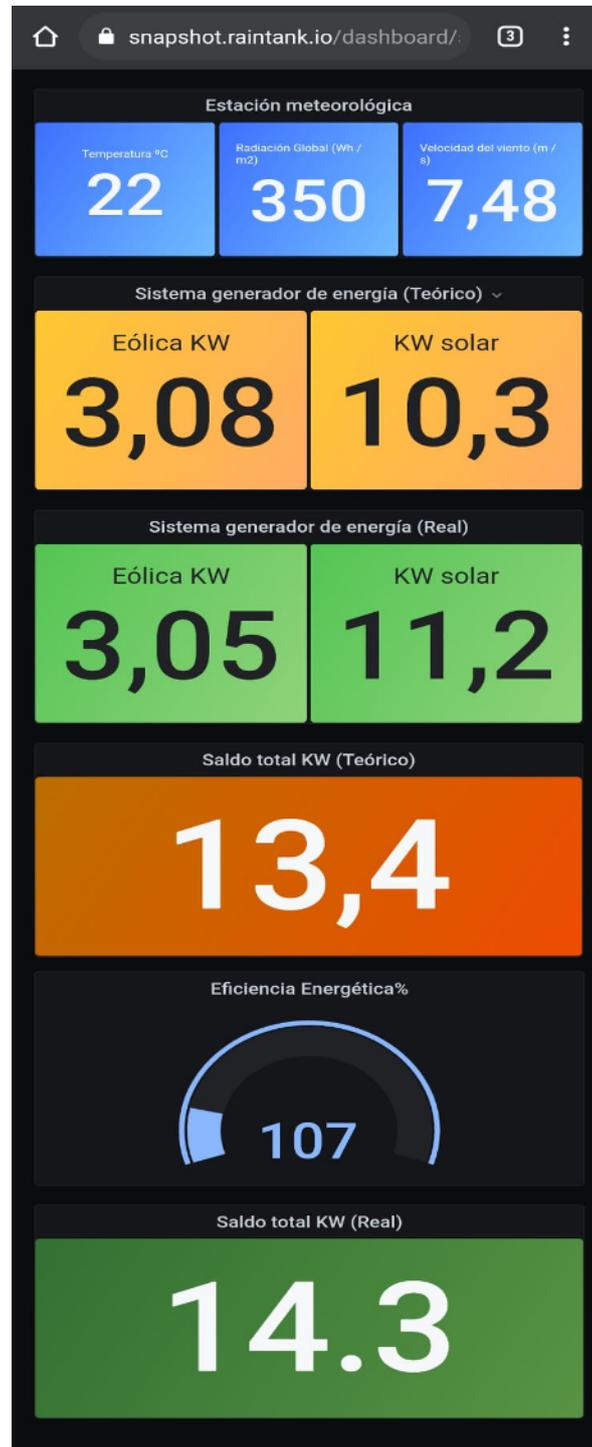


Figura 63. Ejemplo de visualización en un móvil

6.4 CONCLUSIÓN

La monitorización del sistema implantado es un conjunto de engranajes que van de la mano a la hora de procesar los datos para su visualización, empezando por los sensores que poseen la capacidad de conexión entre ellos gracias al protocolo Modbus, siendo identificados con un único identificador se consigue armonía en el flujo de información por la red, como se observa en su configuración los datos viajan en bloques de buffer para cada valor.

El sistema de interconexión Node-red capta la información de los diferentes sensores creando una simbiosis con el software para la manipulación de los datos, posteriormente dicha información es tratada y almacenada en la base de datos InfluxDB para su visualización.

El sistema de visualización Grafana ofrece el control en tiempo real de la potencia producida y la esperada según los datos arrojados por la estación meteorológica. Estudiando las imágenes del panel de control, se observa que la eficiencia del sistema da como referencia la calidad de producción energética cuando dicha producción real se iguala a la teórica. Teniendo en cuenta estos datos se puede predecir con exactitud si el sistema está funcionando correctamente o por el contrario si existiese alguna anomalía en las instalaciones.

Como el sistema de monitorización permite mostrar información en tiempo real de la generación de energía limpia ofreciendo información útil a los técnicos de campo, sino que también afronta una realidad importante en la concienciación de los alumnos de la importancia de las energías renovables y sus usos.

CAPÍTULO 7. CÁLCULO Y JUSTIFICACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DEL SISTEMA ENERGÉTICO

SISTEMA FOTOVOLTAICO	66
SISTEMA EÓLICO	69
CONCLUSIÓN	70

A continuación, se estudian las diferentes variables a tener en cuenta para el estudio teórico de la producción energética tanto de los paneles solares como de los aerogeneradores. Este estudio se basa en el tratamiento de los datos arrojados por la estación meteorológica, consiguiendo así poder predecir la producción que debe tener el sistema generador de energía.

7.1 SISTEMA FOTOVOLTAICO

Para el cálculo teórico de la producción de energía de los módulos fotovoltaicos, se debe tener en cuenta la radiación solar (E) y la temperatura (T) en cada instante de tiempo, cuyos valores vendrán dados por la estación meteorológica instalada en el centro educativo. Para determinar la potencia que se podrá llegar a producir partiendo de las condiciones del tiempo, se debe tener en cuenta los siguientes datos:

La corriente de cortocircuito $I_{sc}(A)$, es la corriente máxima que produce la célula solar en una situación de anomalía de funcionamiento, es decir, cuando la tensión sea prácticamente cero, se obtiene a partir de la siguiente ecuación:

$$I_{sc} = I_{sc_{STC}}(A) \quad (3)$$

La tensión a circuito abierto $V_{oc}(V)$, será la tensión de salida de un panel cuando no haya ninguna carga. Teniendo en cuenta que el valor de la tensión a circuito abierto es:

$$V_{oc} = V_{STC}(V) \quad (4)$$

El punto máximo de potencia $P_{m\acute{a}x}(Wp)$, está relacionado con la curva tensión-corriente de un modulo fotovoltaico, es decir, es un punto de trabajo en el que la potencia entregada por el panel solar a la carga externa es máxima siendo en este punto un valor ideal.

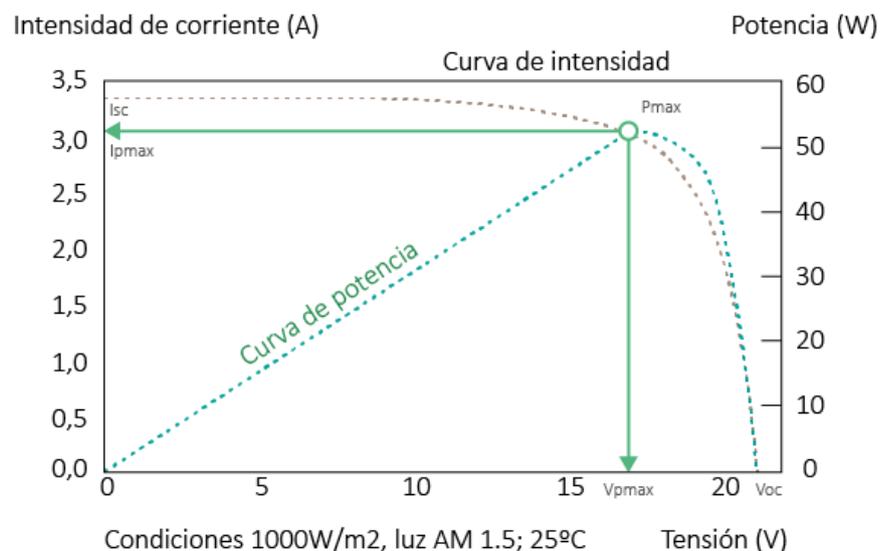


Figura 64. Curva de intensidad y potencia de la célula solar.

La potencia es afectada por el factor de relleno (Filling Factor) o factor de forma FF_{STC} , cuyo factor describe la calidad de la célula de valor constante que sale de los valores del panel en condiciones STC⁴, idealmente es 1, viene dado por la siguiente ecuación:

$$FF_{STC} = \frac{P_{max_{STC}}}{I_{sc_{STC}} * V_{oc_{STC}}} \quad (5)$$

Los valores de corriente, tensión y factor de forma son variables en función de la temperatura e irradiancia, como se puede observar en la figura 65, se comprueba el efecto que producen estas variables.

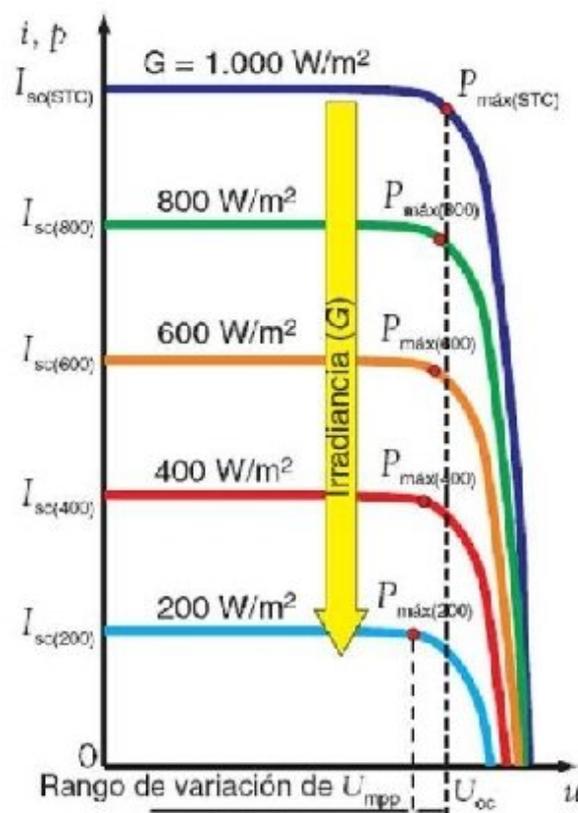


Figura 65. Corriente y tensión en función de la temperatura e irradiancia.

El factor de forma afectado por la irradiancia está definido por la siguiente fórmula:

$$FF_E = FF_{STC} - \frac{1000 - E}{10000} \quad (6)$$

⁴ STC, condiciones normalizadas para el ensayo de paneles. Radiación solar de 1000 W/m², temperatura de la célula fotovoltaica 25°C, Valor espectral = 1,5 AM.

Para la tensión la variación es poco significativa. El valor de la tensión a circuito abierto afectado por la irradiación tiende a ser igual a la tensión en STC, como se menciona anteriormente en la ecuación (4).

La corriente de cortocircuito afectada por la irradiación viene definida por la fórmula:

$$I_{scE} = E * \frac{I_{scSTC}}{1000} \text{ (A)} \quad (7)$$

Se puede calcular el valor de la potencia máxima de acuerdo con la irradiancia que es un simple producto entre la tensión, la corriente de cortocircuito y el Factor de forma.

$$P_{máxE} = FF_E * I_{scE} * V_{coE} \quad (8)$$

Esta potencia es afectada por la temperatura de la célula para poder tener una potencia máxima real.

$$T_{cellE} = T_{amb} + E * \frac{T_{cellNOC} - 20}{800} \quad (9)$$

La potencia máxima quedaría de la siguiente forma:

$$P_{máxTcell} = P_{máxE} + TK_{pmax}(T_{cellE} - 25) \quad (10)$$

Ha de tenerse en cuenta que la potencia afectada por la temperatura de la célula en la ecuación son dos términos independientes que se suman, es decir, que habrá momentos en que la potencia sea cero y la temperatura modifique ese valor, por lo tanto, la potencia máxima queda como valor cero.

Este valor máximo de potencia es por modulo solar, por lo tanto, para conseguir el valor máximo del sistema fotovoltaico instalado, se debe multiplicar por el número total de paneles.

$$P_{máxTcell} = P_{máxE} * N_{paneles} \quad (11)$$

De acuerdo con la configuración del sistema, por cada inversor se conectarán 10 paneles, 5 en serie y 2 líneas en paralelo, con un total de 8 subconjuntos iguales, en la tabla 6 se detalla la configuración y las potencias ideales en condiciones STC.

POTENCIA MAX. DEL SISTEMA INVERSOR WP	5500 W
Nº DE STRING EN SERIE:	5
Nº DE STRING EN PARALELO:	2
TENSIÓN MAX. DE ENTRADA DEL INVERSOR	600 V
CORRIENTE MAX. DE ENTRADA DEL INVERSOR	15 A
POTENCIA MAX DEL SISTEMA FV, 80 PANELES	32000W
POTENCIA MAX. POR INVERSOR	4000 W

Fuente: Elaboración propia. Valores de potencia en condiciones STC.

Tabla 6. Potencia de los paneles que forman el sistema FV.

7.2 SISTEMA EÓLICO

Así como en el sistema fotovoltaico se tenía en cuenta la irradiancia y la temperatura, para el sistema eólico solo se tiene en cuenta la velocidad del viento y su dirección, aunque por el tipo de aerogenerador elegido, este último factor no afecta al generador, ya que al ser de tipo eje vertical, no se ve afectado por la dirección del viento.

Para la velocidad del viento (m/s) del aerogenerador se toma como referencia a 10 metros de altura, para calcular la velocidad del viento a una altura de aproximadamente a 18 y 20 metros, se debe calcular con la siguiente fórmula:

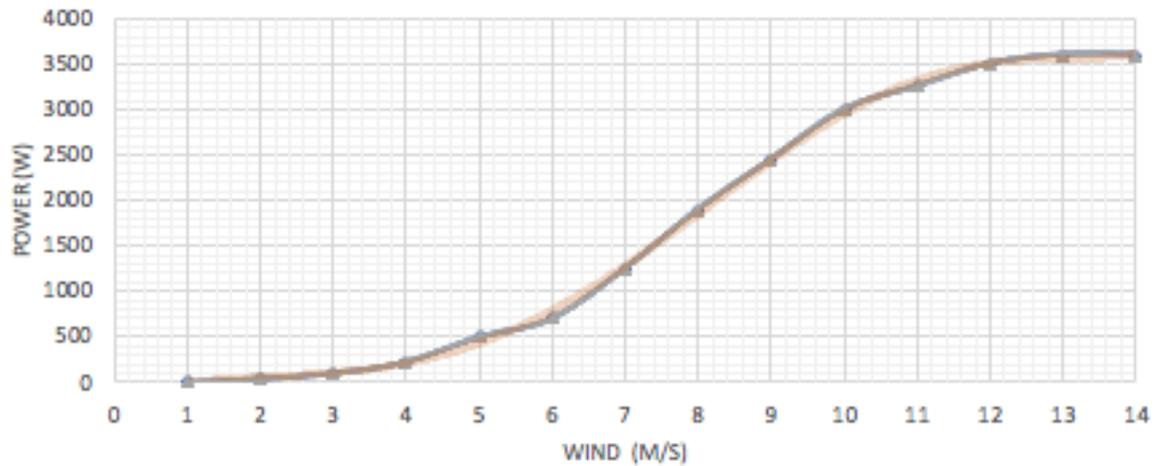
$$V_{18m} = V_{10m} * \left(\frac{h_{18m}}{h_{10m}} \right)^\alpha ; \alpha = 0,40 \quad (12)$$

Una vez calculada la velocidad del viento a 18m, se procede a calcular la potencia máxima del aerogenerador, cuyo valor lo depende de la curva de potencia del equipo a una altura de 10m, como se indica en el capítulo 4, figura 25.

Para calcular la potencia máxima del generador eólico, se toma como referencia la curva de potencia por medio de una ecuación polinómica de grado 6, los puntos intermedios, teniendo en cuenta que el aerogenerador elegido no produce energía con una velocidad menor a 2m/s. Como se muestra en la figura 66, se observa detalladamente la ecuación de la línea de tendencia que nos facilitara el cálculo de la potencia de acuerdo con la velocidad del viento a 18m de altura.

Curva de Potencia (W) AEOLOS V 3K

$$y = 0,0089x^6 - 0,2784x^5 + 2,0348x^4 + 7,7354x^3 - 85,259x^2 + 246,15x - 178,34$$



Fuente: Elaboración propia.

Figura 66. Curva de potencia del aerogenerador en función de las velocidades del viento

Ecuación usada para el ajuste de los puntos intermedios:

$$y = 0,0089x^6 - 0,2784x^5 + 2,0348x^4 + 7,7354x^3 - 85,259x^2 + 246,15x - 178,34 \quad (13)$$

7.3 CONCLUSIÓN

Una vez desglosadas las variables dependientes de la producción energética en ambos sistemas de producción, se puede estudiar la potencia que generarían a partir de los datos de la estación meteorológica. Para el cálculo de potencia generada por los módulos solares, se tiene como referencia la radiación y temperatura que incide en las células, el resto de los valores no se ven afectados por estas referencias. En el ámbito eólico, el valor que define la producción es la velocidad del viento, mientras más constante sea menos fluctúa la potencia producida.

CAPÍTULO 8. CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS

CONCLUSIONES.....	72
LÍNEAS FUTURAS.....	73

8.1 CONCLUSIONES

El objetivo principal de este trabajo de fin de grado ha sido la monitorización mediante sensores en una instalación de energías renovables, el diseño del sistema generador de energía mediante recursos naturales y considerar el aumento de la producción de las energías limpias en las redes convencionales de todo el mundo, dando como solución tecnológica el estudio de la producción y reducción de posibles fallos en la instalación derivados por el uso o por déficits de equipos instalados, así mismo aumentando el ahorro económico que este tipo de instalaciones conlleva.

Se diseña un sistema de abastecimiento energético mixto mediante paneles solares y aerogeneradores conectado a la red estudiando el consumo como los requerimientos mínimos del centro educativo para minimizar el impacto económico y generar mayor producción energética en las horas de mayor consumo. Se valoran diferentes opciones de paneles y aerogeneradores con el fin de optimizar las instalaciones, ya que se trata de un centro educativo en zona urbana.

El sistema de monitorización se ha diseñado a partir de la necesidad de gestionar los datos de producción generados y compararlos con los que deberían producirse según las condiciones climáticas en cada momento, esta información es útil para valorar la eficiencia del sistema generador de energía. Dicha monitorización se consiguió implementado una serie de sensores captadores de información conectados en los diferentes equipos generadores de energía y gestionados por un sistema de interconexión de equipos que permite la manipulación de los datos para su posterior visualización. Para el sistema de visualización de control se diseña un panel informativo donde se muestran los datos captados por los diferentes sensores y se da importancia a la eficiencia de la producción, siendo un factor clave en la solución propuesta en este proyecto.

Los datos mostrados en este trabajo son una emulación de la información que se pueden captar en un sistema real implantado, simulando cada factor involucrado se diseñó un sistema de gestión de la información escalable a la práctica.

Dicho estudio aporta una modesta contribución a un campo de investigación en el que todavía quedan muchos retos que conseguir. El desarrollo de sistemas de monitorización mediante sensores y el diseño de una instalación mixta de energías renovables son un claro ejemplo de avance y superación que facilitan o disminuyen el impacto ambiental que actualmente vive el planeta. Por eso, se proponen aquí algunas líneas de trabajo a futuro.

8.2 LÍNEAS FUTURAS

Llegado a este punto del trabajo las líneas futuras se pueden estudiar en dos apartados, por un lado, el sistema de servicios de consumo energéticos y por otro lado el sistema de monitorización, como podemos observar a continuación:

8.2.1 CONSUMO ENERGÉTICO

Para el consumo energético las líneas futuras de este proyecto quedarían basadas en el ahorro de energía producidas por el sistema renovable:

- ◆ Instalación de luces de bajo consumo, tipo led, tanto para el alumbrado exterior como el interior del recinto educativo.
- ◆ Instalación de baterías de almacenamiento de la energía excedente de la producción del sistema generador, para aumentar la eficiencia y aprovechamiento de este sobrante en aquellas horas de la poca producción energética.
- ◆ Incorporación de un sistema de carga para patinetes eléctricos, como servicio al personal docente y estudiante.

8.2.2 SISTEMA DE MONITORIZACIÓN

El sistema de monitorización actualmente está diseñado para mostrar información en plataforma web, en línea de futuro:

- ◆ Incorporar una red de monitores en las zonas comunes del centro educativo para dar visibilidad a la información captada por los sensores, el sistema de gestión de las pantallas que se propone es Xibo[26], un sistema de software libre y multiplataforma.
- ◆ Incorporación de cámaras termográficas para la monitorización de los paneles solares, el sistema de cámaras estaría basado en medidas preventivas y detección de anomalías en los módulos, para su sustitución y así evitar paneles inactivos por mucho tiempo.
- ◆ Desarrollar una aplicación donde el usuario pueda consultar datos de la producción, eficiencia y estado del tiempo.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] “Estrategia a largo plazo para 2050 | Acción por el Clima.” https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2050_es#tab-0-0 (accessed Feb. 05, 2020).
- [2] “Acuerdo de París | Acción por el Clima.” https://ec.europa.eu/clima/policies/international/negotiations/paris_es (accessed Feb. 05, 2020).
- [3] “Red Eléctrica de España | Sistema eléctrico canario.” <https://www.ree.es/es/actividades/sistema-electrico-canario> (accessed Feb. 05, 2020).
- [4] “Demanda de energía eléctrica en tiempo real, estructura de generación y emisiones de CO2.” <https://demanda.ree.es/visiona/seleccionar-sistema> (accessed Feb. 05, 2020).
- [5] “Gorona del Viento - Gorona del Viento El Hierro, S.A.” <http://www.goronadelviento.es/> (accessed Feb. 05, 2020).
- [6] V. Ø and V. Máx, “INFORME ANUAL 2019 CENTRAL HIDROEÓLICA GORONA DEL VIENTO EL HIERRO, SA GRUPO POTENCIA NOMINAL (MW) ENERGÍA PRODUCIDA (MWh) % GENERADO HORAS DE OPERACIÓN.”
- [7] A. Arroyo Gutierrez, M. M. Canteli, R. Margnez, T. Jesús, M. Serrano, and C. Capellán Villacián, “Energía y Telecomunicaciones Tema 6.1. Energías renovables (I) Introducción Este tema se publica bajo Licencia: Crea5ve Commons BY--NC--SA 4.0.” Accessed: Feb. 05, 2020. [Online].
- [8] “NOTA TÉCNICA www.flir.com.”
- [9] “Plan Estratégico de Tecnología Energética | Energía.” <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/technology-and-innovation/strategic-energy-technology-plan> (accessed Feb. 05, 2020).
- [10] J. A. (Instituto C. de E. Valbuena Alonso, “Estadísticas de la Comunidad Autónoma de Canarias,” *Gobierno de Canarias*, 2020. <http://www.gobiernodecanarias.org/istac/jaxi->

- istac/menu.do?uripub=urn:uuid:131cf873-66a9-408d-8cfa-537d6be05067 (accessed Mar. 13, 2021).
- [11] Red Eléctrica de España, “Las energías renovables en el sistema eléctrico español,” *Ree*, p. 66, 2019, Accessed: Mar. 16, 2021. [Online].
- [12] “Raspberry Pi 4 Model B specifications – Raspberry Pi.” <https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-4-model-b/specifications/> (accessed Mar. 06, 2021).
- [13] “Node-RED.” <https://nodered.org/> (accessed Mar. 06, 2021).
- [14] “Plataforma de series temporales InfluxDB | InfluxData.” <https://www.influxdata.com/products/influxdb/> (accessed Mar. 06, 2021).
- [15] “Funciones de Grafana | Laboratorios Grafana.” <https://grafana.com/grafana/> (accessed Mar. 07, 2021).
- [16] “Sede Electrónica del Catastro - Fondo mapa de España.” <https://www1.sedecatastro.gob.es/Cartografia/mapa.aspx?del=35&mun=17&refcat=8087110DS5078N&Xcentro=457811.493322644&Ycentro=3108831.71644841&from=OVCBusqueda&final=&pest=coordenadas&latitud=28.104308422628996&longitud=-15.42949476483076&gradoslat=&minlat=&seglat=&gradoslon=&minlon=&seglon=&x=&y=&huso=0&tipoCoordenadas=2&ZV=NO&ZR=NO&anyoZV=&tematicos=> (accessed May 22, 2021).
- [17] “IDECanarias visor 4.5.1.” <https://visor.grafcan.es/visorweb/default.php?svc=svcSolar&srid=EPSG:4326&lat=28.11239867396044&lng=-15.433589015436606&zoom=15#> (accessed Jun. 03, 2021).
- [18] “Enair.” https://www.enair.es/descargas/Planos/Esquemas_E30_70PRO.pdf (accessed Jun. 05, 2021).
- [19] “Panel Solar 400W | SunPower Maxeon | Placas Solares.” <https://www.sfe-solar.com/paneles-solares/sunpower/max2-max3/> (accessed Jun. 06, 2021).
- [20] S. A. Solar Technology, “SUNNY BOY 3.0 / 3.6 / 4.0 / 5.0 / 6.0 con SMA SMART CONNECTED - Mayor rendimiento para los hogares particulares: generación inteligente de la energía solar.” Accessed: Jun. 07, 2021. [Online].

- [21] “Aerogeneradores de eje Vertical 3kw-Aeolos Generador Eolicos Verticales, 3kw Turbina Eolica.” <https://www.windturbinestar.com/Arogenerador-Vertical-3kw.html> (accessed Jun. 07, 2021).
- [22] “Wind turbine converters ABB small wind inverters PVI-3.0/3.6/4.2-TL-OUTD-W 3 to 4.2 kW.” Accessed: Jun. 08, 2021. [Online].
- [23] “Logicbus / Protocolo / Que es Modbus.” <https://www.logicbus.com.mx/Modbus.php> (accessed Jun. 12, 2021).
- [24] “6162C Davis Vantage Pro2™ Plus Cableada.” <https://www.estacionesdavis.es/es/davis-vantage-pro-2/11-davis-vantage-pro2-plus-cableada.html> (accessed Jun. 11, 2021).
- [25] “Eastron Electronic Co., Ltd.” http://www.eastrongroup.com/product_detail.php?id=257&menu1=36&menu2=54 (accessed Jun. 12, 2021).
- [26] “Xibo Open Source Digital Signage.” <https://xibo.org.uk/> (accessed Jun. 14, 2021).

PRESUPUESTO

En este apartado, se recogen los costes estimados del proyecto: Monitorización mediante sensores en una instalación de energías renovables para el abastecimiento por medio de energías limpias en un centro educativo. De esta manera, en los apartados 1.1 y 1.2 se recoge todos los gastos relacionados con los recursos de software y hardware respectivamente. En el apartado 1.3 se identifican todos los gastos relacionados con el sistema de sensores y la producción de energía para el abastecimiento del centro educativo, mientras que en el apartado 1.4 se expone los gastos relacionados con los recursos humanos.

1.1 RECURSOS SOFTWARE

En este apartado se exponen los recursos software utilizados para el desarrollo de este proyecto.

PARTIDA RECURSOS SOFTWARE	LICENCIA	COSTE	COSTE TOTAL
SISTEMA DE INTERCONEXIÓN NODE-RED	Open Source	0,00 €	0,00 €
SISTEMA DE BASE DE DATOS INFLUXDB	Open Source	0,00 €	0,00 €
SISTEMA DE VISUALIZACIÓN GRAFANA	Open Source	0,00 €	0,00 €
OFFICE 365 EDUCACIÓN	Educación	0,00 €	0,00 €
TOTAL, SOFTWARE			0,00 €

Tabla 7. Partida Recursos Software

1.2 RECURSOS HARDWARE

En este apartado se exponen los recursos hardware utilizados para el desarrollo de este proyecto. Además, se identifican los costes reales de los diferentes recursos y su amortización en porcentaje, especificados en la tabla 8, la amortización del producto consiste en valorar el coste del producto respecto a la vida útil que prestará en el desarrollo del proyecto.

PARTIDA RECURSOS HARDWARE	AMORTIZACIÓN	COSTE	COSTE TOTAL
RASPBERRY PI 4	100%	61,22 €	61,22 €
PORTATIL MACBOOK PRO	5,2%	1100 €	57,20€
TOTAL, HARDWARE			117,47 €

Tabla 8. Partida Recursos Hardware

1.3 RECURSOS DE CAPTACIÓN DE DATOS Y PRODUCCIÓN ENERGÉTICA

A continuación, se exponen los diferentes recursos de captación de datos y de producción energética utilizados para el desarrollo de este proyecto. Se identifica el número de unidades por recurso y su coste real, se subdividen en dos grupos de partidas, primero en el sistema de captación de datos (sensores) y como segunda partida equipos de producción energética y transformación de la energía.

PARTIDA	UNIDAD	COSTE	COSTE TOTAL
RECURSOS CAPTADORES DE INFORMACIÓN (SENSORES)			
EASTRON DCM230	10	23,85 €	238,50 €
OCEAN	1	120,50 €	120,50 €
ESTACIÓN METEOROLÓGICA DAVIS VANTAGE PRO2™ PLUS CABLEADA	1	1.296,94 €	1.296,94 €
TOTAL, SENSORES			1.655,94 €
RECURSOS SISTEMA ENERGETICO			
SUNPOWER MAXEON® 3 DE 400 W	80	220,00 €	17.600,00 €
AEOLOS-V 3K	2	1.249,00 €	2.498,00 €
INVERSOR SUNNY BOY 3.0	8	860,00 €	6.880,00 €
INVERSORES ABB SMALL WIND INVERTERS DE 4,2 KW	2	783,00 €	1.566,00 €
TOTAL, SISTEMA ENERGÉTICO			28.544,00 €

Tabla 9. Partida Recursos de captación de datos y producción energética

1.4 RECURSOS HUMANOS

En la tabla 10 se estudia salario por hora de un ingeniero, se estiman un total de 300 horas para el desarrollo de proyecto.

PARTIDA	HORA	COSTE	COSTE TOTAL
RECURSOS HUMANOS	300	17,50 €	5.250,00 €
TOTAL, RECURSOS HUMANOS			5.250,00 €

Tabla 10. Partida de recursos humanos

1.5 TOTAL

Para el desarrollo del proyecto se considera un margen de ampliación de la cuantía total del 15% para los costes indirectos. Considerando gastos indirectos aquellos gastos no estimados en las tablas anteriores.

En la tabla 11 se define el coste total del proyecto como la suma de todos los apartados anteriores, donde se puede encontrar el subtotal del presupuesto, posteriormente se aplica el I.G.I.C sobre bienes y servicios de la Comunidad Autónoma de Canarias, actualmente corresponde con el 7%. Obteniendo así, el presupuesto total para el desarrollo del proyecto presentado para el Trabajo de Fin de Grado.

PRESUPUESTO TOTAL		
SUBTOTAL		35.567,41 €
IMPUESTO (IGIC)	7,00%	2.489,72 €
TOTAL		42.337,13 €

Tabla 11. Presupuesto total

A continuación, se estima la ampliación del coste total en base al 15% de los gastos indirectos:

AMPLIACIÓN DEL 15%		TOTAL, GASTOS INDIRECTOS	
GASTOS INDIRECTOS (IGIC INCL.)	15 %	42.337,13 €	6.350,57 €

Tabla 12. Total, gastos indirectos del 15%

Yo, Víctor Alfonso Brito Ojeda, declaro que el presupuesto de este proyecto asciende a un total de cuarenta y dos mil trescientos treinta y siete euros y trece céntimos (42.337,13 €).

Las Palmas de Gran Canaria, 27 de junio del 2021

Fdo. Víctor Alfonso Brito Ojeda

PLIEGO DE CONDICIONES

El objetivo de este apartado es conocer todas las características mínimas que deben tener los diferentes equipos hardware, sensores y equipos de producción energética, para el desarrollo óptimo de la solución planteada anteriormente.

Partiendo de la compatibilidad de los equipos, tanto hardware como software, se debe cumplir con las siguientes características:

1.1 RASBERRY PI

La capacidad de conexión, almacenamiento y compatibilidad con el resto de los dispositivos es un aspecto que se debe tener en cuenta, ya que el sistema está en constante funcionamiento y realizando operaciones.

Especificaciones técnicas:

- Procesador de 64 bits Cortex-A72
- Cuatro núcleos (ARM v8) a 1,5 GHz
- 8 GB de RAM
- Conectividad (IEEE 802.11ac inalámbrica, Bluetooth 5.0, BLE, Gigabit Ethernet, 2 puertos USB 3.0, 2 puertos USB 2.0, Cabecera GPIO 40 pines, 2 puertos micro-HDMI hasta 4kp60 compatible.

1.2 SENSORES

En ambos casos los sensores Eastron DCM230 y Ocean deben ser capaces de soportar el protocolo ModBus RTU, con un total de 10 DCM230 y un único sensor Ocean.

En el caso particular de los sensores DCM230:

- Voltaje de entrada CC 5 ~ 300 V CC, 5 ~ 600 V CC, 5 ~ 1000 V CC
- Entrada DC Shunt 75mV
- Rango de corriente 0 ~ 2000^a
- Consumo $\leq 2W / 5VA$
- Resistencia de voltaje CA 4400V / 1m
- Voltaje de impulso soportar 6.4kV - 1.2/50 μ S forma de onda
- Salida de impulsos 1, 10, 100, 1000imp/kWh (predeterminado)
- Duración del pulso 60, 100 (predeterminado), 200mS

1.3 PANELES SOLARES

Como se menciona en el Capítulo 4, la alternativa solar elegida es del fabricante SUNPOWER modelo MAXEON® 3 400W con un total de 80 módulos solares:

- Potencia Nominal (Pnom) 400 W
- Tolerancia de Potencia -5/0%
- Eficiencia de Panel 22.6%
- Tensión máxima potencia (Vmpp) 65,8V
- Corriente máxima potencia (Impp) 6.08A
- Tensión Circuito Abierto (Voc) 6.08A
- Tensión Circuito Abierto (Voc) 75,6V
- Corriente de Corto Circuito (Isc) 6.58A
- Coeficiente de Temperatura -0,29% / °C
- Número de Células 104 células Maxeon Gen III – Monocristalino

1.4 AEROGENERADOR

De igual forma que los paneles solares, en el Capítulo 4 se valoran diversas características de los diferentes aerogeneradores, por su versatilidad, condiciones geográficas y el caso particular de estar ubicado en un centro educativo (zona urbana), se procede a instalar dos aerogeneradores Aeolos-V 3K:

- Potencia Nominal 3KW
- Máxima Potencia de Salida 3600 w
- Altura del Rotor 3.6 m
- Velocidad de Arranque del Viento 1.5 m/s
- Velocidad Nominal del Viento 11 m/s
- Velocidad de Supervivencia del Viento 52.5 m/s
- Generador Magnético Permanente
- Eficiencia del Generador >0.96
- Ruido <45dB
- Rango de Temperatura -20°C a +50°C

1.5 INVERSOR

1.5.1 SUNNY BOY 3.0

Para el correcto funcionamiento del sistema solar se necesitan un total de 8 inversores tipo Sunny Boy 3.0, con las siguientes características:

- Potencia máx. 5500 Wp
- Tensión de 600 V de entrada máx.
- Rango de tensión del MPP de 110 V a 500 V
- Tensión asignada de entrada de 365 V
- Corriente máx. de entrada, entradas A/B 15 A/15 A

1.5.2 ABB SMALL WIND

Para el correcto funcionamiento del sistema eólico se necesitan un total de 2 inversores tipo ABB small wind inverters, con las siguientes características:

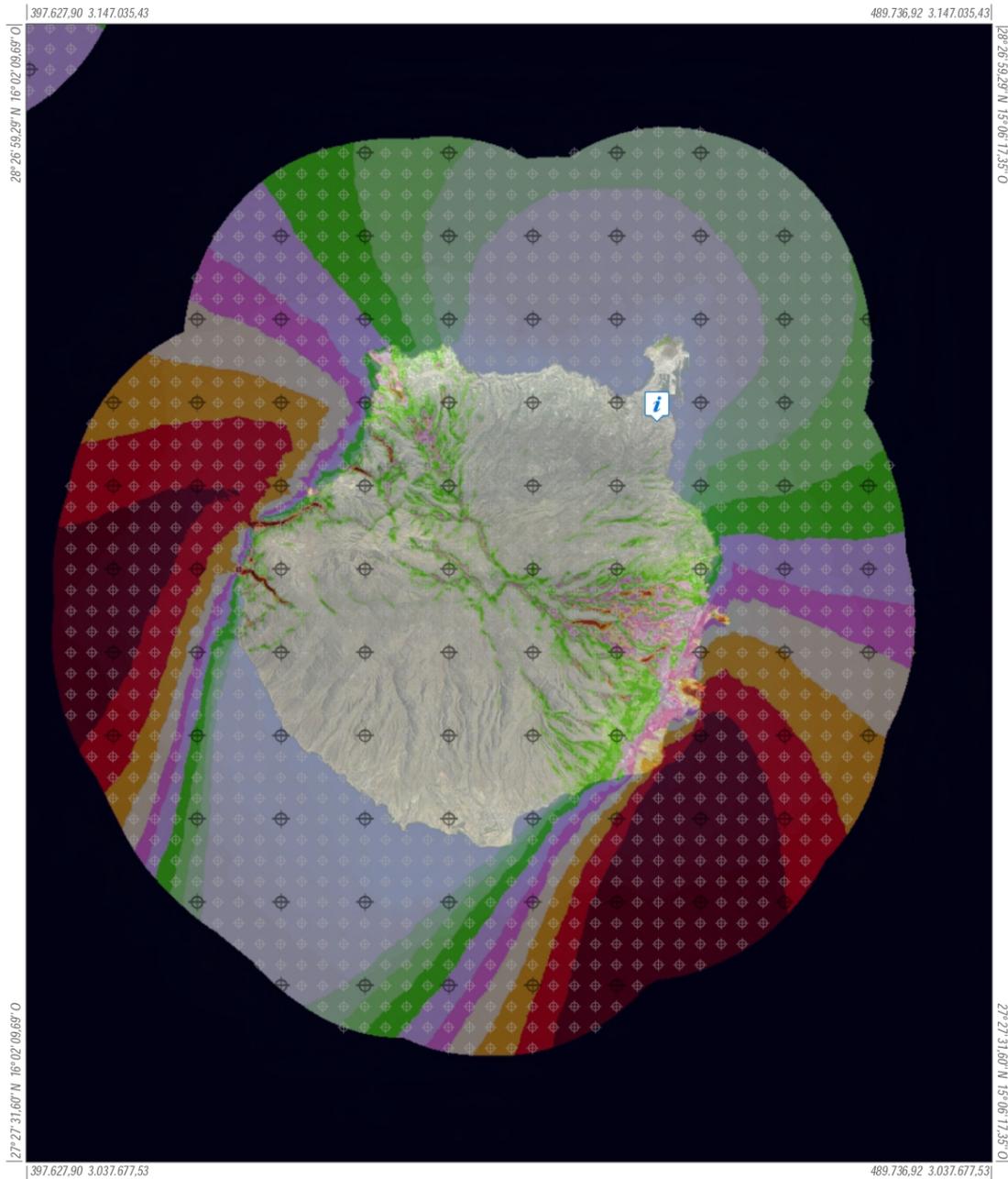
- Maximum absolute DC input voltage ($V_{max,abs}$): 600V
- Operating DC Input voltage range ($V_{dmin}...V_{dmax}$): 50-580 V
- DC input voltage range at P_{acr} ($V_{rp,min}...V_{rp,max}$): 140-530V
- Rated DC input voltage (V_{dcr}) 360V
- DC power limitation Linear derating from MAX to Null [$530V \leq V_{dc} \leq 580V$]
- Maximum DC input current (I_{dcmax}): 32A
- Maximum input short circuit current: 40A
- DC connection type Screw terminal block

ANEXOS

ANEXO I. RECURSOS RENOVABLES	88
ANEXO II. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	97

ANEXO I. RECURSOS RENOVABLES

1.1 RECURSO EÓLICO



Infraestructura de Datos Espaciales de Canarias			
	Información Técnica Sistema de Referencia ITRF93 Elipsoide WCS84: -semieje mayor: a=6.378.137 -aplanamiento: f=298,257223563 Red Geodésica REGCAN95 (v. 2001) Sistema de representación UTM Huso 28 (extendido)	Recurso eólico Escala aprox.: 1:517.467	 www.idecanarias.es 
	Fecha y hora de impresión: 1/6/2021 20:18:32		



**Gobierno
de Canarias**

Infraestructura de Datos Espaciales de Canarias

LEYENDA



**IDE
Canarias**

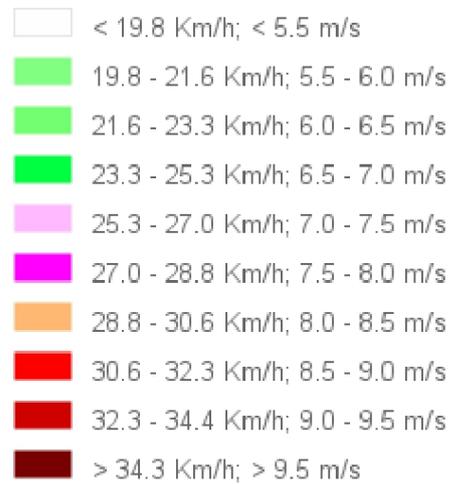
www.idcanarias.es



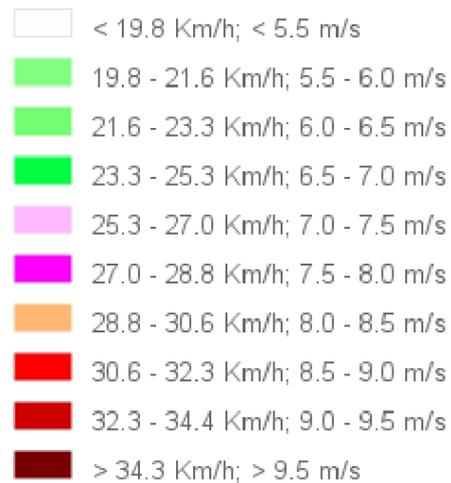
Intensidad de turbulencia a 40 m.



Recurso Eólico a 80 m.



Recurso Eólico a 60 m.





**Gobierno
de Canarias**

Infraestructura de Datos Espaciales de Canarias

LEYENDA



**IDE
Canarias**

www.idcanarias.es



Recurso Eólico a 40 m.

	< 19.8 Km/h; < 5.5 m/s
	19.8 - 21.6 Km/h; 5.5 - 6.0 m/s
	21.6 - 23.3 Km/h; 6.0 - 6.5 m/s
	23.3 - 25.3 Km/h; 6.5 - 7.0 m/s
	25.3 - 27.0 Km/h; 7.0 - 7.5 m/s
	27.0 - 28.8 Km/h; 7.5 - 8.0 m/s
	28.8 - 30.6 Km/h; 8.0 - 8.5 m/s
	30.6 - 32.3 Km/h; 8.5 - 9.0 m/s
	32.3 - 34.4 Km/h; 9.0 - 9.5 m/s
	> 34.3 Km/h; > 9.5 m/s

Rugosidad

	0,001000 - 0,029999 m
	0,030000 - 0,099999 m
	0,100000 - 0,199999 m
	0,200000 - 0,299999 m
	0,300000 - 0,750000 m

Para poder estimar el recurso eólico de un emplazamiento no solo es suficiente con conocer la velocidad del viento, también se debe tener en cuenta la dirección. Para profundizar en el recurso eólico se estudia un emplazamiento cercano al centro educativo, la dirección del

viento en el punto extraído varía muy poco con respecto a la del centro, esto se debe a la similitud geográfica del terreno, a continuación, se muestra la dirección del viento a 40 metros de altura.

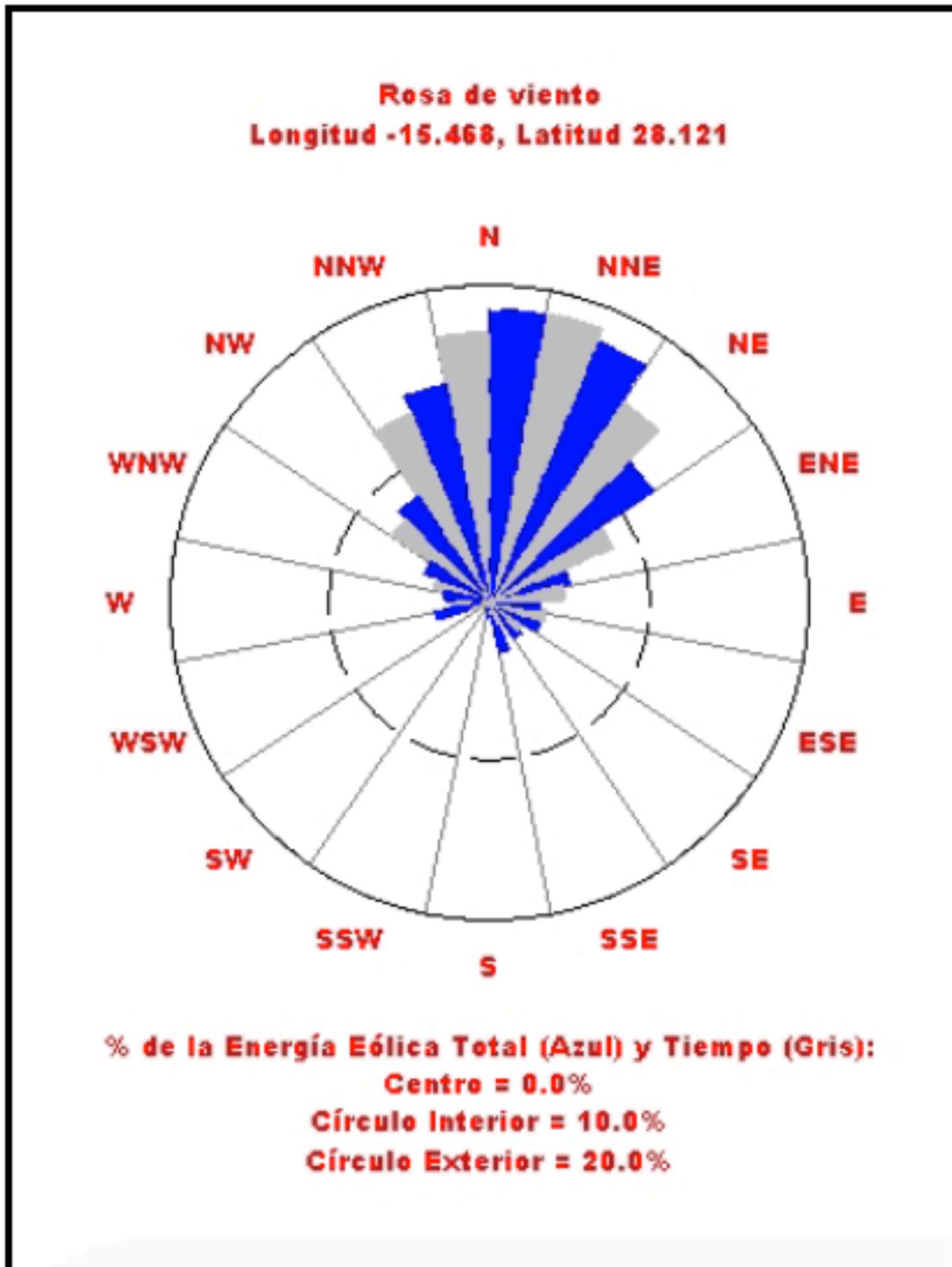


Figura 67. Rosa de viento 40m de altura.

1.2 RECURSO SOLAR



Infraestructura de Datos Espaciales de Canarias		
 <p>Gobierno de Canarias</p>	<p>Información Técnica</p> <p>Sistema de Referencia ITRF93 Elipsoide WGS84 -semieje mayor: a=6.378.137 -aplantamiento: f=298.257223563 Red Geodésica REGCAN05 (v. 2001) Sistema de representación UTM Huso 28 (extendido)</p>	<p>Mapa de Radiación Solar</p> <p>Escala aprox.: 1:122.822</p> <p>Fecha y hora de impresión: 1/6/2021 20:20:16</p>
		 <p>IDE Canarias</p> <p>www.idecanarias.es </p>



**Gobierno
de Canarias**

Infraestructura de Datos Espaciales de Canarias

LEYENDA

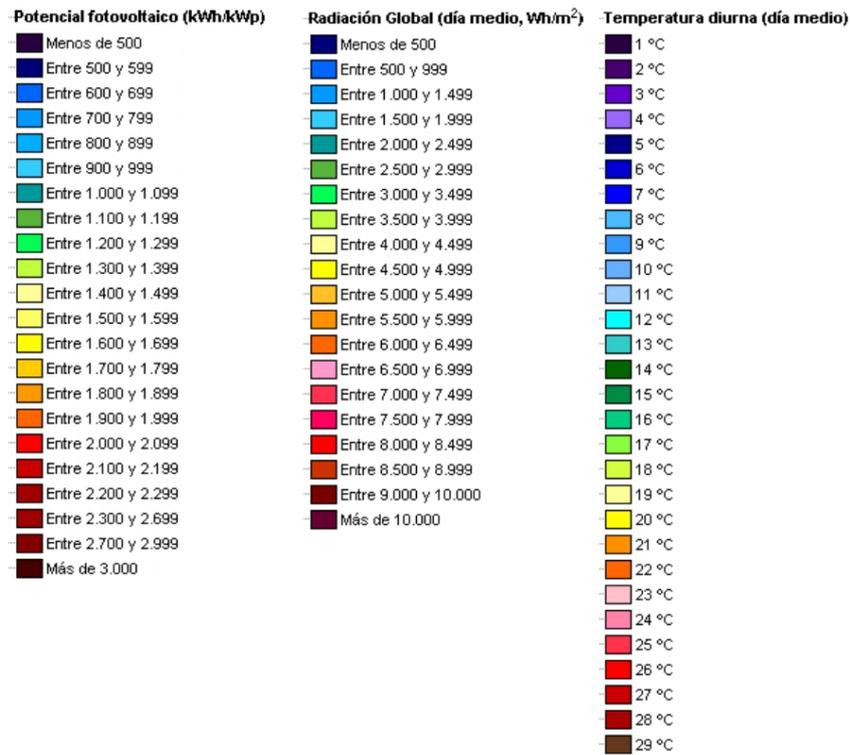


**IDE
Canarias**

www.idecanarias.es



Mapa de Radiación Solar



 **Gobierno de Canarias** **Infraestructura de Datos Espaciales de Canarias** 
LEYENDA www.idecanarias.es GARFCON

Mapa de Radiación Solar



Mapa de Radiación

Mapa Potencial fotovoltaico



Mapa de Temperatura

A continuación, se muestra de forma más detallada los datos de irradiación, datos aportados por el PVGIS de la Comisión Europea [27]. En la figura 68 se puede observar la irradiación

solar mensual en la zona. En la línea fucsia se puede observar la irradiación al cabo de año respecto al ángulo de inclinación de 27°.

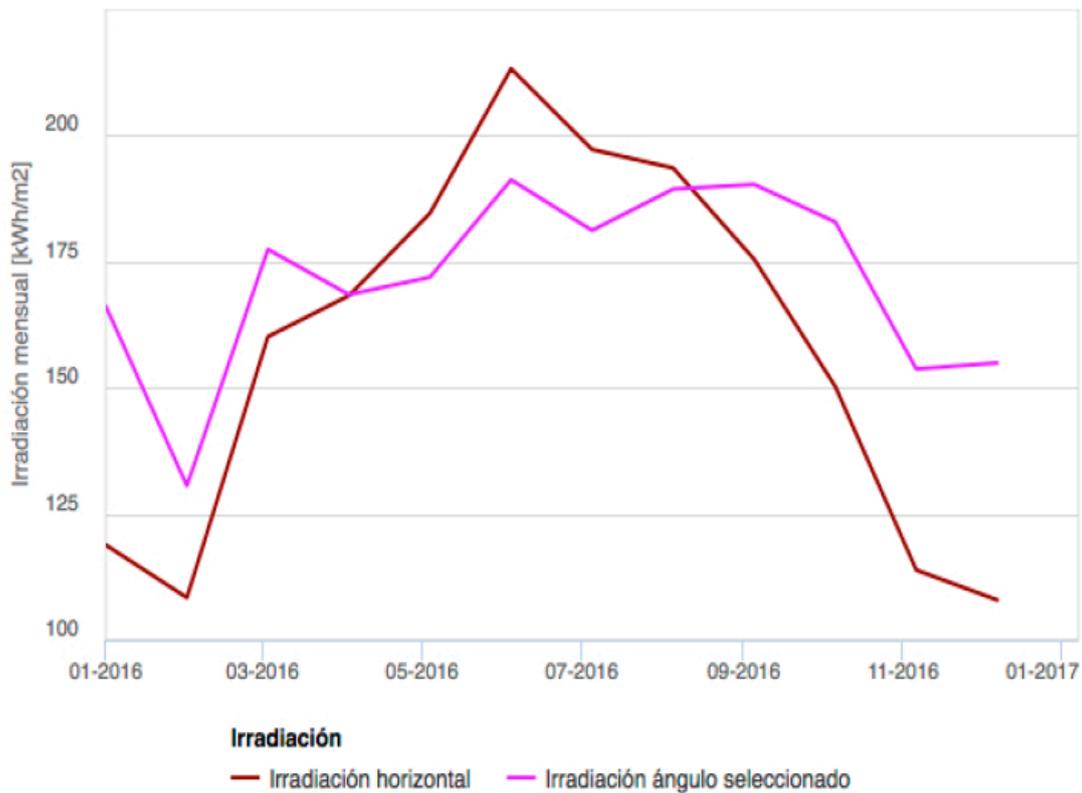


Figura 68. Grafica irradiación solar mensual

IRRADIACIÓN GLOBAL HORIZONTAL		GLOBAL AT USER ANGLE	
MES		Mes	
ENERO	118.81	Enero	166.13
FEBRERO	108.38	Febrero	130.57
MARZO	160.11	Marzo	177.42
ABRIL	168.25	Abril	168.45
MAYO	184.59	Mayo	171.9
JUNIO	213.23	Junio	191.21
JULIO	197.22	Julio	181.18
AGOSTO	193.54	Agosto	189.37
SEPTIEMBRE	175.46	Septiembre	190.3
OCTUBRE	150.25	Octubre	182.86
NOVIEMBRE	113.85	Noviembre	153.71
DICIEMBRE	107.9	Diciembre	154.91

Tabla 13. Datos de la irradiación solar mensual

En la siguiente figura 69 se muestra la temperatura media durante el año 2016.

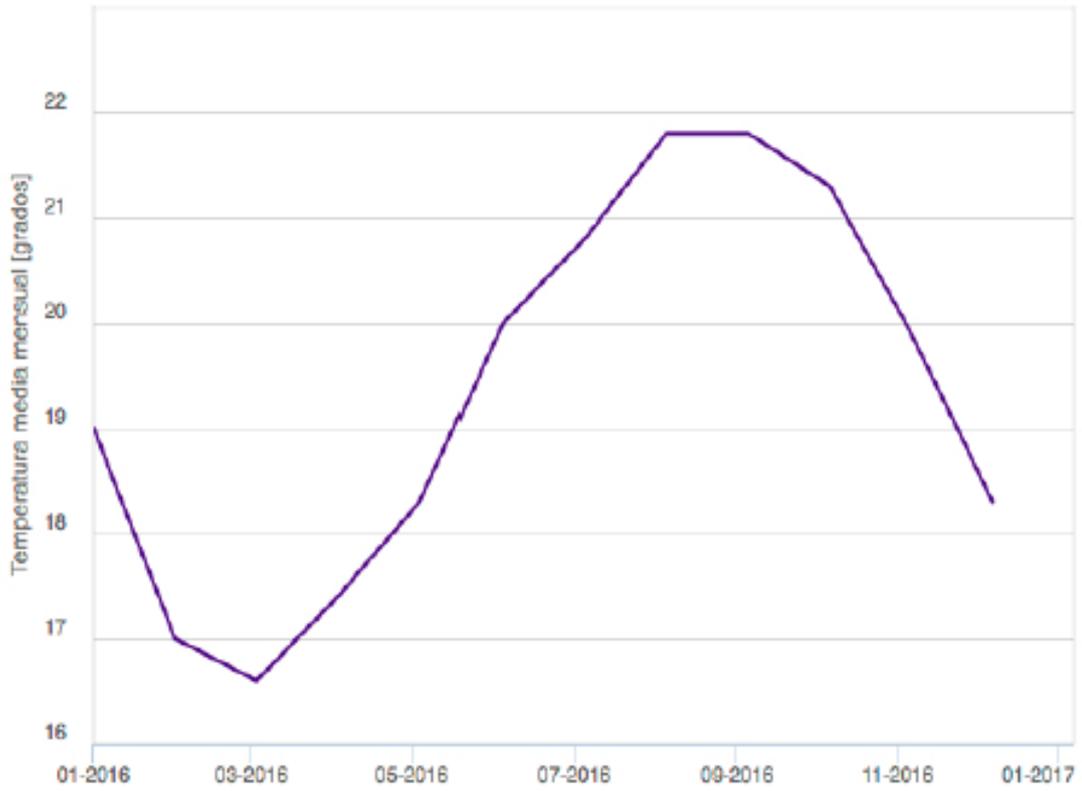


Figura 69. Temperatura media mensual

MES	2016
ENERO	19
FEBRERO	17
MARZO	16.6
ABRIL	17.4
MAYO	18.3
JUNIO	20
JULIO	20.8
AGOSTO	21.8
SEPTIEMBRE	21.8
OCTUBRE	21.3
NOVIEMBRE	19.9
DICIEMBRE	18.3

Tabla 14. Datos de temperatura media mensual

ANEXO II. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

1.3 AEROGENERADOR AEOLOS-V 3KW



Specification

Generator Type:	Three Phase Permanent Magnet
Rotor Height:	3.0m (9.84ft)
Rotor Width:	2.4m (7.87ft)
Turbine Weight:	106kg (235.6lbs)
Blades Material:	Aluminum Alloy
Blade Quantity:	3 pcs
Working Temperature:	-20 °C to 50 °C
Design Lifetime:	20 years

Performance

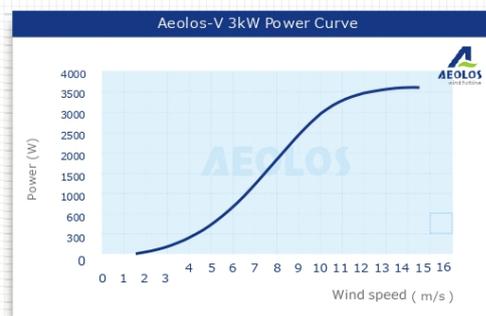
Rated Power:	3000 W
Max Output Power:	3600 W
Cut In Wind Speed:	2.5m/s (5.58mph)
Rated Wind Speed:	10m/s (22.3mph)
Survival Wind Speed:	55m/s (122.65mph)
Generator Efficiency:	96%
Noise Level:	< 45 dB(A)
Warranty:	5 year

Safety

Blades RPM Limitation:	320 RPM
PWM Dump Load:	5kW Box
Mechanical Brake:	Manual

Optional

Remote Monitoring System (Internet/Wireless)	
Auto Hydraulic Brake System (Unattended Site)	
Off Grid :	48 V or 96 V
Grid Tie :	300 V



Wind Speed(m/s)	Annual Energy Output (kWh)	Wind Speed(m/s)	Annual Energy Output (kWh)
3 m/s	892 kWh	8 m/s	15768 kWh
4 m/s	2365 kWh	9 m/s	21637 kWh
5 m/s	4029 kWh	10 m/s	26280 kWh
6 m/s	6307 kWh	11 m/s	29433 kWh
7 m/s	10162 kWh	12 m/s	30660 kWh



5 YEAR WARRANTY 
AUSTRALIAN WIND AND SOLAR

Head Office: 11/15 Thackray St
Port Melbourne, VICTORIA
Tel: 1300 736 458

www.australianwindandsolar.com



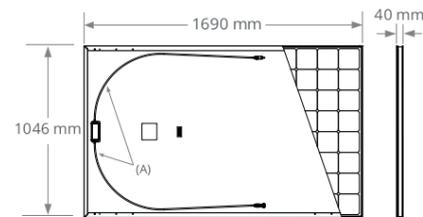
1.4 PANEL SOLAR FOTOVOLTAICO SUNPOWER MAXEON 3 – 400W

MAXEON® 3 | 400 W Residential Solar Panel

Electrical Data			
	SPR-MAX3-400	SPR-MAX3-390	SPR-MAX3-370
Nominal Power (P _{nom}) ⁷	400 W	390 W	370 W
Power Tolerance	+5/0%	+5/0%	+5/0%
Panel Efficiency	22.6%	22.1%	20.9%
Rated Voltage (V _{mpp})	65.8 V	64.5 V	61.8 V
Rated Current (I _{mpp})	6.08 A	6.05 A	5.99 A
Open-Circuit Voltage (V _{oc})	75.6 V	75.3 V	74.7 V
Short-Circuit Current (I _{sc})	6.58 A	6.55 A	6.52 A
Max. System Voltage	1000 V IEC		
Maximum Series Fuse	15 A		
Power Temp Coef.	-0.29% / °C		
Voltage Temp Coef.	-176.8 mV / °C		
Current Temp Coef.	2.9 mA / °C		

Operating Condition And Mechanical Data	
Temperature	-40° C to +85° C
Impact Resistance	25 mm diameter hail at 23 m/s
Solar Cells	104 Monocrystalline Maxeon Gen III
Tempered Glass	High-transmission tempered anti-reflective
Junction Box	IP-65, Stäubli (MC4), 3 bypass diodes
Weight	19 kg
Design Load	Wind: 2660 Pa, 274 kg/m ² front & back Snow: 4000 Pa, 408 kg/m ² front
Max. Load ¹⁰	Wind: 4000 Pa, 408 kg/m ² front & back Snow: 6000 Pa, 611 kg/m ² front
Frame	Class 1 black anodized (highest AAMA rating)

Tests And Certifications	
Standard Tests ⁸	IEC 61215, IEC 61730 Class 1 fire rated per UNI 9177
Quality Management Certs	ISO 9001:2015, ISO 14001:2015
EHS Compliance	RoHS (Pending), OHSAS 18001:2007, lead free, REACH SVHC-163 (Pending)
Sustainability	Cradle to Cradle Certified™ (Pending)
Ammonia Test	IEC 62716
Desert Test	10.1109/PVSC.2013.6744437
Salt Spray Test	IEC 61701 (maximum severity)
PID Test	1000 V: IEC 62804, PVEL 600 hr duration
Available Listings	TUV ⁹



FRAME PROFILE



A. Cable Length: 1200 mm +/-10 mm
B. LONG SIDE: 32 mm
SHORT SIDE: 24 mm

Please read the safety and installation guide.

1 SunPower 400 W, 22.6% efficient, compared to a Conventional Panel on same-sized arrays (260 W, 16% efficient, approx. 1.6 m²), 7% more energy per watt (based on PVsyst pan files for avg EU climate), 0.5%/yr slower degradation rate (Jordan, et. al. "Robust PV Degradation Methodology and Application." PVSC 2018).

2 DNV "SunPower Shading Study," 2013. Compared to a conventional front contact panel.

3 #1 rank in "Fraunhofer PV Durability Initiative for Solar Modules: Part 3". PVTech Power Magazine, 2015.

4 SunPower is rated #1 on Silicon Valley Toxics Coalition's Solar Scorecard.

5 Cradle to Cradle Certified is a multi-attribute certification program that assesses products and materials for safety to human and environmental health, design for future use cycles, and sustainable manufacturing.

6 Maxeon2 and Maxeon3 panels additionally contribute to LEED Materials and Resources credit categories.

7 Standard Test Conditions (1000 W/m² irradiance, AM 1.5, 25° C). NREL calibration Standard: SOMS current, LACCS FF and Voltage.

8 Class C fire rating per IEC 61730.

9 Also certified under names SPR-YYY-XXX.

10 Calculated with a 1.5 Safety Factor.

Designed in USA

Made in Philippines (Cells)

Modules Assembled in Mexico

Visit www.sunpowercorp.co.uk for more information.

Specifications included in this datasheet are subject to change without notice.

©2019 SunPower Corporation. All rights reserved. SUNPOWER, the SUNPOWER logo and MAXEON are trademarks or registered trademarks of SunPower Corporation. Cradle to Cradle Certified™ is a certification mark licensed by the Cradle to Cradle Products Innovation Institute.

SUNPOWER®
MAXEON®

UK: 0 8082818718 | Other EU: 00 800 855 81111

532418 REV A / A4_EN

sunpowercorp.co.uk

1.5 INVERSOR SUNNY BOY 3.0

Datos técnicos	Sunny Boy 3.0	Sunny Boy 3.6	Sunny Boy 4.0	Sunny Boy 5.0	Sunny Boy 6.0
Entrada (CC)					
Potencia máx. del generador fotovoltaico	5500 Wp	5500 Wp	7500 Wp	7500 Wp	9000 Wp
Tensión de entrada máx.	600 V				
Rango de tensión del MPP	De 110 V a 500 V	De 130 V a 500 V	De 140 V a 500 V	De 175 V a 500 V	De 210 V a 500 V
Tensión asignada de entrada	365 V				
Tensión de entrada mín./de inicio	100 V/125 V				
Corriente máx. de entrada, entradas: A/B	15 A/15 A				
Corriente máx. de entrada por string, entradas: A/ B	15 A/15 A				
Número de entradas de MPP independientes/Strings por entrada de MPP	2/A:2; B:2				
Salida (CA)					
Potencia asignada (a 230 V, 50 Hz)	3000 W	3680 W	4000 W	5000 W ¹⁾	6000 W
Potencia máx. aparente de CA	3000 VA	3680 VA	4000 VA	5000 VA ¹⁾	6000 VA
Tensión nominal de CA/Rango	220 V, 230 V, 240 V/De 180 V a 280 V				
Frecuencia de red de CA/Rango	50 Hz, 60 Hz/De -5 Hz a +5 Hz				
Frecuencia asignada de red/Tensión asignada de red	50 Hz/230 V				
Corriente máx. de salida	16 A	16 A	22 A ²⁾	22 A ²⁾	26,1 A
Factor de potencia a potencia asignada	1				
Factor de desfase ajustable	0,8 inductivo a 0,8 capacitivo				
Fases de inyección/conexión	1/1				
Rendimiento					
Rendimiento máx./europeo Rendimiento	97,0%/96,4%	97,0%/96,5%	97,0%/96,5%	97,0%/96,5%	97,0%/96,6%
Dispositivos de protección					
Punto de desconexión en el lado de entrada	●				
Monitorización de toma a tierra/de red	●/●				
Protección contra polarización inversa de CC/Resistencia al cortocircuito de CA/con separación galvánica	●/●/—				
Unidad de seguimiento de la corriente residual sensible a la corriente universal	●				
Clase de protección (según IEC 61140)/Categoría de sobretensión (según IEC 60664-1)	I/III				
Datos generales					
Dimensiones (ancho/alto/fondo)	435 mm/470 mm/176 mm (17,1 in/18,5 in/6,9 in)				
Peso	17,5 kg (38,5 lb)				
Rango de temperatura de funcionamiento	De -25 °C a +60 °C (de -13 °F a +140 °F)				
Emisión sonora, típica	25 dB(A)				
Autoconsumo (nocturno)	5,0 W				
Topología	Sin transformador				
Sistema de refrigeración	Convección				
Tipo de protección (según IEC 60529)	IP65				
Clase climática (según IEC 60721-3-4)	4K4H				
Valor máximo permitido para la humedad relativa (sin condensación)	100 %				
Equipamiento					
Conexión de CC/CA	SUNCLIX/Conector de enchufe de CA				
Visualización a través de teléfono inteligente, tableta o portátil	●				
Interfaces: WLAN, Speedwire/Webconnect	●/●/●				
Protocolos de comunicación	Modbus (SMA, Sunspec), Webconnect, SMA Data, TS4R				
Gestión de las sombras: OptiTrac Global Peak	●/○				
Garantía: 5/10/15 años	●/○/○				
Certificados y autorizaciones (otros a petición)	AS 4777.2, C10/11, CE, CEI 0-21, EN 50438, G59/3-4, G83/2-1, DIN EN 62109 / IEC 62109, NEN-EN50438, IEC-EN50438, NT_Ley20.571, ÖVE/ÖNORM E 8001-4-712 & TOR D4, PPDS, PPC, RD1699, TR3.2.1, UTE C15-712, VDE-AR-N 4105, VDE0126-1-1, VFR 2014				
Certificados y autorizaciones (en planificación)	DEWA, IEC 61727, IEC 62116, MEA, NBR16149, PEA, SI4777, TR3.2.2				
Disponibilidad de SMA Smart Connected en los países	AU, AT, BE, CH, DE, ES, FR, IT, LU, NL, UK				
● Equipamiento de serie ○ Opcional — No disponible Datos en condiciones nominales: 02/2019 1) 4600 W/4600 VA para VDE-AR-N 4105 2) AS 4777: 21,7 A					
Modelo comercial	SB3.0-1AV-41	SB3.6-1AV-41	SB4.0-1AV-41	SB5.0-1AV-41	SB6.0-1AV-41

1.6 INVERSOR ABB PVI-3.6-TL-OUTD-W

Additional highlights

- Flexible data monitoring options to view inverter performance
- Compatible with ABB 7200-WIND-INTERFACE
- Compatible with ABB 15/25kW-WIND-INTERFACE



Technical data and types

Type code	PVI-3.0-TL-OUTD-W	PVI-3.6-TL-OUTD-W	PVI-4.2-TL-OUTD-W
Input side			
Maximum absolute DC input voltage ($V_{max,abs}$)		600 V	
Operating DC Input voltage range ($V_{dmin}...V_{dmax}$)		50...580 V	
DC input voltage range at P_{acr} ($V_{d,min}...V_{d,max}$)	160...530 V	120...530 V	140...530 V
Rated DC input voltage (V_{dcr})		360 V	
Dc power limitation	Linear derating from MAX to Null [$530V \leq V_{dcs} \leq 580V$]		
Maximum DC input current ($I_{dc,max}$)	20 A	32 A	32 A
Maximum input short circuit current	25 A	40 A	40 A
DC connection type	Screw terminal block		
Input protection			
Reverse polarity protection		Yes, from limited current source	
Input over voltage protection - varistor		4	
Generator isolation control	According to local standard		
Output side			
AC grid connection	Single phase		
Rated AC power ($P_{acr}@\cos\phi=1$)	3000 W	3600 W	4200 W
Maximum AC output power ($P_{ac,max}@\cos\phi=1$)	3300 W ⁽⁴⁾	4000 W ⁽⁵⁾	4600 W ⁽⁶⁾
Maximum apparent power (S_{max})	3330 VA	4000 VA	4670 VA
Rated grid AC voltage (V_{acr})		230 V	
AC voltage range		180...264 V ⁽⁷⁾	
Maximum output AC current ($I_{ac,max}$)	14.5 A	17.2 A(3)	20 A
Contributory fault current	16.0 A	19.0 A	22.0 A
Rated frequency (f)	50 Hz / 60 Hz		
Frequency range ($f_{min}...f_{max}$)	47...53 Hz / 57...63 Hz ⁽²⁾		
Nominal power factor and adjustable range	> 0.995, adj. \pm 0.9 with $P_{acr}=3.0$ kW	> 0.995, adj. \pm 0.9 with $P_{acr}=3.6$ kW	> 0.995, adj. \pm 0.9 with $P_{acr}=4.2$ kW
Total harmonic distortion	< 3.5 %		
AC connection type	Screw terminal block		
Output protection			
Anti-islanding protection	According to local standard		
Maximum AC overcurrent protection	16.0 A	19.0 A	22.0 A
Output over voltage protection - varistor	2 (L - N / L - PE)		

² ABB small wind inverters | Product flyer for PVI-3.0/3.6/4.2-TL-OUTD-W

1.7 EASTRON DCM230

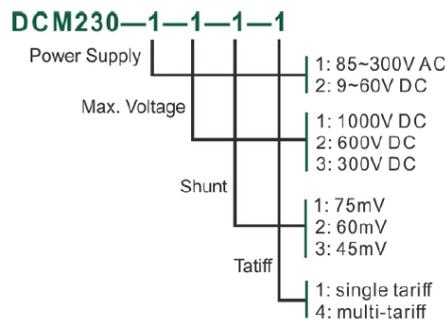
Eastron DCM230 User Manual

Introduction

Eastron DCM230 series DC energy meters are designed for measuring and monitoring in DC systems. The din rail DC energy meters can measure of important DC parameters: Voltage, current, power and energy etc. It also support bi-directional measurement with pulse output. All data in the meter are accessible via RS485 using Modbus RTU. The meter has two versions working with AC or DC power supply. Input voltage range up to 300, 600, 1000V DC, and current inputs are flexible with DC shunt and current sensors. The multi-tariff version has a RTC equipped inside, it provides multi-tariff information and monthly records.

PART 1 Specification

Model list



General Specifications

Voltage DC Input	5~300V DC, 5~600V DC, 5~1000V DC
Auxiliary Supply	85~300V AC (DCM230-1) or 9-60V DC (DCM230-2)
DC Shunt Input	75mV (default) 60mV, 45mV (optional)
Current Range	0~2000A
Power consumption	≤ 2W / 5VA
AC voltage withstand	4400V/ 1min
Impulse voltage withstand	6.4kV - 1.2/50μS waveform
Pulse output	1, 10, 100, 1000imp/kWh (default)
Pulse duration	60, 100 (default), 200mS
Pulse output indicate	Total kWh/ import kWh/ export kWh

Zhejiang Eastron Electronic Co.,Ltd. Tel: 0086-573-83698881 83698882 Fax: 0086-573-83698883 - 2 -
 Address: No.1369 Chengnan Road, Jiaxing, Zhejiang, 314001, China. Web: www.eastron.com.cn Email: sales@eastrongroup.com

Eastron DCM230 User Manual

Display	LCD with backlit
Max. Reading	999999.9kWh
Weight	220g
Standard	GB/T 33708-2017

Unit Characteristics

The Unit can measure and display:

- voltage
- Currents
- Power
- Active energy imported and exported

Pulse output indicates real-time energy measurement. An RS485 output allows remote monitoring from another display or a computer.

Shunt Primary Current

The unit can be configured to operate with primary current and secondary input.

Primary current range: 0~2000A.

Second input: 75mV in default, 45mV, 60mV optional

RS485 Output for Modbus RTU

For Modbus RTU, the following RS485 communication parameters can be configured from the Set-up menu:

Baud rate 1200,2400, 4800, 9600,19200 bps

Parity none (default)/odd/even

Stop bits 1 or 2

RS485 network address *nnn* – 3-digit number, 001 to 247

Modbus™ Word order Hi/Lo byte order is set automatically to normal or reverse. It cannot be configured from the set-up menu.

Set-up screens are provided for setting up the RS485 port.

Pulse output

The unit provides a pulse output. The constant can be configured to below:

1000 imp/kwh

100 imp/kWh

10 imp/kWh

1 imp/kWh

Pulse width: 200/100(default)/60 ms.

Note: the relationship between pulse constant and CT1

CT1 setting	Default pulse constant	Settable pulse constant
1 – 20	1000 imp/kWh	1000,100,10,1 imp/kWh

Eastron DCM230 User Manual

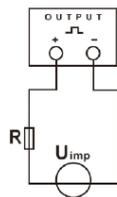
21 – 200	100 imp/kWh	100,10,1 imp/kWh
201 – 2000	10 imp/kWh	10,1 imp/kWh

*when the CT setting on meter is 2000A, the default pulse constant is 10 imp/kWh and it can be set to 10 imp/kWh or 1 imp/kWh.

*Over-current alarm: Alarm will happened when the current is over the CT1 value set on the meter. The Alarm LED will stay solid and the corresponding register value will be changed. The user can read this register through communication to determine whether an overcurrent alarm has occurred.

The pulse outputs can be set to generate pulses to represent Import kWh/ Export kWh/ total kWh.

The pulse output is passive type, complies with IEC62053-31 Class A.



ATTENTION: Pulse output must be fed as shown in the wiring diagram below. Scrupulously respect polarities and the connection mode. Opto-coupler with potential-free SPST-NO Contact. Contact range:5~27VDC Max. current Input:27mA DC.

Environment

Operating temperature	-25°C to +70°C
Reference temperature	23°C ± 2°C
Relative humidity	0 to 90%, non-condensing
Altitude	up to 2000m
Installation category	CAT II
Mechanical Environment	M1
Electromagnetic environment	E2
Degree of pollution	2

Mechanics

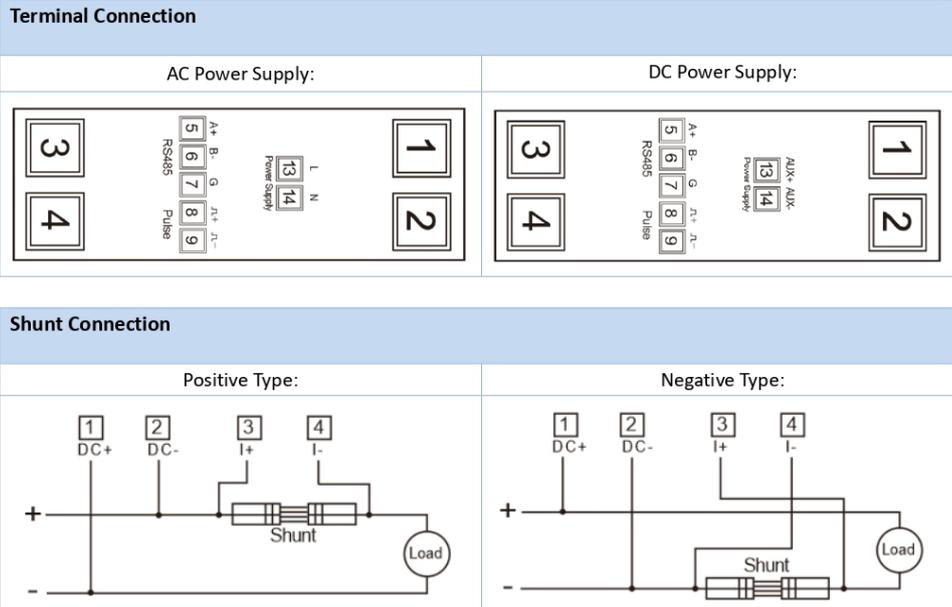
Din rail dimensions	36x99x63 (WxHxD) DIN 43880
Mounting	DIN rail 35mm
Sealing	IP51 (indoor)
Material	Self-extinguishing UL94V-0

PART 2 Operation

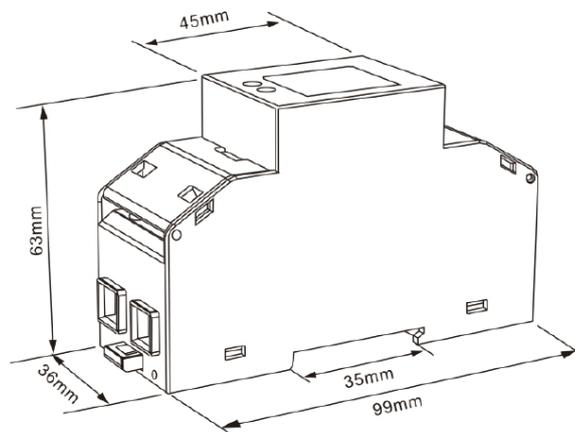
Initialization Display

When it is powered on, the meter will initialize and do self-checking.

Wiring diagram



Dimensions



1.8 PROTOCOLO MODBUS RTU

Eastron DCM230 User Manual

PART 3 Modbus Protocol

Input registers are used to indicate the present values of the measured and calculated electrical quantities. Each parameter is held in two consecutive 16 bit register. The following table details the 3X register address, and the values of the address bytes within the message. A (*) in the column indicates that the parameter is valid for the particular wiring system. Any parameter with a cross(X) will return the value zero. Each parameter is held in the 3X registers. Modbus Protocol function code 04 is used to access all parameters. For example, to request:

```

Amps 1   Start address=0006
          No. of registers =0002
Amps 2   Start address=0008
          No. of registers=0002
  
```

Each request for data must be restricted to 40 parameters or less. Exceeding the 40 parameter limit will cause a Modbus Protocol exception code to be returned.

Address (Register)	DCM230 Input Register Parameter				Modbus Protocol Start Address Hex	
	Description	Length (bytes)	Data Format	Units	Hi Byte	Lo Byte
30001	Line to neutral volts.	4	Float	V	00	00
30007	Current.	4	Float	A	00	06
30013	Active power.	4	Float	W	00	0C
30073	Import active energy	4	Float	kWh	00	48
30075	Export active energy	4	Float	kWh	00	4A
30085	Total system power demand	4	Float	W	00	54
30087	Maximum total system power demand	4	Float	W	00	56
30343	Total active energy	4	Float	kWh	01	56
30385	Resettable partial kWh	4	Float	kWh	01	80
34877	Total active Energy Rate 1	4	Float	kWh	13	0C
34879	Total active Energy Rate 2	4	Float	kWh	13	0E
34881	Total active Energy Rate 3	4	Float	kWh	13	10
34883	Total active Energy Rate 4	4	Float	kWh	13	12
34885	Import active Energy Rate 1	4	Float	kWh	13	14
34887	Import active Energy Rate 2	4	Float	kWh	13	16
34889	Import active Energy Rate3	4	Float	kWh	13	18
34891	Import active Energy Rate 4	4	Float	kWh	13	1A
34893	Export active Energy Rate 1	4	Float	kWh	13	1C
34895	Export active Energy Rate 2	4	Float	kWh	13	1E
34897	Export active Energy Rate 3	4	Float	kWh	13	20
34899	Export active Energy Rate 4	4	Float	kWh	13	22
38193	Total Last 1 month active Energy (Total, Rate1, Rate2, Rate3, Rate4)	20	Float	kWh	20	00

Zhejiang Eastron Electronic Co.,Ltd. Tel: 0086-573-83698881 83698882 Fax: 0086-573-83698883 - 16
 Address: No.1369 Chengnan Road, Jiaxing, Zhejiang, 314001, China. Web: www.eastron.com.cn Email: sales@eastrongroup.com

Eastron DCM230 User Manual

38203	Total Last 2 month active Energy (Total、Rate1、Rate2、Rate3、Rate4)	20	Float	kWh	20	0A
38213	Total Last 3 month active Energy (Total、Rate1、Rate2、Rate3、Rate4)	20	Float	kWh	20	14
38223	Total Last4 month active Energy (Total、Rate1、Rate2、Rate3、Rate4)	20	Float	kWh	20	1E
38233	Total Last 5 month active Energy (Total、Rate1、Rate2、Rate3、Rate4)	20	Float	kWh	20	28
38243	Total Last 6 month active Energy (Total、Rate1、Rate2、Rate3、Rate4)	20	Float	kWh	20	32
38253	Total Last 7 month active Energy (Total、Rate1、Rate2、Rate3、Rate4)	20	Float	kWh	20	3C
38263	Total Last 8 month active Energy (Total、Rate1、Rate2、Rate3、Rate4)	20	Float	kWh	20	46
38273	Total Last 9month active Energy (Total、Rate1、Rate2、Rate3、Rate4)	20	Float	kWh	20	50
38283	Total Last 10 month active Energy (Total、Rate1、Rate2、Rate3、Rate4)	20	Float	kWh	20	5A
38293	Total Last 11 month active Energy (Total、Rate1、Rate2、Rate3、Rate4)	20	Float	kWh	20	64
38303	Total Last 12 month active Energy (Total、Rate1、Rate2、Rate3、Rate4)	20	Float	kWh	20	6E
312289	Total Last 1 day active Energy	4	Float	kWh	30	00
312291	Total Last 2 days active Energy	4	Float	kWh	30	02
312293	Total Last 3 days active Energy	4	Float	kWh	30	04
312295	Total Last 4 days active Energy	4	Float	kWh	30	06
312297	Total Last 5 days active Energy	4	Float	kWh	30	08
312299	Total Last 6 days active Energy	4	Float	kWh	30	0A
312301	Total Last 7 days active Energy	4	Float	kWh	30	0C
312303	Total Last 8 days active Energy	4	Float	kWh	30	0E
312305	Total Last 9 days active Energy	4	Float	kWh	30	10
312307	Total Last 10 days active Energy	4	Float	kWh	30	12
312309	Total Last 11 days active Energy	4	Float	kWh	30	14
312311	Total Last 12 days active Energy	4	Float	kWh	30	16
312313	Total Last 13 days active Energy	4	Float	kWh	30	18
312315	Total Last 14 days active Energy	4	Float	kWh	30	1A
312317	Total Last 15 days active Energy	4	Float	kWh	30	1C
312319	Total Last 16 days active Energy	4	Float	kWh	30	1E
312321	Total Last 17 days active Energy	4	Float	kWh	30	20
312323	Total Last 18 days active Energy	4	Float	kWh	30	22
312325	Total Last 19 days active Energy	4	Float	kWh	30	24
312327	Total Last 20 days active Energy	4	Float	kWh	30	26
312329	Total Last 21 days active Energy	4	Float	kWh	30	28

Zhejiang Eastron Electronic Co.,Ltd. Tel: 0086-573-83698881 83698882 Fax: 0086-573-83698883 - 17
 Address: No.1369 Chengnan Road, Jiaxing, Zhejiang, 314001, China. Web: www.eastron.com.cn Email: sales@eastrongroup.com

Eastron DCM230 User Manual

312331	Total Last 22 days active Energy	4	Float	kWh	30	2A
312333	Total Last 23 days active Energy	4	Float	kWh	30	2C
312335	Total Last 24 days active Energy	4	Float	kWh	30	2E
312337	Total Last 25 days active Energy	4	Float	kWh	30	30
312339	Total Last 26 days active Energy	4	Float	kWh	30	32
312341	Total Last 27 days active Energy	4	Float	kWh	30	34
312343	Total Last 28 days active Energy	4	Float	kWh	30	36
312345	Total Last 29 days active Energy	4	Float	kWh	30	38
312347	Total Last 30 days active Energy	4	Float	kWh	30	3A
30385	Current resettable total active energy	4	Float	kWh	01	80
316385	Line to neutral volts.	4	Float	V	40	00
316387	Current.	4	Float	A	40	02
316389	Active power.	4	Float	W	40	04
316391	Import active energy	4	Float	W	40	06
316393	Emport active energy	4	Float	W	40	08
316395	Total system power demand	4	Float	kWh	40	0A
316397	Maximum total system power demand	4	Float	kWh	40	0C
316399	Total active energy	4	Float	kWh	40	0E
316401	Current resettable total active energy	4	Float	kWh	40	10
316403	Current overload alarm 00 00 means no alarm 00 01 means Current overload alarm	2	Hex	None	40	12

Note:

- (1): The method of power demand calculation is: Import- Export. When the import and export powers appear in the demand period, the import power subtract the export power during data processing.
- (2) The red marked are commonly used registers which allow users to read continuously at one time.
- (3) The green marked registers are used for Multi-tariff version only

Holding Registers

Holding registers are used to store and display instrument configuration settings. All holding registers not listed in the table below should be considered as reserved for manufacturer use and no attempt should be made to modify their values.

The holding register parameters may be viewed or changed using the Modbus Protocol. Each parameter is held in two consecutive 4X registers. Modbus Protocol Function Code 03 is used to read the parameter and Function Code 10 is used to write. Write to only one parameter per message.

Address Register	Parameter	Modbus Protocol Start Address Hex		Valid range	Mode
		High Byte	Low Byte		
40003	Demand Period	00	02	Write demand period: 0~60 minutes, default 60. Setting the period to 0 will cause the demand to show the current parameter value, and demand max to show the maximum parameter value since last demand reset. Length : 4 byte Data Format : Float	r/w
40005	Slide time	00	04	Default 1, min. Range : 1 ~ (Demand Period -1). Length : 4 byte Data Format : Float	r/w
40013	Pulse Width	00	0C	Write pulse1 on period in Milliseconds: 60, 100 or 200, default 100. Length : 4 byte Data Format: float	r/w
40019	Network Parity and Stop	00	12	Write the network port parity/stop bits for MODBUS Protocol, where: 0 = 1 stop bit and none parity, default. 1 = 1 stop bit and even parity. 2 = 1 stop bit and odd parity. 3 = 2 stop bit and none parity. Requires a restart to become effective. Length : 4 byte Data Format : Float	r/w
40021	Modbus address	00	14	Write the Modbus address Address: 1 to 247 for MODBUS Protocol, default 1. Requires a restart to become effective. Length : 4 byte Data Format : Float	r/w
40023	Pulse constant	00	16	Options: 0 means 1000 imp/kWh 1 means 100 imp/kWh 2 means 10 imp/kWh 3 means 1 imp/kWh Length : 4 byte Data Format: float	r/w
40025	Password	00	18	Write password for access to protected registers. Length : 4 byte Data Format : Float	ro

Eastron DCM230 User Manual

40029	Baud Rate	00	1C	Options: 0 means 2400 bps 1 means 4800 bps 2 means 9600 bps 3 means 19200 bps 5 means 1200 bps Default: 2 Length : 4 byte Data Format: float	r/w
40059	Auto-scroll display time	00	3A	Range: 0~60s. 0 means no scroll Default:0 Length : 4 byte Data Format : Float	r/w
40061	Backlit time	00	3C	Options:0~120 minutes 0 means the backlit always on Default: 60 Length : 4byte Data Format : Float	r/w
40087	Pulse output type	00	56	Options: 1 means Import active energy 2 means total active energy 4 means Export active energy Default: 2 Length : 4 byte Data Format: float	r/w
48193	Connection method of shunt	20	00	Setting on shunt connection. Option: 00 4E means Negative type (default) 00 50 means Positive type Length: 2 byte Data Format: Hex	r/w
461457	Reset	F0	10	00 00: Reset Maximum Demand 00 03: Reset Partial Energy Length : 2 byte Data Format:Hex	wo
463776	Energy Measurement model	F9	20	Options: 00 01: Total=Import 00 02: Total=Import+Export 00 03: Total=Export Length : 2 byte Data Format: Hex	r/w
461441	Date and Time	F0	00	Data definition:	r/w

Eastron DCM230 User Manual

				Second- minute- hour-week-date-month-year-20 Length: 8 byte Data Format: BCD	
463233	Tariff information	F7	00	Date definition: Tariff number-minute- hour Tariff setting range: 01,02,03,04; 00 means invalid tariff rate Minute setting range: 00-59 Hour setting range: 00-23 Length: 24 byte Data Format: BCD	r/w
464513	Serial number	FC	00	Serial number Length: 4 byte Data Format: unsigned int32 Note: Only read	ro

* The green marked registers are used for Multi-tariff version only

PART 4 Shunt



ESFL-2A Series			
Primary Input	Rated Voltage Output	Accuracy	Dimension(mm)
10-50 A	75/60/45 mV	0.5%	25x120x22
75-100 A	75/60/45 mV	0.5%	23x109x11
150-200 A	75/60/45 mV	0.5%	22x118x22
300 A	75/60/45 mV	0.5%	26x127x22
400 A	75/60/45 mV	0.5%	36x127x22
500 A	75/60/45 mV	0.5%	46x127x22
600 A	75/60/45 mV	0.5%	55x127x22
750 A	75/60/45 mV	0.5%	76x127x22
1000 A	75/60/45 mV	0.5%	96x127x22
1500 A	75/60/45 mV	0.5%	113x127x22 or 87x200x97
2000 A	75/60/45 mV	0.5%	136x200x97