



Universidad de Valladolid

**Escuela de Ingenierías
Industriales**



TRABAJO FIN DE GRADO

Grado en Ingeniería Eléctrica

**Montaje y monitorización de una
instalación eólica-fotovoltaica.**

Autor:

D. Agustín Gómez Piquero.

Tutor 1:

D. Julián Manuel Pérez García.

Tutor 2:

D. Moisés San Martín Ojeda.

AGRADECIMIENTOS:

Me gustaría aprovechar esta oportunidad para dar las gracias a todas aquellas personas que han colaborado directa o indirectamente para que este trabajo saliera adelante.

En primer lugar a mis padres, a mis hermanas Esperanza y Olga y a mi hermano Alfonso, porque han sabido enseñarme a confiar en mí y no rendirme ante los obstáculos cuando las cosas parecían imposibles.

A mis amigos, todos ellos, por haberme acompañado en este camino y haber vivido juntos momentos inolvidables.

A mis directores de proyecto, Julián y Moisés, sin cuya intervención éste no hubiera sido posible, y también a todos los profesores que han dedicado su esfuerzo a que todo este tiempo supusiera un proceso de aprendizaje.

Por último, a la universidad de Valladolid, por darme esta oportunidad.

A todos ellos, muchas gracias.

RESUMEN:

El propósito de casi todas las instalaciones con energías renovables es la obtención de energía eléctrica para autoconsumo o para la red eléctrica.

El propósito del presente proyecto además de la obtención de energía eléctrica es su monitorización mediante un software de programación creado en Labview, para poder medir los valores de generación de distintas magnitudes eléctricas como tensiones o corrientes.

Para ello se establecerán instalaciones de unos dispositivos que permiten la comunicación serie, y a través del software poder ver y almacenar los datos de generación en cada momento para los dos dispositivos caso de estudio, un panel solar fotovoltaico y un aerogenerador.

Además, se almacenarán en unos ficheros accesibles en cualquier instante.

La comunicación que se establecerá será una comunicación serie basada en el protocolo Modbus RTU, utilizando como vía de transmisión el puerto serie RS-485 y Ethernet.

PALABRAS CLAVE:

Energía eléctrica, Aerogenerador, Panel solar fotovoltaico, Tensión, Corriente, Potencia, Energía, Protocolo, Modbus, Comunicación, RS-485, Labview, Ethernet, Trama, Bit, CRC, ISO-OSI, TCP, DH96CMP, TCP2RS+, conexión.

ÍNDICE GENERAL:

1.	JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS:	- 1 -
1.1.	Introducción:	- 1 -
1.2.	Objetivos:	- 2 -
1.3.	Antecedentes:	- 2 -
1.4.	Climatología:	- 3 -
1.5.	Selección del emplazamiento:	- 6 -
1.6.	Planificación temporal del proyecto:	- 10 -
2.	FUNDAMENTOS TEÓRICOS:	- 13 -
2.1.	Descripción de las energías renovables:	- 13 -
2.2.	La energía solar fotovoltaica:	- 13 -
2.2.1.	Selección del emplazamiento del panel fotovoltaico:	- 13 -
2.2.2.	El efecto fotoeléctrico:	- 13 -
2.2.3.	La célula fotovoltaica:	- 14 -
2.2.4.	Módulos fotovoltaicos:	- 19 -
2.2.5.	Potencia pico y potencia nominal:	- 19 -
2.2.6.	Radiación solar:	- 19 -
2.2.7.	Movimiento real y aparente del Sol:	- 22 -
2.2.7.1.	Declinación:	- 23 -
2.2.7.2.	Coordenadas solares:	- 23 -
2.2.7.3.	Orientación del módulo:	- 24 -
2.2.8.	Mantenimiento:	- 25 -
2.3.	La energía eólica:	- 28 -
2.3.1.	Producción-obtención de energía eólica:	- 28 -
2.3.2.	Antecedentes:	- 28 -
2.3.3.	Viento. Variación del viento:	- 28 -
2.3.4.	El aerogenerador:	- 30 -
2.3.4.1.	Clasificación de los aerogeneradores:	- 30 -
2.3.4.2.	El aerogenerador Savonius-Darrieus:	- 31 -
2.3.4.3.	Funcionamiento de un aerogenerador:	- 33 -
2.3.4.3.1.	Funcionamiento del aerogenerador objeto de estudio:	- 33 -
2.3.4.4.	Mantenimiento:	- 34 -
3.	DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN:	- 36 -
3.1.	Instalación de los equipos:	- 36 -



3.1.1.	Sistema de captación de energía solar o panel solar fotovoltaico:	- 37 -
3.1.2.	Sistema de captación de energía eólica o aerogenerador:	- 38 -
3.1.3.	Inversor:	- 40 -
3.1.4.	Cuadro de medidas. Transductor DH96CMP:	- 44 -
3.1.4.1.	Descripción:	- 45 -
3.1.4.2.	Características:	- 49 -
3.1.4.2.1.	Referencias:	- 50 -
3.1.4.2.2.	Dimensiones:	- 51 -
3.1.4.2.3.	Esquemas de conexionado:	- 51 -
3.1.4.3.	Tipos u opciones de ampliación:	- 52 -
3.1.4.4.	Aplicaciones:	- 60 -
3.1.4.5.	Instalación y puesta en marcha:	- 60 -
3.1.5.	TCP2RS+ (Convertidor RS485-Ethernet):	- 62 -
3.1.5.1.	Introducción:	- 62 -
3.1.5.2.	Descripción del equipo:	- 63 -
3.1.5.3.	Características:	- 64 -
3.1.5.4.	Instalación:	- 66 -
3.1.5.4.1.	Interface serie:	- 67 -
3.1.5.4.2.	Interface de red:	- 68 -
3.1.5.5.	Configuración:	- 68 -
3.1.5.5.1.	Direccionamiento Ethernet:	- 71 -
3.1.5.5.2.	Asignación del direccionamiento Ethernet:	- 71 -
3.1.5.5.3.	Asignación IP Fija:	- 71 -
3.1.5.5.4.	Configuración por puerto serie:	- 72 -
3.1.5.5.5.	Configuración protocolos de red:	- 73 -
3.2.	Cableado:	- 75 -
3.2.1.	Conexión equipos-transductor:	- 75 -
3.2.2.	Conexión equipos-inversor-red:	- 78 -
3.2.3.	Interface RS-485:	- 78 -
3.2.3.1.	Cableado del bus RS-485:	- 82 -
3.2.4.	Interface RJ45-Router-wifi:	- 83 -
3.2.5.	Ethernet:	- 83 -
4.	MONITORIZACIÓN DE SISTEMAS DE GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA:	- 84 -
4.1.	Comunicaciones:	- 85 -
4.1.1.	Introducción a las comunicaciones:	- 85 -



- 4.1.2. Modelo ISO-OSI: - 87 -
- 4.1.3. MODELO TCP/IP: - 91 -
- 4.1.4. Comparativa entre modelos: - 93 -
- 4.1.5. Estándares de comunicación. Protocolos:..... - 93 -
- 4.2. Solución adoptada: - 95 -
 - 4.2.1. Modbus: - 96 -
 - 4.2.1.1. Características de una red estándar modbus: - 97 -
 - 4.2.1.2. Tipos de Comunicación y modo de transmisión Modbus: - 100 -
 - 4.2.1.3. Tramas de MODBUS:..... - 101 -
 - 4.2.2. Modo RTU:..... - 103 -
 - 4.2.3. Modbus over TCP:..... - 115 -
- 5. IMPLEMENTACIÓN INFORMÁTICA: - 127 -
 - 5.1. Introducción a Labview: - 127 -
 - 5.2. Software Labview: - 128 -
 - 5.3. Estructura del software de comunicación: - 134 -
 - 5.3.1. Descripción: - 134 -
 - 5.3.2. Diagrama de flujo del programa:..... - 134 -
 - 5.3.3. Funcionamiento:..... - 134 -
 - 5.3.3.1. Programa principal: - 134 -
 - 5.3.3.1.1. Obtención de la IP y el Puerto:..... - 141 -
 - 5.3.3.1.2. Comunicación y obtención de datos: - 145 -
 - 5.3.3.1.3. Recogida de datos y análisis de éstos: - 157 -
 - 5.3.3.2. Programa de análisis de datos:..... - 167 -
 - 5.3.4. Ejemplo de datos de generación de energía eléctrica:..... - 169 -
- 6. ANÁLISIS ECONÓMICO: - 169 -
 - 6.1. Introducción: - 169 -
 - 6.2. Fases del proyecto: - 169 -
 - 6.3. Equipo de proyecto:..... - 170 -
 - 6.4. Recursos empleados durante el proyecto:..... - 171 -
 - 6.5. Costes del proyecto:..... - 173 -
 - 6.5.1. Costes directos: - 173 -
 - 6.5.2. Costes Indirectos:..... - 178 -
 - 6.5.3. Costes Totales: - 178 -
- 7. ANÁLISIS MEDIOAMBIENTAL: - 179 -
 - 7.1. Fase de planificación y diseño: - 179 -



7.2.	Fase de construcción:	- 179 -
7.3.	Fase de operación:	- 179 -
7.3.1.	Avifauna:	- 180 -
7.3.2.	Impacto Visual:	- 180 -
7.3.3.	Impacto derivado del ruido:	- 180 -
7.3.4.	Impacto derivado de las sombras:	- 180 -
8.	NORMATIVA DE APLICACIÓN:	- 182 -
9.	BIBLIOGRAFÍA:	- 184 -
10.	ANEXOS:	- 186 -
10.1.	Anexo I:	- 186 -
10.2.	Anexo II:	- 188 -
10.3.	Anexo III:	- 190 -
10.4.	Anexo IV:	- 191 -
10.5.	Anexo V:	- 193 -



Capítulo 1.- Justificación y Objetivos



1. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS:

1.1. Introducción:

El presente Trabajo de Fin de Grado está enmarcado dentro del convenio del departamento de Ingeniería Eléctrica de la Escuela de Ingenierías Industriales de la Universidad de Valladolid.

El presente proyecto se titula *montaje y monitorización de una instalación eólica-fotovoltaica*, surge como complementación a la asignatura de prácticas obligatorias que realicé en la empresa Sociedad Cooperativa General Agropecuaria ACOR, en la cual, una de las tareas que realizaba en dichas prácticas de empresa era la realización de estudios de previsiones de producción eléctrica de las instalaciones fotovoltaica que posee dicha empresa (ACOR) en Tordesillas (Valladolid), a raíz de esto mi tutor de prácticas, y ahora tutor del trabajo fin de grado, Julián Manuel Pérez García y un servidor Agustín Gómez Piquero, nos pusimos de acuerdo en estudiar un poco más en detalle la instalación solar fotovoltaica que posee la escuela en la azotea de la sede Francisco Mendizábal, con objetivo de sacar previsiones de producción energética, pero Fernando Frechoso Escudero, también profesor al igual que Julián Manuel Pérez García de la asignatura energías renovables, había solicitado la compra de un panel y un pequeño aerogenerador, y por ello entre Julián y un servidor decidimos que el trabajo fin de grado podría ser el siguiente: *montaje y monitorización de una instalación eólica-fotovoltaica*.

Montaje y monitorización de una instalación eólica-fotovoltaica de un sistema formado por un aerogenerador y un panel fotovoltaico, para ello y en lo que baso el presente documento es en el análisis una comunicación serie con los dispositivos que se conectarán a los equipos y su visualización mediante un software, que permita el análisis de dichos datos, para que éstos puedan ser tratados y/o almacenados para múltiples aplicaciones posteriores.

La comunicación es el proceso mediante el cual se puede transmitir información de una entidad a otra, alterando el estado de conocimiento de la entidad receptora.

La recogida de los datos de tensiones y corrientes producidas por el aerogenerador eólico y por el panel solar fotovoltaico se lleva a cabo por unos transductores de medida CH96, mediante el software que he creado en labview y estableciendo una comunicación serie RTU y un convertidor modbus TCP/IP, me puedo comunicar con los equipos desde cualquier lugar y en lo que he basado este proyecto es además de en comunicarme con los equipos en recoger los datos que se estén generando y almacenarlos en ficheros siendo su acceso de una forma cómoda en cualquier instante.

Montaje y monitorización de una instalación eólica-fotovoltaica consta principalmente de dos partes claramente diferenciables e independientes: la primera parte, es la realización del montaje de un pequeño aerogenerador de eje vertical de 100W y de un panel solar fotovoltaico de 250W colocados en la azotea de la sede de la Escuela de Ingenieros Industriales Francisco



Mendizábal de la universidad de Valladolid, y la segunda parte del proyecto es el desarrollo de un programa realizado en Labview (software de programación) que permita la monitorización de la producción energética de ambos elementos, además de su almacenamiento y la visualización de datos presentes como históricos.

La aparamenta para la medición de la obtención de energía eléctrica en un caso a través de energía solar fotovoltaica, en el otro mediante energía eólica se ha colocado en la azotea de la sede de la escuela de Ingenieros industriales Francisco Mendizábal de la universidad de Valladolid, con lo cual sirve tanto a profesores como a alumnos para estudio y/o aprendizaje de la generación de energía eléctrica con estas tecnologías, lo cual se puede implementar incluso en la docencia de asignaturas como Energías Renovables de cuarto curso del Grado en Ingeniería Eléctrica.

1.2. Objetivos:

Los objetivos que tiene el siguiente proyecto son, por una parte, la recogida de datos (tensiones, corrientes, potencia y energía) eléctricas producidas por un aerogenerador y un panel solar fotovoltaico estableciendo una comunicación TCP/IP entre los equipos y un software creado en Labview, su representación en el tiempo para para análisis y además de la generación de unos ficheros para su almacenamiento y consulta cuando se desee.

1.3. Antecedentes:

El presente proyecto nace como complementación a la asignatura de prácticas obligatorias que tiene en su plan de estudio el grado en ingeniería eléctrica de la universidad de Valladolid. La idea es aplicar los conceptos aprendidos en diversas asignaturas de este mismo grado y además continuar montando equipos de generación de energía eléctrica en la misma.

En la misma ubicación del mismo, la Universidad de Valladolid ya dispone de un conjunto de paneles fotovoltaicos, con el que ya se lleva generando energía desde 2002 y se utiliza como estudio y como forma de aprendizaje para los alumnos de energías renovables de dicha universidad. De manera previa al desarrollo del proyecto, se procedió a un análisis del estado en el que se encontraba el lugar de emplazamiento del aerogenerador y del panel fotovoltaico, para poder situarlos en el lugar más eficiente posible. Con ello me refiero al lugar donde más sol, de media a lo largo del año, diera para el panel solar y al lugar que, de media anual también, más viento recibiese para el aerogenerador siempre y cuando no estorbases las instalaciones que la universidad ya posee en el lugar de emplazamiento y fuera posible su instalación, además de que estuvieran lo más cerca de donde más tarde se colocasen los cuadros de medida para que la longitud y coste del cableado también fuese lo mínimo posible. Al final se pusieron los equipos cercanos a la caseta que ya había instalada y en la cual en su interior se encontrarán los cuadros con los equipos de medida.



1.4. Climatología:

Potencial energético solar de Castilla y León.

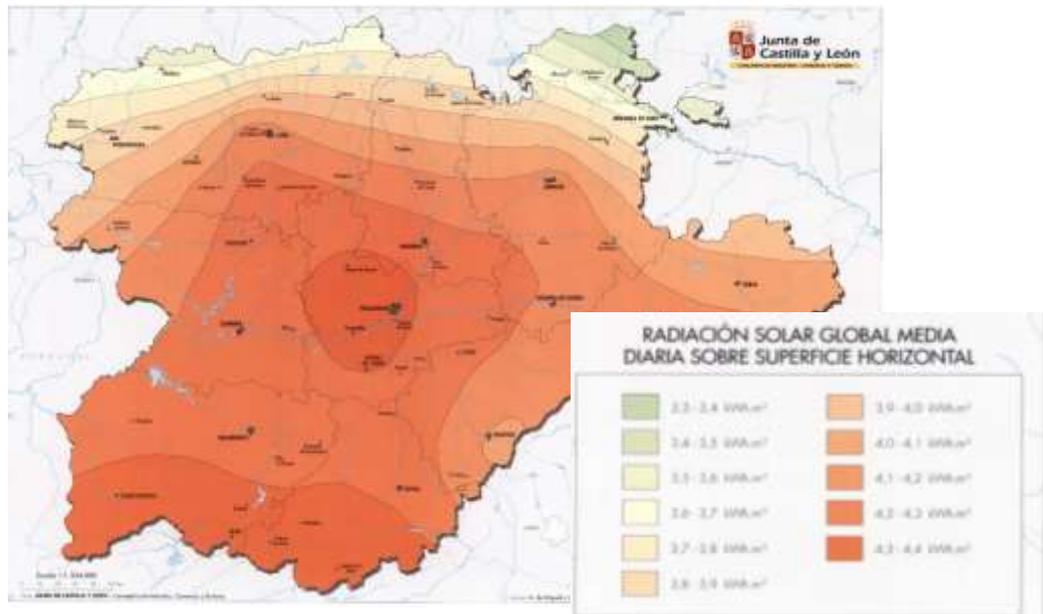


Figura 1.1. Radiación Solar media en castilla y León.

Potencial energético eólico de castilla y León:

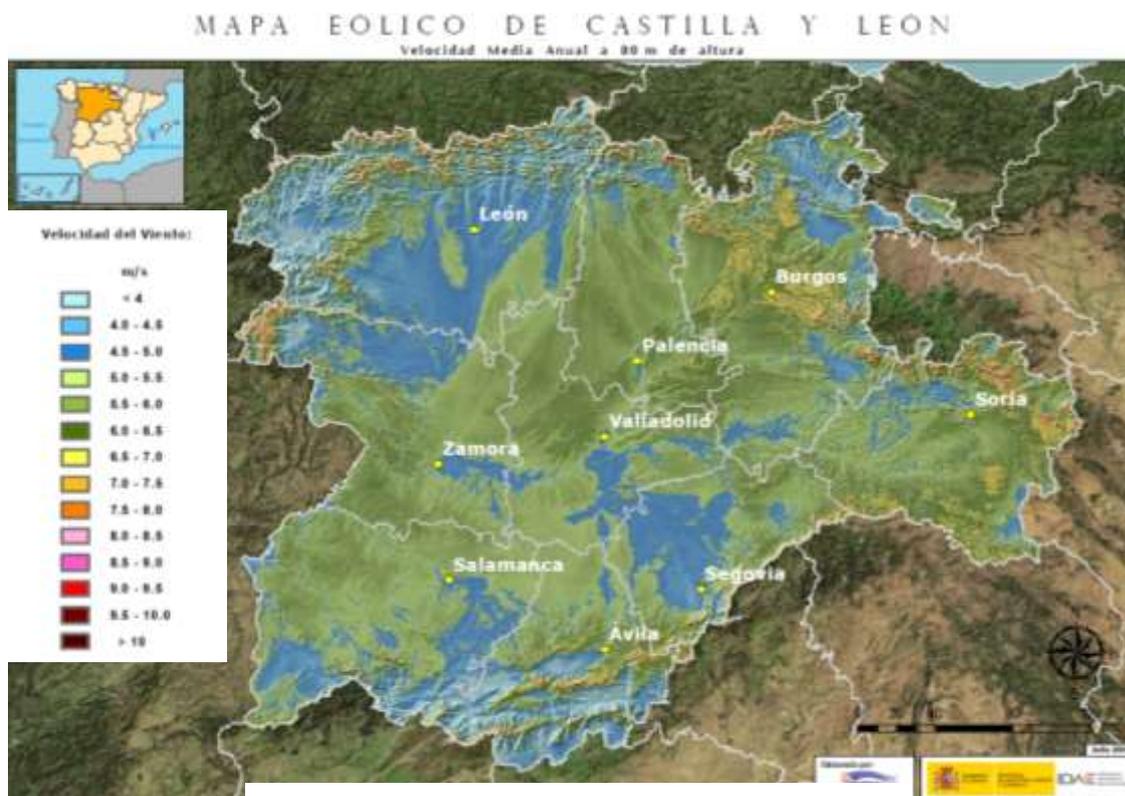


Figura 1.2. Mapa eólico de castilla y León.



Clima:

El clima de Valladolid es mediterráneo frío de interior, tiene un clima extremado y seco. Las montañas que delimitan la meseta retienen los vientos y las lluvias, excepto por el Oeste, por donde la ausencia de grandes montañas abre un pasillo al océano Atlántico y es por aquí, por donde penetran la mayoría de las precipitaciones y vientos que llegan a Valladolid. Los vientos predominantes en Valladolid son los del Suroeste. Al año hay 2534 horas de sol y 71 días de lluvia.

Cuadro Resumen Clima:

 Parámetros climáticos promedio de Valladolid 													
Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Temperatura máxima absoluta (°C)	17.0	23.6	25.0	29.7	34.4	37.6	40.2	39.5	38.2	30.2	23.2	21.4	40.2
Temperatura máxima media (°C)	8.2	11.2	15.2	16.9	21.0	27.0	30.7	30.1	25.6	18.9	12.4	8.6	18.8
Temperatura media (°C)	4.2	5.9	9.0	10.7	14.5	19.3	22.3	22.1	18.5	13.2	7.9	5.0	12.7
Temperatura mínima media (°C)	0.2	0.7	2.8	4.6	7.9	11.6	14.0	14.1	11.3	7.6	3.5	1.3	6.6
Temperatura mínima absoluta (°C)	-18.8	-16.0	-12.4	-6.5	-5.4	-0.5	2.4	2.4	-0.4	-5.6	-9.2	-12.6	-18.8
Precipitación total (mm)	40	27	22	46	49	29	13	16	31	55	52	53	433
Días de precipitaciones (≥ 1.0 mm)	6	5	5	8	8	5	2	2	4	8	7	8	68
Horas de sol	101	147	215	232	272	322	363	334	254	182	117	89	2624
Humedad relativa (%)	83	72	62	62	60	52	45	48	56	70	79	84	64

Tabla 1.1. Parámetros climáticos promedio de Valladolid.

Todo esto presenta sus ventajas y sus inconvenientes a la hora de diseñar una instalación tanto solar fotovoltaica como eólica. Para una instalación solar fotovoltaica donde mejor se podría instalar es donde más horas de sol haya diarias, sin embargo para el viento lo mejor es situar los aerogeneradores en un lugar lejos de obstáculos y así evitar la interrupción de éste.



Justificación y objetivos



Cuadro comparativo de diversos años de mediciones de temperatura, vientos y sol:

Año	T	V	RA	SN	TS	FG	DSS	DCS
1989	13,3	9,3	107	3	14	34	158	207
1990	12,8	8,4	97	1	21	78	197	168
1991	12,3	8,5	96	6	8	37	147	218
1992	12,5	8,6	94	5	12	35	146	219
1993	11,5	7,8	106	6	18	53	183	182
1994	12,7	7,7	92	6	7	39	144	221
1995	13,2	7,5	104	3	13	21	141	224
1996	12,4	7,5	111	6	10	19	146	219
1997	13,2	6,1	120	3	15	35	173	192
1998	12,5	6,4	88	4	10	28	130	235
1999	12,1	6,8	95	5	12	39	151	214
2000	12,3	6,4	119	5	9	43	176	189
2001	12,4	6,6	105	6	8	37	156	209
2003	13,1	0	116	6	6	31	159	206
2004	12,1	9,9	82	6	8	47	143	222
2006	13,1	9,2	104	6	9	38	157	208
2007	11,8	9,1	85	4	11	33	133	232
2008	11,8	0	115	4	15	21	155	210
2009	13,1	9,8	95	9	7	24	135	230
2010	12,1	9,3	110	9	9	19	147	218
2011	13,3	0	91	5	9	35	140	225
2012	12,3	6,9	102	3	9	38	152	213
2013	11,8	7,5	118	8	10	16	152	213
2014	13,3	7,3	121	6	8	26	161	204

T	Temperatura media anual
V	Velocidad media anual del viento (Km/h)
RA	Total días con lluvia durante el año
SN	Total días que nevó durante el año
TS	Total días con tormenta durante el año
FG	Total días con niebla durante el año
DSS	Días sin sol
DCS	Días con sol

Tabla 1.2. Comparación de diversos años de temperatura y vientos en Valladolid.



1.5. Selección del emplazamiento:

Teniendo en cuenta todo lo explicado anteriormente, se decidió colocar los equipos de generación en la esquina inferior izquierda de la azotea donde como ya se ha comentado se encuentra una caseta, esto fue fundamentalmente tres motivos: el primero, es por la longitud de cableado, ya que los cuadros con los transductores de medida se han instalado dentro de la caseta, en segundo lugar, porque es el espacio en el que menos estorbaba a la instalación solar fotovoltaica ya existente y el tercer motivo, es porque para el aerogenerador, el cual se coloca en un lugar con una altura efectiva, había que anclarlo en una torre de sujeción y la misma tenía que ir sujeta en algún sitio, se decidió por parte del ingeniero de este proyecto y del tutor de anclar la torre del aerogenerador a la caseta comprobando que los esfuerzos que esto suponía no eran perjudiciales para la misma y que se pudiera sujetar de forma segura.

La instalación se sitúa en la azotea de la Escuela de Ingenierías Industriales de la universidad de Valladolid. Dicha escuela, se encuentra ubicada en la calle Francisco Mendizábal Número 1. Los datos geográficos del lugar son los siguientes:

Datos Geográficos	
Altitud	Latitud
699,49	42



Justificación y objetivos







Como se puede ver el lugar en el que se va a encontrar la instalación es lugar en el que las horas de sol y viento de Valladolid serán plenas para ambos dispositivos. Con apenas obstáculos, exceptuando un edificio que hay cercano el cual tiene una altura de unos 6 metros superior a la ubicación de los equipos no dificultará apenas el de sol (exceptuando algo en invierno) y algo de viento siempre y cuando el viento proceda de noreste de la ciudad que como he dicho anteriormente no es lo habitual, por lo que en conclusión el lugar de emplazamiento es un sitio satisfactorio para recoger energía tanto solar fotovoltaica como eólica.



1.6. Planificación temporal del proyecto:

En este apartado se procede a exponer cuál ha sido el desarrollo temporal del proyecto que nos ocupa. Para ello, se presentan a continuación las distintas etapas que se han planteado y el tiempo que se ha dedicado a cada una de ellas.

- *Etapa 1:* Preparación y planificación del proyecto (2 semanas).
- *Etapa 2:* Documentación previa (8 semanas).
- *Etapa 3:* Análisis de la instalación (4 semanas).
- *Etapa 4:* Estudio y planteamiento de la colocación de los aparatos (3 semanas).
- *Etapa 5:* Preparación del software para el desarrollo de la programación y aprendizaje de su manejo (4 semanas).
- *Etapa 6:* Desarrollo de la táctica de programación (7 semanas).
- *Etapa 7:* Implantación de la estrategia de control de la comunicación (5 semanas).
- *Etapa 8:* Análisis la nueva instalación y resultados obtenidos (2 semanas).
- *Etapa 9:* Conclusiones y valoración económica (1 semana).
- *Etapa 10:* Redacción de la memoria (continuo).

Una vez planteadas las tareas que se han de llevar a cabo y teniendo en cuenta que algunas de ellas se pueden desarrollar de manera paralela en el tiempo, se realiza una planificación mediante el Diagrama de Gantt de la Figura.



Justificación y objetivos



		SEMANAS																						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
ETAPAS	1																							
	2																							
	3																							
	4																							
	5																							
	6																							
	7																							
	8																							
	9																							
	10																							

Diagrama de Gantt

Capítulo 2.- Fundamentos Teóricos



2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS:

2.1. Descripción de las energías renovables:

El uso de energías renovables, hoy por hoy, es cada vez más común, dado que se obtiene de fuentes naturales virtualmente inagotables, unas por la inmensa cantidad de energía que contienen, y otras porque son capaces de regenerarse por medios naturales. Además son energías limpias y no contaminantes.

En este proyecto es fundamental el uso de estas energías, en concreto dos, la proveniente del sol o energía solar, que será la encargada por medio de un panel solar de convertir dicha energía en eléctrica y otra fuente de energía que es la procedente del viento o energía eólica, la cual mediante un aerogenerador se transformará en energía eléctrica. En el presente proyecto se estudiará la generación de dicha energía y el comportamiento de los equipos mediante un programa creado en labview.

2.2. La energía solar fotovoltaica:

2.2.1. Selección del emplazamiento del panel fotovoltaico:

En dicho emplazamiento, Hay ubicada ya una planta solar fotovoltaica desde 2002 que pertenece a la Universidad de Valladolid, implantar un único panel solar a mayores cuyo peso es de 1,6 Kilogramos más el soporte no supone un esfuerzo mucho mayor para la cimentación y estructura, es por ello que no se han realizado cálculos al respecto. También se decidió colocar el panel cercano a la caseta por motivos económicos referentes al cableado.

2.2.2. El efecto fotoeléctrico:

La conversión de la energía de las radiaciones ópticas en energía eléctrica es un fenómeno físico conocido como efecto fotovoltaico. La célula solar es indudablemente el dispositivo fotovoltaico más importante para la conversión directa de la energía solar en energía eléctrica.

Para poder entender cómo se produce esta transformación energética es necesario adentrarse en el conocimiento de la estructura y funcionamiento de la célula fotovoltaica, que merece un espacio aparte dentro de esta introducción.



2.2.3. La célula fotovoltaica:

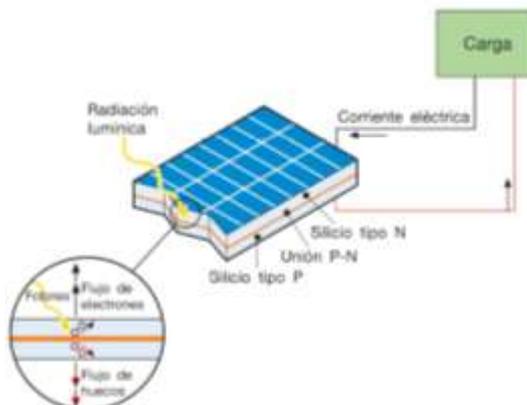


Figura 2.1. La célula fotovoltaica.

La luz solar está compuesta por fotones (partículas energéticas) de diferentes energías, correspondientes a las diferentes longitudes de onda del espectro solar. Cuando estos fotones inciden sobre una célula FV, pueden ser absorbidos y generar electricidad. Este fenómeno de absorción se debe a las propiedades de los materiales semiconductores (normalmente Silicio) que forman las células.

Dentro de un átomo los electrones pueden estar ligados al núcleo, orbitando cerca de él y difícilmente separables, o pueden orbitar en capas más exteriores, en niveles superiores de energía, lo que les permite escapar del átomo en determinadas condiciones. Los segundos son los denominados electrones de valencia, situados en una banda energética llamada banda de valencia. En un nivel energético superior se encuentra la banda de conducción, es aquí donde tiene que poder situarse un electrón para poder circular por el material si existe una tensión eléctrica entre dos puntos del mismo, es decir, para ser conductor. Según la anchura de la banda de energía que separe las bandas de conducción y de valencia se pueden clasificar los materiales en semiconductores, aislantes y conductores, como se puede ver en la figura 2.2.

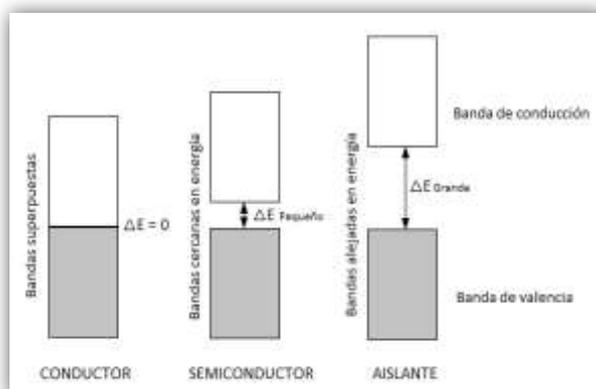


Figura 2.2. Distribución de las bandas de energía.



En los materiales conductores los electrones pueden circular libremente por el material, ya que las dos bandas se superponen; en los aislantes la "banda prohibida" (con un ancho de energía que denominaremos E_G) situada entre ellas es tan grande que un electrón de la banda de valencia no puede llegar a la de conducción, que estará vacía, es por ello que no conducen; en los semiconductores la brecha es pequeña y con un pequeño aporte de energía los electrones de valencia sí pueden llegar a la de conducción y circular por el medio, dejando en su lugar un hueco en la banda de valencia que también se considera portador de energía. Es decir, cuando un semiconductor es excitado se producen dos tipos de portadores de energía, los electrones con carga negativa, y los huecos con carga positiva.

Así, cuando un fotón es absorbido por una célula de material semiconductor, la energía del fotón se transfiere a un electrón de un átomo de la célula. Con esta nueva energía, el electrón es capaz de escapar de su posición normal asociada con un átomo para formar parte de una corriente en un circuito eléctrico, o lo que es lo mismo, puede promocionar de la banda de valencia a la de conducción.

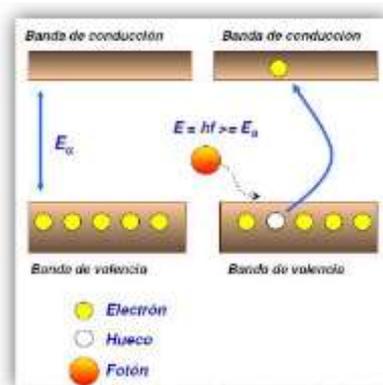


Figura 2.3. Absorción de un fotón.

Por desgracia no todos los fotones son absorbidos y contribuyen a la generación de portadores, debido a las siguientes causas:

- Los fotones con energía inferior a E_G atraviesan el conductor sin ser absorbidos (pérdidas de no-absorción).
- Debido al factor finito del coeficiente de absorción α y de la anchura del semiconductor, una parte de los fotones de energía mayor que E_G pueden atravesar, también, el dispositivo sin ser absorbidos (pérdidas de transmisión).
- Una parte de los fotones de todas las energías se refleja en la superficie de incidencia de la radiación debido a la diferencia de índices de refracción, que producen una reflectancia ρ mayor que cero (pérdidas de reflexión).



Figura 2.4. La célula fotovoltaica.

100% de la energía solar incidente:

- 3% pérdidas por reflexión y sombreado sobre los contactos frontales
- 23% fotones con longitud de onda larga, con una energía insuficiente para liberar electrones; se genera calor.
- 32% fotones con longitud de onda corta, con exceso de energía (transmisión).
- 8,5% recombinación de portadores de carga libres.
- 20% gradiente eléctrico en la célula, sobre todo en las regiones de transición.
- 0,5% resistencia en serie que representa las pérdidas por conducción.
- 13% energía eléctrica utilizable.

Las pérdidas de no-absorción son inevitables y dependen únicamente de las propiedades del semiconductor. Las pérdidas de reflexión y transmisión, por el contrario, pueden, al menos en principio, reducirse a cero, utilizando capas antirreflectantes y diseños de dispositivo adecuados.

Los electrones y huecos que se generan al iluminar un semiconductor se mueven por su interior aleatoriamente, cada vez que un electrón encuentra un hueco, lo ocupa y libera la energía adquirida previamente en forma de calor, esto se llama recombinación de un par electrón-hueco. Este proceso no tiene ninguna utilidad si no se consigue separar los electrones y los huecos de manera que se agrupen en diferentes zonas para formar un campo eléctrico, de forma que el semiconductor se comporte como un generador eléctrico. Si de alguna forma se consigue mantener esta separación y se mantiene constante la iluminación aparece una diferencia de potencial. Para conseguir la separación de electrones y huecos se utiliza una unión de semiconductores P y N.

El silicio, con cuatro electrones de valencia (tetravalente), se "dopa" con átomos trivalentes (p. ej. boro – dopaje positivo) en una capa y cierto número de átomos pentavalentes (p. ej. fósforo – dopaje negativo) en la otra. La región tipo P tiene exceso de huecos, mientras que la de tipo N tiene exceso de electrones.



Cuando a un material semiconductor se le añaden impurezas tipo P por un lado e impurezas tipo N por otro, se forma una unión P-N con dos regiones, una N y otra P separadas. Por la atracción entre cargas positivas y negativas, los electrones libres de la región N más próximos a la región P se difunden en esta, produciéndose la recombinación con los huecos más próximos de dicha región. En el área de contacto entre las dos capas con diferente dopaje (unión P-N), los electrones tienden a desplazarse desde la mitad con exceso de electrones (N) hacia la mitad con déficit de electrones (P), generando así una acumulación de carga negativa en la región P. Para los huecos de electrones ocurre un fenómeno equivalente, con acumulación de carga positiva en la región N. De esta forma se crea un campo eléctrico en la unión que se opone a la difusión de cargas eléctricas. Al aplicar una tensión desde el exterior, la unión permite el flujo de corriente únicamente en una dirección (funcionamiento como un diodo).

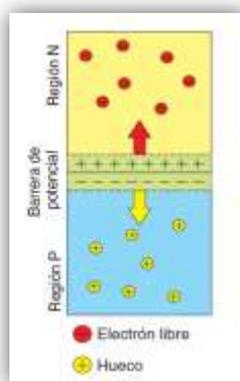


Figura 2.5. Unión PN.

Si se ilumina la célula, a los electrones y huecos generados los separa la barrera de potencial de la unión P-N, acumulando huecos en la región P y electrones en la región N. La acumulación de cargas produce una diferencia de potencial, que aumenta cuando aumenta la iluminación. Esta diferencia de potencial se opone a la generada por la barrera de potencial de la unión P-N, empujando a los electrones hacia la región P y a los huecos hacia la región N, recombinando los pares electrón-hueco generados. Por lo tanto, la acumulación de electrones y huecos tendrá un límite, que dependerá de la dificultad de las cargas para encontrarse de nuevo en el interior del semiconductor. La diferencia de potencial que se alcanza recibe el nombre de tensión de circuito abierto, U_{OC} .

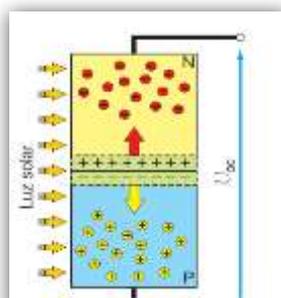


Figura 2.6. Célula solar en circuito abierto.



Si cortocircuitamos la célula uniendo las regiones P y N con un conductor exterior de resistencia nula, los electrones de la región N se desplaza a través del conductor y se recombinan con los huecos de la zona P. La corriente que circulará por el conductor se mantendrá mientras que esté iluminado, siendo esta corriente proporcional a dicha iluminación. Esta corriente recibe el nombre de corriente de cortocircuito, I_{SC} .

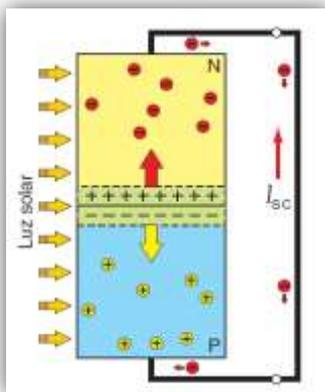


Figura 2.7. Célula solar en cortocircuito.

Si se conecta un receptor en el circuito exterior la resistencia de dicho receptor condicionará la diferencia de potencial generada por la célula. De las cargas generadas por la iluminación de la unión P-N, una parte circulará por el receptor produciendo un trabajo y otra se recombinará en el interior de la célula produciendo calor.

Se cumple siempre que la intensidad I_L y la tensión U_L en el receptor son inferiores a la intensidad de cortocircuito I_{sc} y a la tensión de circuito abierto U_{oc} , respectivamente.

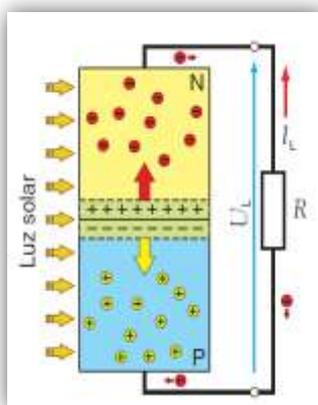


Figura 2.8. Célula solar conectada a un receptor.



2.2.4. Módulos fotovoltaicos:

Las células fotoeléctricas proporcionan una tensión de entre 0,5 y 1 voltio, poco adecuada para su uso, por lo que se hace necesario asociarlas para lograr la tensión apropiada. Además, son frágiles y no se pueden exponer a las inclemencias del ambiente (golpes, polvo, viento, lluvia, granizo...) por lo que hay que protegerlas con una estructura adecuada, rígida y compacta, resistente a los golpes y a la intemperie, impermeable a la humedad y que no se degrade con el paso del tiempo. Esta misión la cubre el módulo fotovoltaico. En el presente proyecto no es de interés explicar el módulo fotovoltaico puesto que la instalación es de un único panel del cual lo que nos interesa es la adquisición de datos de captación de energía, el panel es muy ligero y no presentará ningún problema de estructura y mucho menos en la azotea donde se va a haber sido instalado.

2.2.5. Potencia pico y potencia nominal:

La potencia pico (kWp) y la potencia nominal (kWn) son dos conceptos utilizados en la tecnología solar fotovoltaica.

La potencia pico hace referencia a la cantidad de kW instalados (en forma de paneles solares fotovoltaicos), mientras que la potencia nominal hace referencia a la potencia del inversor, el equipo eléctrico que transforma la energía generada por los paneles en apta para el consumo.

En principio, la potencia nominal es la que marca el "cuello de botella", ya que no se puede producir más de lo que el inversor puede convertir. Sin embargo, las instalaciones fotovoltaicas siempre instalan una potencia pico superior a la nominal para tratar de cubrir el 100% de la capacidad del inversor la máxima cantidad de tiempo que resulte económicamente viable.

Cuanto mayor sea la potencia pico, mayor será la energía producida en momentos en los que la irradiación es dispersa, como al amanecer y al atardecer. Sin embargo, ello no implica que haya que instalar tanta potencia pico como sea posible, ya que ello añade coste. El óptimo es la potencia pico que maximiza la rentabilidad.

2.2.6. Radiación solar:

Para cuantificar la radiación solar se utilizan dos magnitudes que corresponden a la potencia y a la energía de la radiación que llegan a una unidad de superficie, se denominan irradiancia e irradiación y sus definiciones y unidades son las siguientes:



- Irradiancia: potencia o radiación incidente por unidad de superficie. Indica la intensidad de la radiación solar. Se mide en vatios por metro cuadrado (W/m^2).
- Irradiación: integración o suma de las irradiancias en un periodo de tiempo determinado. Es la cantidad de energía solar recibida durante un periodo de tiempo. Se mide en julios por metro cuadrado por un periodo de tiempo (J/m^2) por hora, día, semana, mes, año, etc., según el caso). En la práctica se utiliza como unidad el $\text{W}\cdot\text{h}/\text{m}^2$ y sus múltiplos más habituales: $\text{W}\cdot\text{h}/\text{m}^2$ $\text{MW}\cdot\text{h}/\text{m}^2$.

El Sol es la fuente primordial de la energía que recibe la atmósfera. Se comporta como un cuerpo negro, es decir, absorbe e irradia energía a la máxima tasa posible para una temperatura dada. Considerando una temperatura solar de 6.000 K se obtienen $73.5 \cdot 10^6\text{ J}/\text{sm}^2$. A partir de una serie de cálculos se puede demostrar que la cantidad de energía que llega a la capa superior de la atmósfera es de aproximadamente $1397\text{ J}/\text{sm}^2$. A esta cantidad se le denomina constante solar.

La energía emitida por radiación se reparte en diferentes longitudes de onda, así la radiación solar se reparte en un 9% de radiación ultravioleta, un 45% de luz visible y un 46% de radiación infrarroja y alcanza la atmósfera terrestre en forma de conjunto de radiaciones o espectro electromagnético con longitudes de onda que van de $0,15\text{ }\mu\text{m}$ a $4\text{ }\mu\text{m}$ aproximadamente (Figura 2.9).

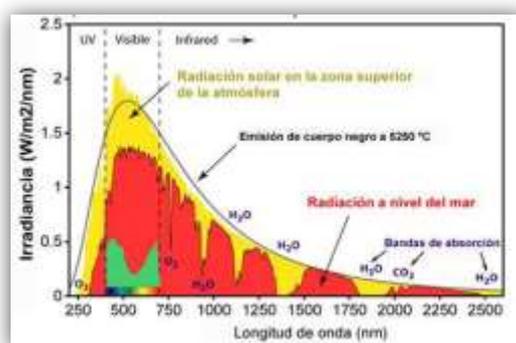


Figura 2.9. Espectro de radiación solar.

La parte del espectro que va de $0,40\text{ }\mu\text{m}$ a $0,78\text{ }\mu\text{m}$, forma el espectro visible que denominamos comúnmente luz. El resto del espectro, que no es visible, lo forman las radiaciones con longitudes de onda inferiores a $0,4\text{ }\mu\text{m}$, denominadas radiaciones ultravioletas (UV) y con longitudes superiores a $0,75\text{ }\mu\text{m}$ denominadas radiaciones infrarrojas (IR).

No toda la energía solar que llega a la atmósfera alcanza la superficie de la Tierra. La radiación solar en interacción con ella se modifica de acuerdo a varios fenómenos:



- **Dispersión:** ocurre cuando las pequeñas partículas y moléculas del gas dispersan parte de la radiación solar en direcciones aleatorias, sin alterar la longitud de onda de las mismas. La cantidad de radiación dispersada depende de dos factores: longitud de onda de la radiación y el tamaño de las partículas y moléculas del gas. En la atmósfera terrestre hay gran cantidad de partículas con tamaños $\sim 0.5\mu\text{m}$ que dispersan de forma preferencial las longitudes de onda cortas es decir las de longitudes correspondientes al azul y menores.
- **Absorción:** algunos gases son capaces de absorber parte de la radiación solar, convirtiéndola en calor. La absorción de energía calorífica por los gases hace que estos emitan también su propia radiación, pero de longitudes de onda mayores (infrarrojo).
- **Reflexión:** parte de la radiación solar incidente es reflejada de vuelta hacia el espacio. Este fenómeno es atribuible en gran medida a las nubes y partículas presentes en la atmósfera.

Además, se puede hacer un estudio más detallado que revele las cantidades de energía reflejada, dispersada o absorbida, que se entenderá mucho mejor con un esquema de rápida interpretación.

La Tierra, como todo cuerpo caliente, emite radiación, pero al ser su temperatura mucho menor que la solar, emite radiación infrarroja de una longitud de onda mucho más larga que la incidente y que interacciona con los gases de efecto invernadero de la atmósfera. Más del 75% del calor capturado por la atmósfera puede atribuirse a la acción de los gases de efecto invernadero. La atmósfera transfiere la energía recibida tanto hacia el espacio (37,5%) como hacia la superficie de la Tierra (62,5%); la cantidad transferida en cada dirección depende de la estructura y densidad de la atmósfera. Al recibir la superficie de la Tierra, de la atmósfera más energía que la proveniente del Sol, la temperatura de la superficie puede alcanzar en promedio los $14\text{ }^\circ\text{C}$. Más detenidamente:

- La superficie de la Tierra por estar caliente irradia a la atmósfera radiación térmica por valor de 114% de la radiación solar incidente es decir 390 W/m^2 .
 - De ellos 40 W/m^2 van directamente al espacio (un 11,7% de la radiación solar incidente).
 - El resto 350 W/m^2 son absorbidos por la atmósfera.
- La Tierra irradia a la atmósfera un 23% de la radiación solar incidente, es decir, 78 W/m^2 por la evaporación del agua. Cada gramo de agua para pasar a vapor de agua debe absorber 537 calorías que se roban de la superficie de la Tierra. Es el mismo efecto que cuando nos mojamos y la evaporación del agua sobre nuestro cuerpo nos refresca.



- La Tierra irradia a la atmósfera un 7% de la radiación solar incidente, es decir, 24 W/m^2 , por convección y turbulencia del aire atmosférico. Sabemos que el aire en contacto con la superficie de la Tierra se calienta por lo que se dilata, pierde densidad y asciende, del mismo modo el aire frío más denso desciende donde roba calor de la superficie de la Tierra y completa el ciclo. A esto se le llama convección y hay una transferencia de calor de la Tierra a la atmósfera.
- La atmósfera absorbe el 132% de la radiación solar incidente es decir 452 W/m^2 ($350+78+24$).
- La atmósfera como todo cuerpo caliente emite radiación térmica emite el 151,7% de la radiación solar incidente, esto es, 519 W/m^2 , y lo hace irradiando hacia el suelo el 94,7% de la radiación solar incidente, 324 W/m^2 mientras hacia el espacio irradia el 57% de la radiación solar incidente, una cantidad que asciende a 195 W/m^2

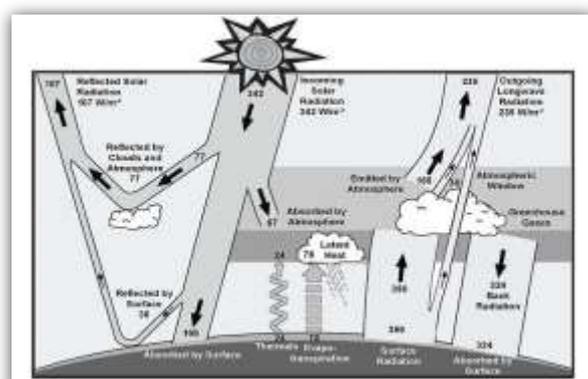


Figura 2.10. Balance energético detallado de la superficie terrestre y la atmósfera.

2.2.7. Movimiento real y aparente del Sol:

La Tierra tiene un movimiento de traslación alrededor del Sol, en sentido contrario a las agujas del reloj si se observa desde el hemisferio norte, describiendo una órbita ligeramente elíptica con el Sol situado en uno de los focos de la elipse y no en el centro de la misma. Esto provoca que la distancia del Sol a la Tierra no sea constante.

El eje polar de la Tierra no es perpendicular al plano de su órbita alrededor del Sol, sino que forma un ángulo de $23,45$ grados con la perpendicular a dicho plano. Este plano se denomina plano de la eclíptica porque sobre este plano teórico, donde se sitúan las órbitas de la mayoría de los planetas y satélites del Sistema Solar, se producen los eclipses.

Esta inclinación del eje polar provoca los cambios estacionales, las diferentes duraciones de las noches y los días en verano y en invierno, y también la que hace que el Sol esté más alto al mediodía en verano que en invierno.



2.2.7.1. Declinación:

La declinación (δ) es el ángulo que forma el plano del ecuador de la Tierra con la línea situada en el plano de la eclíptica, que une los centros del Sol y de la Tierra. Este ángulo varía a lo largo de la órbita de la Tierra alrededor del Sol, alcanzando valores máximos en los solsticios de verano (declinación máxima positiva, $\delta = 23,45^\circ$) e invierno (declinación máxima negativa, $\delta = -23,45^\circ$) y valores nulos en los equinoccios (declinación nula, $\delta = 0^\circ$). Aunque la declinación varía se puede suponer que permanece constante a lo largo de un día.

2.2.7.2. Coordenadas solares:

Para poder referenciar la situación del Sol de manera inequívoca es necesario tomar un sistema de referencia fijo a Tierra, situado en un observador que se mantenga en la superficie de ésta en las coordenadas sometidas a estudio. Este sistema de representación muestra las posiciones del Sol como si tuviera un movimiento aparente alrededor de la Tierra siguiendo una trayectoria dentro del plano de la eclíptica. En este sistema se define la posición del Sol mediante dos coordenadas similares a la latitud y a la longitud para situar puntos de la superficie terrestre. En este caso se denominan elevación y azimut o ángulo azimutal.

La mejor manera de entender estos parámetros es reflejarlos mediante una ilustración (Figura 2.11.).



Figura 2.11. Coordenadas solares de la esfera celeste.

- *Elevación solar γ_s* : es el ángulo que forman los rayos solares con la horizontal. Toma valores que van de $(90^\circ - \varphi - \delta)$ en el solsticio de invierno a $(90^\circ - \varphi + \delta)$ en el solsticio de verano, siendo φ la latitud del lugar y δ la declinación.
- *Acimut solar ψ_s* : ángulo formado por el meridiano del sol y el meridiano del lugar, tomando como referencia el Sur en el hemisferio norte y el Norte en el hemisferio sur.
- *Ángulo o distancia cenital θ_{zs}* : ángulo formado por la dirección del sol y la vertical. Es el ángulo complementario de la elevación solar.

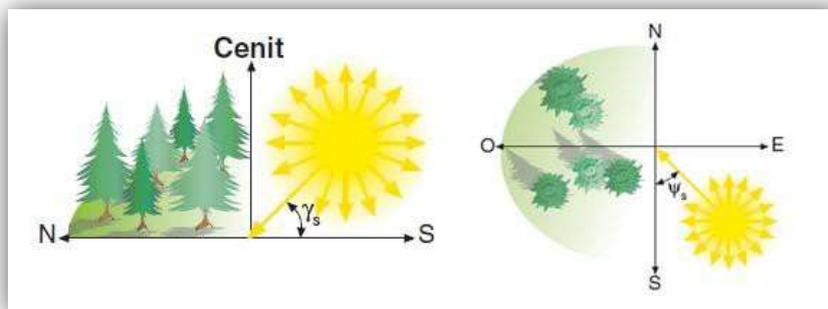


Figura 2.12. Representación de la elevación y el azimut.

Las trayectorias aparentes del Sol son líneas que reflejan la posición del Sol, acimut y elevación, en cada hora, desde el punto de vista de un observador que mira hacia el Sur (en el hemisferio norte). En el hemisferio sur miraría hacia el Norte). La trayectoria de mayor elevación corresponde al solsticio de verano, la de mínima elevación al solsticio de invierno, y la exactamente intermedia entre ambas a los equinoccios de primavera y otoño. El conjunto de las trayectorias solares para diferentes días del año en un lugar determinado se denomina carta solar. Es un instrumento muy útil para determinar las pérdidas por sombras que se producen en un generador fotovoltaico.

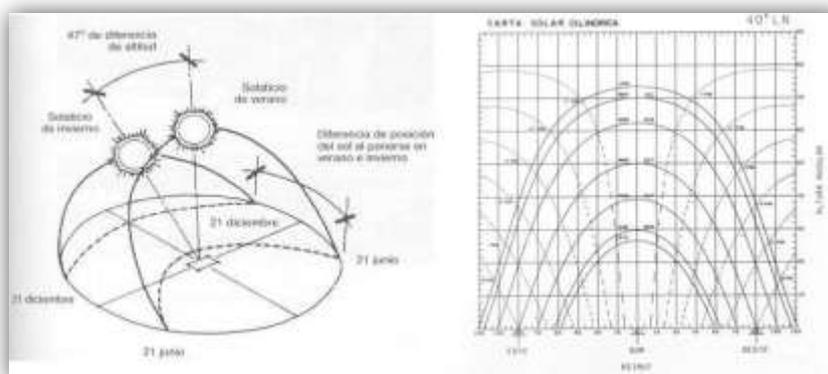


Figura 2.13. Trayectoria solar y carta solar cilíndrica.

2.2.7.3. Orientación del módulo:

Una vez situado el punto de la superficie terrestre se puede proceder a estudiar la situación y orientación del módulo fotovoltaico. Se puede definir con coordenadas similares a las coordenadas solares de la esfera terrestre, esto es:

- *Ángulo de acimut (α):* ángulo que forma la proyección sobre el plano horizontal de la perpendicular a la superficie del generador y la dirección Sur (vale 0 si coincide con la orientación Sur).



- *Ángulo de inclinación (β)*: ángulo que forma la superficie del generador con el plano horizontal.

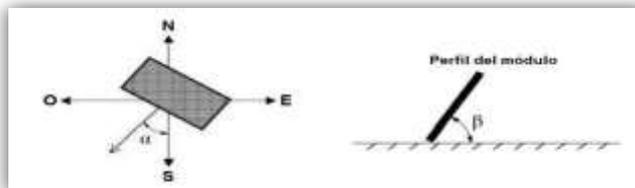


Figura 2.14. Azimut (α) e inclinación (β) de un módulo fotovoltaico.

Puesto que la elevación solar varía con la época del año, y es mayor en verano, es decir, el Sol está "más arriba", en verano es necesaria una menor inclinación de los paneles, mientras que en invierno, cuando el Sol no se eleva tanto, la inclinación ha de ser mayor. Además el azimut del Sol varía a lo largo de un mismo día.

De aquí se deduce que lo más productivo sería un sistema de módulos fotovoltaicos con lo que se denomina seguimiento solar, que puedan rotar sobre los ejes vertical u horizontal según la época del año y la hora del día respectivamente. Debido a los sobrecostos de este sistema se suele optar por un seguimiento en un solo eje horizontal, de forma que se pueda modificar la inclinación, o ningún seguimiento en absoluto, esto es, fijos.

Pero, ¿cuál es la inclinación óptima exacta en cada caso? Para que una superficie reciba la radiación solar perpendicularmente tendremos que inclinar la superficie un ángulo β con la horizontal igual al que forma la vertical del lugar con la radiación solar. Tendremos que variar el ángulo de inclinación desde $\beta = \varphi - \delta$ en el solsticio de verano a $\beta = \varphi + \delta$ en el solsticio de invierno, pasando por el valor $\beta = \varphi$ en los equinoccios.

2.2.8. Mantenimiento:

Las instalaciones solares fotovoltaicas, en su conjunto, son fáciles de mantener. Sin embargo, una instalación que no tenga el mantenimiento adecuado fácilmente tendrá problemas en un plazo más o menos corto.

Por todo lo anterior hay un conjunto de tareas que pueden ser realizadas perfectamente por el usuario para alargar la vida útil de estos sistemas.

- *Mantenimiento del panel fotovoltaico*: El mantenimiento básico del panel solar fotovoltaico comprende las acciones siguientes:
 - Limpie sistemáticamente la cubierta frontal de vidrio del panel solar fotovoltaico (se recomienda que el tiempo entre una limpieza y otra se realice teniendo en cuenta el nivel



de suciedad ambiental). La limpieza debe efectuarse con agua y un paño suave; de ser necesario, emplee detergente.

- Verifique que no haya terminales flojos ni rotos, que las conexiones estén bien apretadas y que los conductores se hallen en buenas condiciones. En caso de detectar anomalías, contacte al personal especializado.
- Verifique que la estructura de soporte esté en buenas condiciones. En caso de que esta no se encuentre protegida contra el intemperismo (es decir, que no sea de aluminio, acero inoxidable o galvanizado), dar tratamiento con pintura antióxido.
- No ponga objetos cercanos que puedan dar sombra, como los tanques de agua y las antenas. En el caso de los árboles se debe prever su poda cuando sea necesario.
- **Mantenimiento de la batería de acumulación:** La batería de acumulación es el elemento de los sistemas solares fotovoltaicos de pequeña potencia que representa mayor peligro para cualquier persona necesitada de manipularla (aunque sea para un mantenimiento básico), tanto por sus características eléctricas como por las químicas. Por tanto, antes de brindar las reglas de mantenimiento básico se exponen los riesgos fundamentales que pueden ocurrir, así como algunas recomendaciones y consideraciones que deben tenerse en cuenta para evitar accidentes.
- **Riesgos del electrólito:** El electrólito utilizado en las baterías de acumulación de plomo-ácido, la utilizada en esta instalación, es ácido diluido, el cual puede causar irritación e incluso quemaduras al contacto con la piel y los ojos. Los procedimientos siguientes se indican para evitar daños personales o disminuir sus efectos: Si por alguna razón el electrólito hace contacto con los ojos se deben enjuagar inmediatamente con abundante agua durante un minuto, manteniendo los ojos abiertos. Si el contacto es con la piel, lave inmediatamente con abundante agua la zona afectada. En ambos casos, después de esta primera acción neutralizadora, solicite rápidamente atención médica.
- **Riesgos eléctricos:** La batería de acumulación puede presentar riesgos de cortocircuitos. Se recomienda al manipularlas observar las siguientes reglas:
 - Quítese relojes, anillos, cadenas u otros objetos metálicos de adorno personal que pudieran entrar en contacto accidentalmente con los bornes de la batería de acumulación.
 - Siempre que las necesite, use herramientas con mangos aislados eléctricamente.
- **Riesgos de incendio:** Las baterías de acumulación presentan riesgos de explosión y por consiguiente de incendio, debido a que generan gas hidrógeno. Se recomienda lo siguiente:
 - Proporcione una buena ventilación en el lugar de ubicación de la batería de acumulación para evitar acumulación de gases explosivos.



- No fume en el área donde está ubicada la batería de acumulación ni prenda chispas para observar el nivel del electrólito.
- Mantenga el área de la batería de acumulación fuera del alcance de llamas, chispas y cualquier otra fuente que pueda provocar incendio.
- No provoque chispas poniendo en cortocircuito la batería para comprobar su estado de carga, pues también puede provocar explosión.
- *Mantenimiento básico:* El mantenimiento básico de la batería de acumulación comprende las siguientes acciones:
 - Verifique que el local de ubicación de las baterías de acumulación esté bien ventilado y que las baterías se encuentren protegidas de los rayos solares.
 - Mantenga el nivel de electrólito en los límites adecuados (adicione solamente agua destilada cuando sea necesario para reponer las pérdidas ocasionadas durante el gaseo). Se recomienda, en la práctica, que siempre el electrólito cubra totalmente las placas, entre 10 y 12 mm por encima del borde superior. En caso de que la caja exterior de la batería de acumulación sea transparente y posea límites de nivel del electrólito, éste se situará entre los límites máximo y mínimo marcados por el fabricante.
 - Limpie la cubierta superior de la batería y proteja los bornes de conexión con grasa antioxidante para evitar la sulfatación.
 - Verifique que los bornes de conexión estén bien apretados.
 - Verifique que el uso de las baterías sea el adecuado y que su estructura de soporte esté segura y en buen estado.
- *Mantenimiento al controlador de carga para batería de acumulación (CCB):*
 - Mantenga el controlador de carga colocado en posición correcta, lugar limpio, seco y protegido de los rayos solares.
 - Chequee el funcionamiento correcto del controlador de carga. Si detecta ruidos anormales, contacte al personal especializado.
 - Verifique que las conexiones estén correctas y bien apretadas.
 - Chequee que el fusible de entrada esté en buen estado.
- *Mantenimiento al inversor o convertidor CD/CA:*
 - Verifique que el área de ubicación del inversor se mantenga limpia, seca y bien ventilada.
 - Verifique que el inversor esté protegido de los rayos solares.
 - Compruebe que el inversor funciona adecuadamente y que no se producen ruidos extraños dentro de él. En caso de que la operación sea defectuosa o no funcione, contacte al personal especializado. Si un componente del sistema no funciona adecuadamente y su solución está fuera de las acciones que se han establecido en el manual básico, contacte



inmediatamente con el personal especializado. No acuda a personas no autorizadas ni trate usted mismo de solucionar el problema. Con esta medida se evitan accidentes y daños a la instalación.

2.3. La energía eólica:

2.3.1. Producción-obtención de energía eólica:

La energía eólica es la energía obtenida a partir del viento, es decir, la energía cinética generada por efecto de las corrientes de aire, y que es convertida en otras formas útiles de energía para las actividades humanas. En la actualidad, la energía eólica es utilizada principalmente para producir electricidad mediante aerogeneradores, conectados a las grandes redes de distribución de energía eléctrica. En éstos la energía eólica mueve una hélice y mediante un sistema mecánico se hace girar el rotor de un generador, normalmente un alternador, que produce energía eléctrica. Para que su instalación resulte rentable, suelen agruparse en concentraciones denominadas parques eólicos.

2.3.2. Antecedentes:

El viento es la variante de estado del aire, se estudia el movimiento en el que se considera su velocidad y dirección de la componente horizontal.

Es importante al hacer un estudio de la zona en la que se obtiene la energía eólica, y tener en cuenta que tipos de vientos existen y los efectos que puede ocasionar.

Hasta ahora en la misma ubicación no se había considerado la posibilidad de colocar aerogeneradores, si bien es porque en el emplazamiento no es posible colocarlos por diversas circunstancias como son, que es una azotea y habría que comprobar, calcular y reformar la cimentación lo cual no es viable además el espacio es insuficiente, lo que se va a instalar es un pequeño aerogenerador cuyo peso no supera los 10 Kg y su volumen no supera el metro cúbico, además es de eje vertical y el movimiento de sus aspas hace que no ocupe demasiado.

2.3.3. Viento. Variación del viento:

Para la industria eólica es muy importante ser capaz de describir la variación de la velocidad del viento. Esto es así ya que los proyectistas necesitan la información para optimizar el diseño de los aerogeneradores y poder minimizar sus costes. Un modelo utilizado para describir la variación del viento en un emplazamiento dado es la Distribución de Weibull.

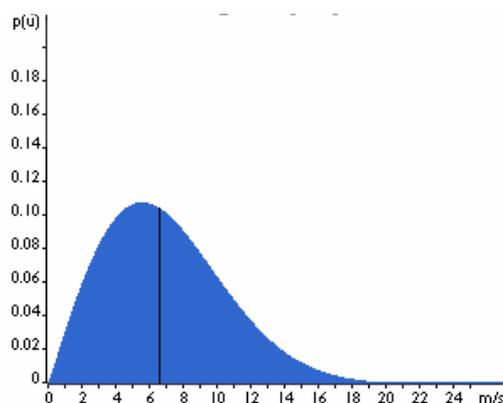


Figura 2.15. Gráfica de weibull.

El gráfico de la figura 2.15. muestra una distribución de probabilidad. El área bajo la curva siempre vale exactamente 1, ya que la probabilidad de que el viento sople a cualquiera de las velocidades, incluyendo el cero, debe ser del 100 %. La distribución de Weibull indica que la probabilidad de que sople el viento a bajas velocidades es más alta que en el caso de que sople a altas velocidades; si mide las velocidades del viento a lo largo de un año se puede observar que en la mayoría de áreas los fuertes vendavales son raros, mientras que los vientos frescos y moderados son bastante comunes.

La distribución estadística de las velocidades del viento varía de un lugar a otro, dependiendo de las condiciones climáticas locales, del paisaje y de su superficie.

El viento en Valladolid viene procedente en su mayoría del noroeste, además Valladolid se caracteriza no principalmente por presentar abundancia en viento ya que es un lugar llano y con una altitud media y está rodeado de montañas por todos sus límites excepto por el noroeste y por ello la mayoría del viento será procedente de dicha zona.

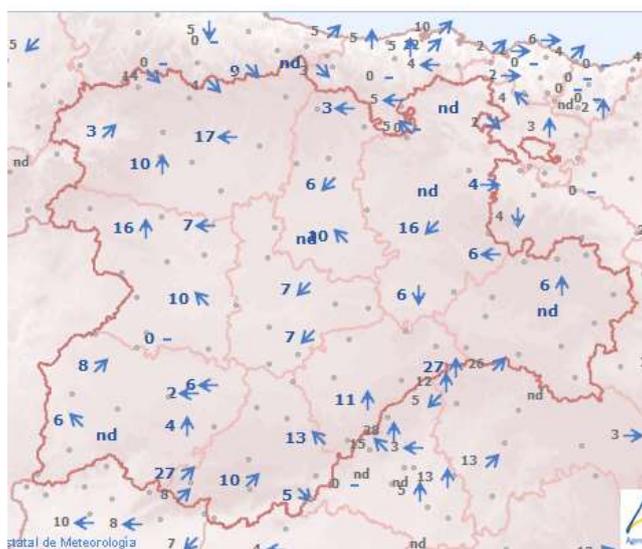


Figura 2.16. Predominación de vientos en Castilla y León.



2.3.4. El aerogenerador:

Un aerogenerador es una máquina que transforma el viento en energía aprovechable, que proviene de la acción de la fuerza del viento sobre unas aspas oblicuas unidas a un eje común. El eje giratorio puede conectarse a varios tipos de maquinaria para moler grano (molinos), bombear agua o generar electricidad. Cuando se conecta a un eje giratorio, éste proporciona energía mecánica a un rotor hélice que, a través de un sistema de transmisión mecánico, hace girar el rotor de un generador, normalmente un alternador trifásico, que convierte la energía mecánica rotacional en energía eléctrica. Cuando un aerogenerador se utiliza para producir electricidad se le denomina generador de turbina de viento.

Existen diferentes tipos de aerogeneradores, dependiendo de su potencia, la disposición de su eje de rotación, el tipo de generador, etc.

Los aerogeneradores pueden trabajar de manera aislada o agrupados en parques eólicos o plantas de generación eólica, distanciados unos de otros, en función del impacto ambiental y de las turbulencias generadas por el movimiento de las palas.

Para aportar energía a la red eléctrica, los aerogeneradores deben estar dotados de un sistema de sincronización para que la frecuencia de la corriente generada se mantenga perfectamente sincronizada con la frecuencia de la red (en el caso de España 50 Hz).

2.3.4.1. Clasificación de los aerogeneradores:

La primera y más clásica clasificación, se basa en la posición de su eje principal. Existen dos tipos, los de eje horizontal y los de eje vertical. Los aerogeneradores de eje horizontal, se les llama de esta forma ya que poseen los ejes principales situados paralelamente al suelo. Necesita un control de orientación al viento, por ejemplo un motor eléctrico para aerogeneradores de más de 50 kW. Los elementos de conexión, multiplicador y generador, se encuentran a la altura del rotor en la góndola situado en lo alto de la torre. La disposición de las palas, puede ser a barlovento o a sotavento. Otra posible clasificación de este tipo de aerogeneradores, es en función del número de palas.



Aerogenerador de dos palas



Aerogenerador de tres palas



Aerogenerador multipala



Los aerogeneradores de eje vertical, tiene los ejes principales perpendiculares al suelo. Una ventaja de este uso es que captan el viento en cualquier dirección, por lo tanto no necesita un control de orientación, otra ventaja es que el enlace con los multiplicadores y generadores se realiza en el suelo y por lo tanto tienen un coste menor y una mayor sencillez a la hora de su montaje. La causa de no utilizar más estos tipos de aerogeneradores es que poseen una eficiencia notablemente menor que los aerogeneradores de eje horizontal. No obstante en este proyecto se ha instalado un aerogenerador de eje vertical puesto que su principal utilización es el estudio de la producción de energía y la monitorización del sistema el aerogenerador es de muy baja potencia.

Aerogenerador eje vertical:



2.3.4.2. El aerogenerador Savonius-Darrieus:

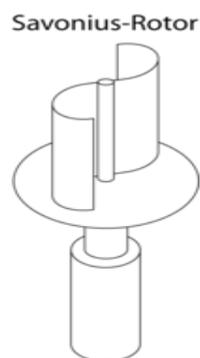


Figura 2.17. Rotor aerogenerador Savonius.

La potencia máxima en vatios [W] que podemos obtener con un rotor Savonius puede calcularse con la siguiente fórmula: $P_{max} = 0,18 \cdot H \cdot D \cdot v^3$ [W], donde H es la altura y D el diámetro del rotor, ambos expresados en metros [m] y v^3 es el cubo de la velocidad del viento expresada en metros por segundo [m/s]. La velocidad de giro n en revoluciones por minuto [rpm] de un rotor Savonius se calcula con la siguiente fórmula: $n = (60 \cdot \lambda \cdot v) / (\pi \cdot D)$ [rpm]



donde λ es un factor llamado velocidad específica de la eólica (número adimensional), v la velocidad del viento en [m/s] y D el diámetro del rotor Savonius en [m]. La velocidad específica λ es un factor característico de cada eólica. Su valor oscila entre 0,5 y 14. Se obtiene dividiendo la velocidad de las puntas de las palas por la velocidad del viento. En un rotor Savonius λ es aproximadamente igual a la unidad ($\lambda = 1$).

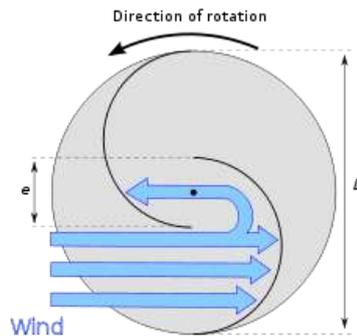


Figura 2.18. Incidencia del viento sobre el aerogenerador Savonius.

Las turbinas Savonius son usadas cuando el coste resulta más importante que la eficiencia. Por ejemplo, la mayoría de los anemómetros son turbinas Savonius (o de un diseño derivado), porque la eficiencia es completamente irrelevante para aquella aplicación. Savonius mucho más grandes han sido usadas para generar electricidad en boyas de aguas profundas, las cuales necesitan pequeñas cantidades de potencia y requieren poquísimos mantenimientos.

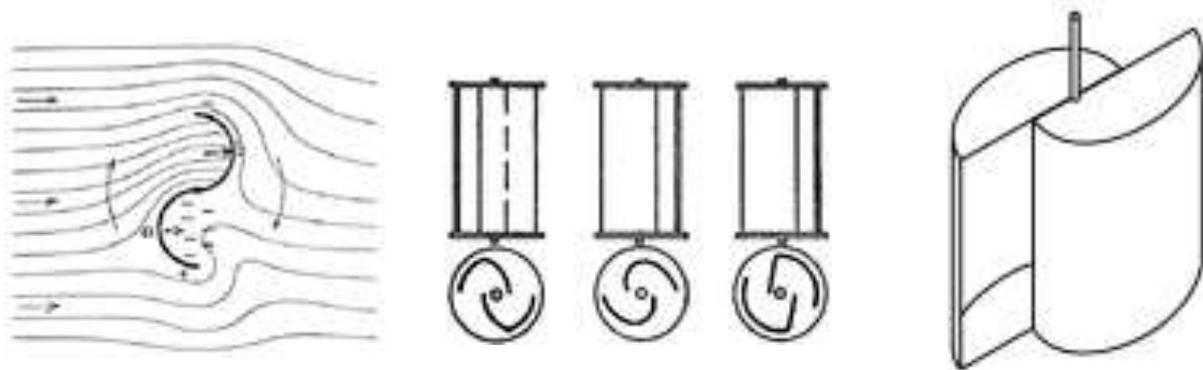


Figura 2.19. Aerogeneradores Savonius.

El Sr Savonius introdujo un detalle muy importante en su modelo, que consiste en el traslape existente entre las dos palas que forman el aparato. Esto permite aumentar la eficiencia en la extracción de energía, debido a la adición de un factor de sustentación (no muy grande) al ya comentado factor de arrastre. Como se puede apreciar en el modelo de la imagen, se ha incluido esta característica.



Figura 2.20. Palas aerogenerador Savonius.

2.3.4.3. Funcionamiento de un aerogenerador:

La obtención de la potencia de un aerogenerador, se consigue convirtiendo la fuerza del viento en un par que actúa sobre las palas del rotor. La cantidad de energía transferida al rotor por el viento depende de la densidad del aire, del área de barrido de las palas y de la velocidad del viento.

En referencia al área de barrido de las palas, ésta determina cuanta energía del viento es capaz de capturar el aerogenerador. A mayor diámetro de palas, la superficie es mayor y por lo tanto la energía que absorbe el rotor es mayor.

La velocidad del viento es un parámetro muy importante para la cantidad de energía que un aerogenerador puede transformar en electricidad. A mayor velocidad de viento, la energía que capte el aerogenerador es mayor.

La energía cinética del viento es capturada por el aerogenerador gracias a las palas del rotor. Cuando el viento incide contra las palas, éstas giran en torno al eje del rotor y por lo tanto hacen girar el eje de baja velocidad al que está acoplado el buje. Éste gracias al multiplicador hace girar el eje de alta velocidad al que está acoplado el generador, que es el productor de energía eléctrica.

2.3.4.3.1. Funcionamiento del aerogenerador objeto de estudio:

La característica principal de los aerogeneradores de eje vertical es que no requieren de sistemas de orientación. Ventaja nada despreciable pues evita complejos mecanismos de direccionamiento y elimina los esfuerzos a que se ven sometidas las palas ante los cambios de orientación del rotor. Por su disposición permite colocar los sistemas de conversión prácticamente a nivel de suelo, evitando pesadas cargas en las torres, como ocurre en los de eje horizontal.

Existen dos diseños básicos de rotores de eje vertical: Savonius y Darrieus. El rotor Savonius trabaja esencialmente por arrastre, tiene un alto par de arranque pero su eficiencia es pobre. Por su sencillez y bajo coste es fácil de construir con técnicas artesanales. Se emplea en aplicaciones que requieren potencias pequeñas.



Los rotores Darrieus, inventados por G.J.M.Darrieus en Francia en la década del 20, son actualmente los principales competidores de los de eje horizontal de palas aerodinámicas para la generación de electricidad. La fuerza dominante es la de sustentación, tienen un par de arranque prácticamente nulo, pero entregan potencias altas por unidad de coste del rotor.

Rotor	Eje	Fuerza	Carga típica	Velocidad	Par	Rendimiento
Tripala	Horizontal	Sustentación	G.E	Alta	Bajo	0.45
Darrieus	Vertical	Sustentación	G.E	Alta	Alta	0.35
Multipala	Horizontal	Arrastre	Bomba	Baja	Alto	0.3
Savonius	Vertical	Arrastre	Bomba	Baja	Alto	0.15

Tabla 2.1. Comparativa aerogeneradores.

El aerogenerador del proyecto estudio es un aerogenerador de eje vertical tipo Savonius-Darrieus (la parte central es Savonius y la parte exterior es Darrieus). Las Savonius son una de las turbinas más simples. Esta diferencia causa que la turbina Savonius gire. Como es un artefacto de aro, soportan mejor las turbulencias y pueden empezar a girar con vientos de baja velocidad. Es una de las turbinas más económicas y más fáciles de usar.

Aunque originalmente la turbina tenía un espaciado entre las palas que correspondía a $1/3$ del diámetro de una pala, lo más común hoy es utilizar un espaciado de $1/6$ de pala. En otras palabras, la pala se superpone cubriendo $1/6$ del diámetro de la otra. La relación diámetro y altura es debatida. Algunos recomiendan que la altura sea el doble del diámetro (total), otros señalan que la eficiencia es mayor a razones 1:4 o 1:6.

2.3.4.4. Mantenimiento:

Se deben hacer inspecciones programadas de mantenimiento. En la programación de estas intervenciones es recomendable seguir las indicaciones del fabricante, como mínimo incluirán: Inspección y ajuste de tuercas, inspección de las palas, inspección del buje, inspección de los ejes, inspección del alternador, engrasar los rodamientos del soporte de la góndola, inspección de freno y reductora, inspección de las conexiones eléctricas.

Capítulo 3.- Descripción de la Instalación



Descripción de la instalación



- Convertidor RS485-Ethernet. (TCP2RS+).
- Inversores.

3.1.1. Sistema de captación de energía solar o panel solar fotovoltaico:

El panel solar fotovoltaico instalado son módulos solares de alto rendimiento, de la serie de REC PEAK ENERGY. El panel instalado es un panel de 240 wátios de potencia, cuyas características más relevantes son:

PARÁMETROS ELÉCTRICOS @ STC	REC235PE	REC240PE	REC245PE	REC250PE	REC255PE	REC260PE
Potencia nominal- P_{MPP} (Wp)	235	240	245	250	255	260
Clasificación de la clase de potencia-(W)	0/+5	0/+5	0/+5	0/+5	0/+5	0/+5
Tensión nominal- V_{MPP} (V)	29,5	29,7	30,1	30,2	30,5	30,7
Corriente nominal- I_{MPP} (A)	8,06	8,17	8,23	8,30	8,42	8,50
Tensión a circuito abierto- V_{OC} (V)	36,6	36,8	37,1	37,4	37,6	37,8
Corriente corto circuito- I_{SC} (A)	8,66	8,75	8,80	8,86	8,95	9,01
Eficiencia del módulo (%)	14,2	14,5	14,8	15,1	15,5	15,8

Los datos analizados demuestran que el 99,7% de los módulos tienen una tolerancia de corriente y tensión del $\pm 3\%$ respecto al valor nominal. Valores en condiciones estándares de medida STC (masa de aire AM1,5, irradiancia 1000 W/m², temperatura de la célula 25°C). En bajas radiaciones de 200 W/m² y condiciones STC (1,5AM) Temperatura de célula de 25°C) es posible obtener, al menos el 97% de la eficiencia.

PARÁMETROS ELÉCTRICOS @ NOCT	REC235PE	REC240PE	REC245PE	REC250PE	REC255PE	REC260PE
Potencia nominal- P_{MPP} (Wp)	179	183	187	189	193	197
Tensión nominal- V_{MPP} (V)	27,5	27,7	28,1	28,3	28,5	29,0
Corriente nominal- I_{MPP} (A)	6,51	6,58	6,64	6,68	6,77	6,81
Tensión a circuito abierto- V_{OC} (V)	34,2	34,4	34,7	35,0	35,3	35,7
Corriente de corto circuito- I_{SC} (A)	6,96	7,03	7,08	7,12	7,21	7,24

Temperatura nominal de la célula (NOCT) 800W/m², AM1,5, velocidad del viento 1m/s, temperatura ambiente 20°C.



PARÁMETROS TÉRMICOS	DATOS MECÁNICOS
Temp. de operación nominal de la célula (NOCT): 45,7°C ($\pm 2^\circ$)	Dimensiones: 1665 x 991 x 38 mm
Coefficiente de temperatura para P_{MPP} : -0,40%/°C	Área: 1,65 m ²
Coefficiente de temperatura V_{OC} : -0,36%/°C	Peso: 18 kg
Coefficiente de temperatura I_{SC} : 0,024%/°C	
$R_a = 0,34$ ohmios	



Datos Generales:

- Tipo de célula: 60 células policristalinas REC PE formadas por 3 cadenas de 20 células con diodos de derivación.
- Cristal: Vidrio solar de 3,2 mm con tratamiento antirreflectante.
- Lámina posterior: Doble capa de poliéster de alta resistencia.
- Marco: Aluminio anodizado.
- Caja de conexiones: IP67, cable solar 4mm², 0,90m + 1,20m.
- Conectores: MC4 (4mm²), Conexión MC4 (4mm²), Radox de cierre por torsión (4mm²).

Límites operativos:

- Margen de temperatura del módulo: -40...+80°C.
- Voltaje máximo del sistema: 1000V.
- Máxima carga de nieve: 550Kg/m² (5400 Pa).
- Máxima carga de viento: 244Kg/m² (2400 Pa).
- Capacidad máxima del fusible: 25A.
- Máxima corriente inversa: 25A.

3.1.2. Sistema de captación de energía eólica o aerogenerador:

Las turbinas Savonius-Darrieux son una de las turbinas más simples. Como es un artefacto de amento, soportan mejor las turbulencias y pueden empezar a girar con vientos de baja velocidad. Es una de las turbinas más económicas y más fáciles de usar.

Aunque originalmente la turbina tenía un espaciado entre las palas que correspondía a 1/3 del diámetro de una pala, lo más común hoy es utilizar un espaciado de 1/6 de pala. En otras palabras, la pala se superpone cubriendo 1/6 del diámetro de la otra. La relación diámetro y altura es debatida. Algunos recomiendan que la altura sea el doble del diámetro (total), otros señalan que la eficiencia es mayor a razones 1:4 o 1:6.

Especificaciones del artículo

Lugar de origen: Guangdong China (Mainland)
Se puede personalizar: Sí
Nombre de la marca: Gardenson
Tipo: Generador de energía eólica
Número de modelo: JDX-C-100
generator: 3-phase AC
material: Aluminium alloy
weight: 8.5kg
colour: red, green and blue
Rated power: 100W



Descripción de la instalación



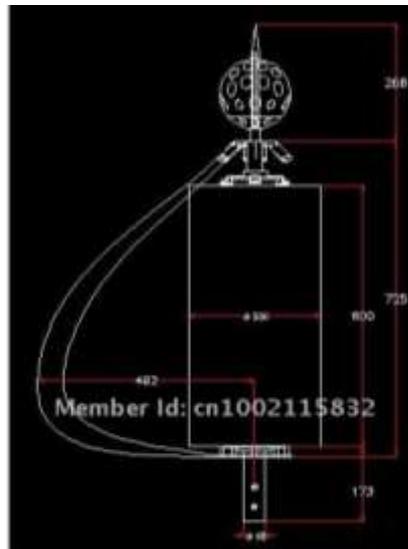
General de la introducción y ventajas:

Generador de turbina de viento de Gardenson pequeño (100 w/400 w) se utiliza principalmente para la alimentación individual, que es una parte importante de híbrido de viento solar sistema de generación.

Hay muchas ventajas de la Gardenson pequeño generador de turbina de viento:

- Material de alta calidad: El Generador utilizamos está hecho de materiales de tierras raras Nd-Fe-B, que tiene una alta densidad y magnetismo fuerte, y es durable.
- Tamaño portátil. 100 W generador de turbina de viento es sólo peso 8.5 kg; generador de turbina de viento 400 W (eje vertical) es el peso 20 kg.
- Alta sensibilidad. Pequeño generador de turbina de viento de Gardenson tiene la velocidad del viento más baja iniciado de 1 m/s que rara fabricante puede alcanzar.
- Buena calidad. El generador de turbina de viento ha pegado el ISO9001 y la certificación ce.
- Bajo nivel de ruido. Con la propia tecnología, se tiene el control del ruido del aerogenerador Gardenson Fácil mantenimiento. Como nuestra turbina es de buena calidad, tasa de fracaso es muy bajo, y el mantenimiento convencional es suficiente.

Dimensiones:





Components parameters			
Generator	Nd-Fe-B Rare Earth Materials; no iron core; 3-phase AC	Shell	Aluminium alloy
Blade	1 layer; 12 pieces + outer blades (for selected)	Axis	Steel material Paint white

Net weight	9kg	Size	0.3*0.8*0.9*1.1(m)
Operating parameters			
Rated power	100W	Rated voltage	12/24V
Rated wind speed	12m/s	Rated rotating speed	1000r/min
Maximum power	150W		
started wind speed	1m/s	Cut-in wind speed	3m/s
Cut-out wind speed	15m/s	Security wind speed	40m/s
Over speed protection	3-Phase short circuit brake		
Output voltage	AC 0-22/44V	Output current	0-4.5A
Charge voltage	DC 38V/48V	Charge current	1-4A
Temperature	-20° C~+85° C	Humidity	≤ 90%
Elevation	≤ 4500m	Tower height	3-12m

3.1.3. Inversor:

La corriente eléctrica continua que proporcionan los módulos fotovoltaicos y los aerogeneradores se puede transformar en corriente alterna mediante un aparato electrónico llamado inversor e inyectar en la red eléctrica (para venta de energía) o bien en la red interior (para autoconsumo). En este proyecto la energía generada se inyecta a la red eléctrica, en baja tensión y no necesita de transformador para elevar su tensión.

El proceso, simplificado, sería el siguiente:

- Se genera la energía a bajas tensiones (380-800 V) y en corriente continua.
- Se transforma con un inversor en corriente alterna.
- En plantas de potencia inferior a 100 kW se inyecta la energía directamente a la red de distribución en baja tensión (400V en trifásico o 230V en monofásico). Como es el caso.
- Y para potencias superiores a los 100 kW se utiliza un transformador para elevar la energía a media tensión (15 ó 25 kV) y se inyecta en las redes de transporte para su posterior suministro. Se pueden utilizar condensadores e inductores para suavizar el flujo de corriente desde y hacia el transformador.

Las características deseables para un inversor CC/CA las podemos resumir de la siguiente manera:

- Alta eficiencia: debe funcionar bien para un amplio rango de potencias.



Descripción de la instalación



- Bajo consumo en vacío, es decir, cuando no hay cargas conectadas.
- Alta fiabilidad: resistencia a los picos de arranque.
- Protección contra cortocircuitos.
- Seguridad.
- Buena regulación de la tensión y frecuencia de salida, que debe ser compatible con la red eléctrica.

El inversor es el elemento central de una instalación fotovoltaica conectada a la red. Además de realizar la conversión CC/CA, debe sincronizar la onda eléctrica generada con la de la corriente eléctrica de la red, para que su compatibilidad sea total. El inversor dispone de funciones de protección, para garantizar tanto la calidad de la electricidad vertida a la red como la seguridad de la propia instalación y de las personas.

Los parámetros que determinan las características y prestaciones de un inversor son las siguientes:

- ✓ Potencia: determinará la potencia máxima que podrá suministrar a la red en condiciones óptimas. La gama de potencias en el mercado es enorme, desde 50 W para sistemas domésticos hasta varios kilovatios. Muchos modelos están pensados para poderlos conectar en paralelo, a fin de permitir el crecimiento de la potencia total de la instalación.
- ✓ Fases: normalmente, los inversores cuya potencia es inferior a 5 kW son monofásicos, y los mayores de 15 kW trifásicos. Muchos modelos monofásicos pueden acoplarse entre sí para generar corriente trifásica.
- ✓ Rendimiento energético: debería ser alto en toda la gama de potencias a las que se trabajará. Los modelos actualmente en el mercado tienen un rendimiento medio situado en torno al 90%. El rendimiento del inversor es mayor cuanto más próximos estamos a su potencia nominal y, con el fin de optimizar el balance energético, es primordial hacer coincidir la potencia pico del campo fotovoltaico y la potencia nominal del inversor. Si queremos tener un funcionamiento óptimo de la instalación, la potencia pico del campo fotovoltaico nunca debe ser menor que la potencia nominal del inversor, ya que entre ambos se producen una serie de pérdidas, sobretodo óhmicas en el cableado que los une.
- ✓ Protecciones: el inversor debería incorporar algunas protecciones generales, que, como mínimo, serían las siguientes:
 - ⌘ Interruptor automático: dispositivo de corte automático, sobre el cual actuarán los relés de mínima y máxima tensión que controlarán la fase de la red de distribución sobre la que está conectado el inversor. El rearme



Descripción de la instalación



del sistema de conmutación y, por tanto, de la conexión con la red de baja tensión de la instalación fotovoltaica, será también automático una vez restablecido el servicio normal en la red.

- ⌘ Funcionamiento "en isla": el inversor debe contar con un dispositivo para evitar la posibilidad de funcionamiento cuando ha fallado el suministro eléctrico o su tensión ha descendido por su determinado umbral.
- ⌘ Limitador de tensión máxima y mínima.
- ⌘ Limitación de la frecuencia máxima y mínima. El margen indicado sería del 2%.
- ⌘ Protección contra contactos directos.
- ⌘ Protección contra sobrecarga.
- ⌘ Protección contra cortocircuito.
- ⌘ Bajos niveles de emisión e inmunidad de armónicos.

Es deseable que el estado de funcionamiento del inversor quede reflejado en indicadores luminosos o en una pantalla. También sería conveniente que el inversor ofreciera la posibilidad de ser monitorizado desde un ordenador. Si en la instalación se incluyen determinados sensores, puede aportar datos de radiación, generación solar, energía transformada a corriente alterna, eficiencia, etc.

Nuestra instalación consta de dos inversores uno que se utilizará para convertir la corriente continua generada por el panel solar fotovoltaico a corriente alterna y el otro que se utilizará para transformar la corriente continua procedente del tansductor-rectificador que pasa de corriente alterna a continua para poder regular la frecuencia y que se pueda inyectar dicha corriente alterna una vez convertida a 50 Hz de frecuencia a la red de baja tensión.

3.1.3.1. Inversor M215:





Descripción de la instalación



El inversor que se muestra en la figura es empleado en la instalación para convertir la corriente continua generada por el panel solar fotovoltaico a corriente alterna y así poderlo inyectar en la red de baja tensión, las características principales son:

INPUT DATA (DC)	
Recommended input power (STC)	M215-60-230-S22 190 - 270 W
Maximum input DC voltage	45 V
Peak power tracking voltage	22 V - 36 V
Operating range	16 V - 36 V
Min./Max. start voltage	22 V / 45 V
Max. DC short circuit current	15 A
Max. input current	10.5 A

OUTPUT DATA (AC)	
Rated output power	215 W
Nominal output current	0.94 A
Nominal voltage/range	230 V
Nominal frequency/range	50.0 Hz
Power factor	>0.95
Maximum units per branch circuit	17 (Ph + N), 27 (3Ph + N)

Como se puede ver el rango de potencias es de 190 - 270 vatios que concuerdan perfectamente con el panel instalado ya que tiene una potencia máxima de 200 vatios, también podemos ver el rango de tensiones que concuerdan perfectamente.

3.1.3.2. Inversor Grid Tie Inverter:



El inversor que se muestra en la figura es empleado en la instalación para convertir la corriente continua generada por el proveniente del convertidos que transforma de calterna a continua la corriente de frecuencia variable producida por el aerogenerador a corriente alterna y así poderlo inyectar en la red de baja tensión con una frecuencia bastante y por ello no se inyecta la del aerogenerador según se va generando porque la frecuencia es variable y habría problemas de sincronismo, las características principales son:



Detailed specification:

Model	GTI-W300
AC Output Continuous Power	270W
AC Output Max. Power	300W
AC Output Voltage	Switch at 230V Position 190V ~ 260V
Range	Switch at 115V Position 90V ~ 130V
AC Output Frequency Range	46Hz ~ 65Hz
Total Harmonic Distortion(THD)	<5%
Power Factor	0.99
Input DC or AC Voltage Range (Optional)	10.8V ~ 30V
Peak Inverter Efficiency	92%
Standby Power Consumption	<0.5W
Output Current Waveform	Pure Sine-wave
Recommend dump load resistor	3 ohm/300w
Operating Temperature Range	-10 0C ~ 45 0C
Storage Temperature Range	-40 0C ~ 65 0C
Product Size/pc	265 * 138 * 55mm
Package Size/pc	295 * 190 * 100mm
N.W./pc	1.7kgs
G.W./pc	2kgs

El rango de potencia es un poco mayor, lo cual no importa en absoluto, el problema ha sido que al ser un aerogenerador de tan baja potencia no se fabrican apenas inversores para tan baja potencia, y la razón es obvia, porque para la energía que genera no sale rentable lo que se construyen son parques eólicos con aerogeneradores de mucha más potencia y de donde la generación de energía es del orden de kilowatios o incluso de megawatios.

3.1.4. Cuadro de medidas. Transductor DH96CMP:



Figura 3.2. Transductor DH96CMP.

El cuadro de medidas se instalará dentro de la caseta donde ya se encuentra instalado otro cuadro de medidas y protecciones de la planta solar fotovoltaica existente en el mismo emplazamiento.

Este cuadro de medidas constará de 2 transductores DH96CMP de la marca circutor, dos para conectar a cada dispositivo para medir y mostrar de cada uno, tensión y corriente, estos aparatos además pueden mostrar potencia y energía, pero para el presente proyecto nos interesa mostrar por la pantalla de dichos dispositivos únicamente estas medidas tensión y corriente.



3.1.4.1. Descripción:

Un transductor es un dispositivo capaz de transformar o convertir una determinada manifestación de energía de entrada, en otra diferente a la salida, pero de valor muy pequeños en términos relativos con respecto a un generador.

En el presente proyecto se instalarán dos transductores de medida, uno para el aerogenerador, para medir tensión, intensidad, potencia y energía como sabemos la potencia instantánea que está produciendo el aparato de generación, es la multiplicación de esa corriente por esa intensidad, y si esa potencia la representamos en función del tiempo, obtenemos la energía, estos dispositivos que se van a instalar (DH96CPM), y se configuraran para como he dicho anteriormente ver en cada instante en la pantalla tensión, o corriente tanto para el aerogenerador como el panel solar fotovoltaico, y por ello se instalarán dos uno para cada aparato dispositivo de generación, pero estos equipos miden también potencia y energía y por ello en el software creado para su monitorización, se representarán tanto tensión, intensidad de corriente como potencia y/o energía, ya que esto lo va a hacer el programa automáticamente accediendo al equipo y comprobando lo que hay cada vez que establezca la comunicación en cada registro.

Para que estos transductores midan las variables eléctricas, hace falta conectarles unas resistencias shunt, en paralelo.

Los aparatos se conectan y cablean como muestra el siguiente esquema:

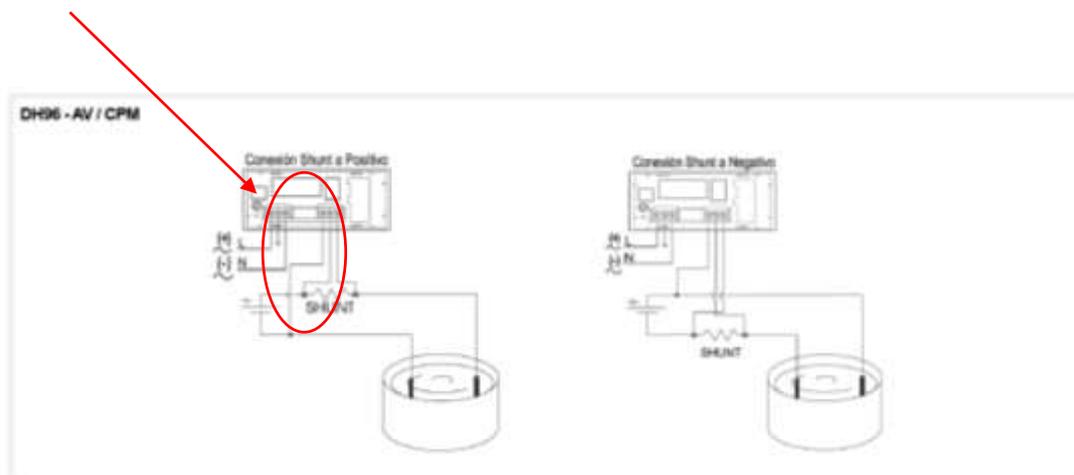
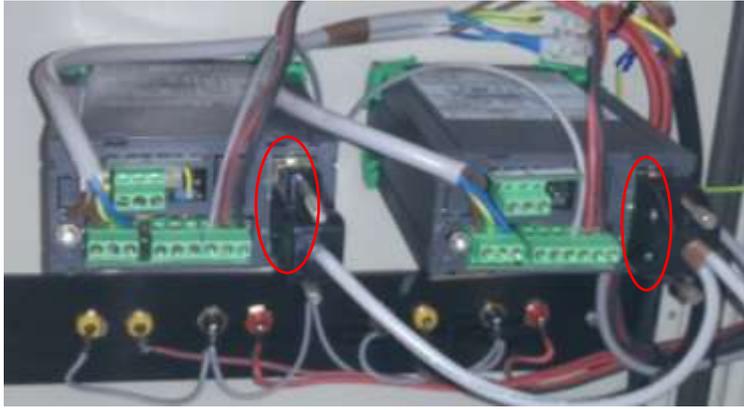


Figura 3.3. Conexión medida de corriente.



Descripción de la instalación



La tensión la mido directamente, conectando los dos terminales del voltímetro con la tensión que quiero medir. Son los cables gris y negro.

La corriente la mido indirectamente: mido la tensión en el shunt (del que conozco su resistencia) y dividiendo la tensión entre la resistencia saco la corriente. Son los cables rojo y negro.

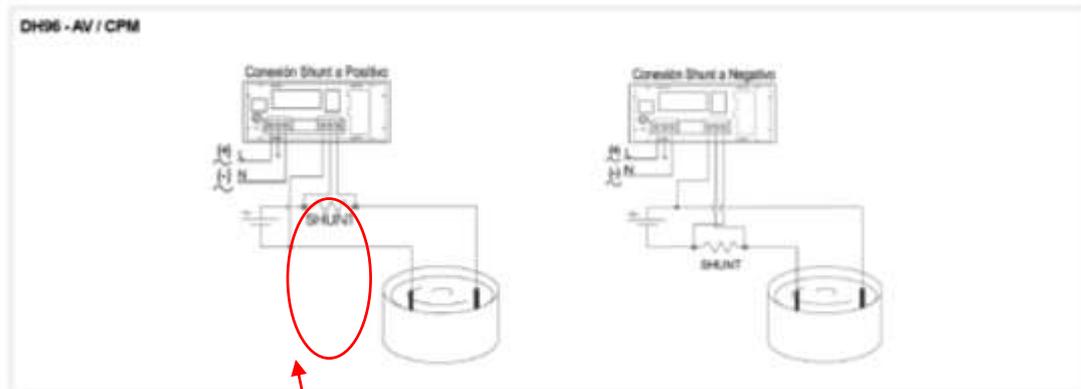
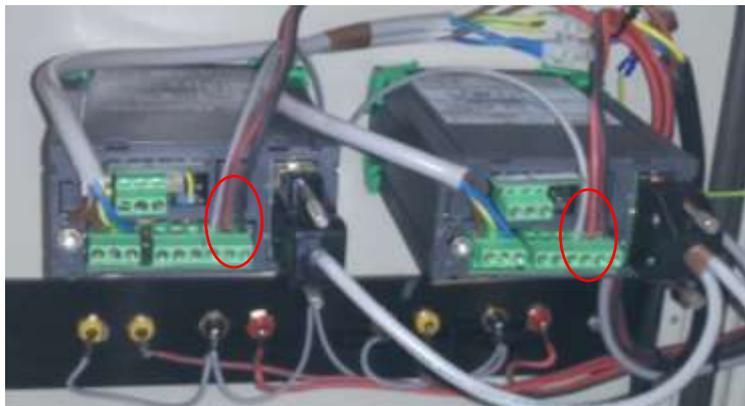
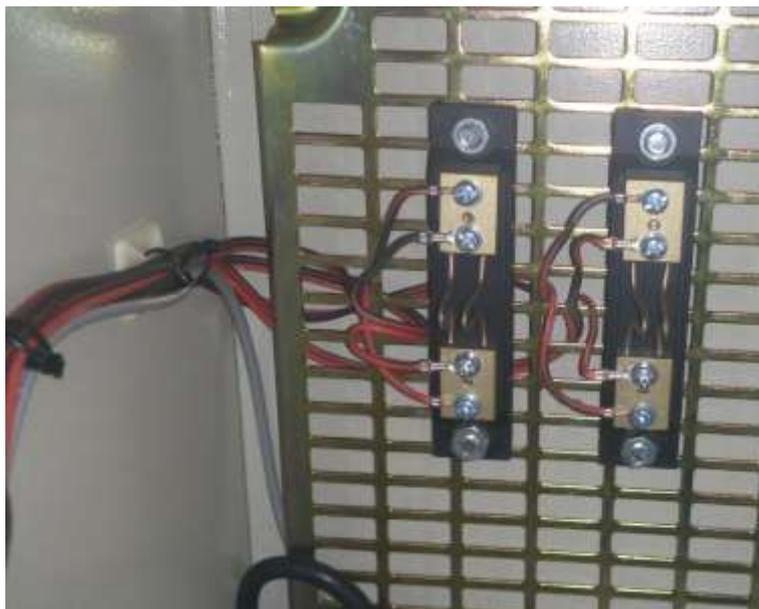


Figura 3.4. Conexión medida de tensión.



Las resistencias shunt son las que se muestran a continuación:



El indicador digital DH96-CPM, ha sido diseñado para ofrecer un amplio margen de características y prestaciones en un equipo compacto y a la vez robusto, que permite trabajar en ambientes industriales cumpliendo todos los requisitos de la normativa vigente.

Este equipo ha sido diseñado para ser una central de medida en continua, ofreciendo una gran variedad de características en un equipo de reducidas dimensiones. Dispone de una entrada para la medida de tensión y de una entrada para la medida de la corriente, a través de un shunt (...A/60mV).

Está basado en un microprocesador, que funciona muestreando las señales de medida por aproximaciones sucesivas, y que mediante cálculo, consigue la medida de la potencia instantánea. Integrando este parámetro se obtiene la energía en kW/h. Todos los parámetros son visibles en el display del equipo pulsando cíclicamente la tecla: 



Se almacenan en una memoria EEPROM los valores pico y valle de cada uno de los parámetros medidos, siendo posible su visualización en cualquier instante, evitando la pérdida de estos en caso de caída de la alimentación auxiliar. La programación del equipo es sencilla e intuitiva y facilita al máximo la familiarización del usuario con el mismo, permitiendo en cualquier momento, y sin necesidad de consultar el manual, variar las diferentes programaciones del instrumento.

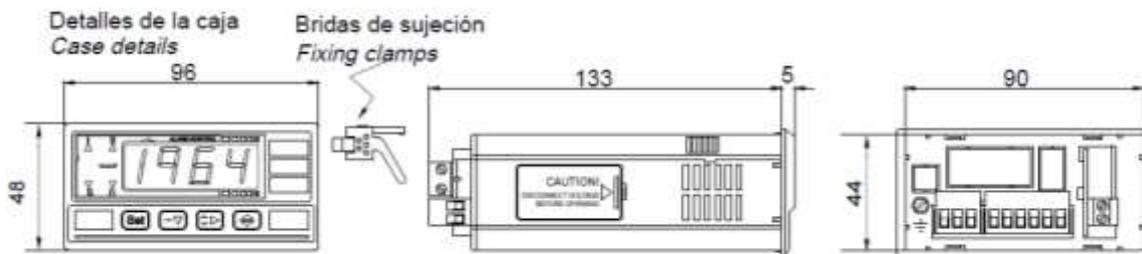


Figura 3.5. Medidas transductor DH96CMP

En los instrumentos digitales el proceso de la medición proporciona una información discontinua expresada por un número de varias cifras, ese valor es directamente el valor numérico del parámetro medido; la indicación numérica se presenta a lo largo del tiempo con una frecuencia predeterminada.

En general, los instrumentos digitales poseen características de entrada superiores a los analógicos, p.e, impedancia de entrada muy elevada en los circuitos de tensión (superior a 2 MW), un consumo de energía mucho menor y una mayor exactitud; pueden incorporar selección automática de escala e indicación de polaridad, lo que salvaguarda al instrumento y mejora la fiabilidad de la medida.



3.1.4.2. Características:

Circuito de alimentación	230 Vca (-15 ... +20%)
Consumo	4 V-A (sin tarjeta), 7 V-A (con tarjeta)
Frecuencia	45...65 Hz
Circuito de medida	
Sobretensión (permanente / durante 10 s)	$1,2 U_n / 2 U_n$
Sobrecarga (permanente / durante 10 s)	$1,2 I_n / 5 I_n$
Margen de medida	2 .. 120 %
N.º conversiones por ciclo	32
Display	7 segmentos de 14 mm, rojo
Punto decimal	Programable
Indicador exceso escala	"..."
Aislamiento	
Tensión de prueba	3 kV, 50 Hz, 1 min
Test de impulsos	4 kV (1,2 / 50 s)
Condiciones ambientales	
Temperatura de almacenamiento	-40 ... +70 °C
Temperatura de uso	-10 ... +65 °C
Altitud	2000 m
Características constructivas	
Material Caja	ABS V0, antracita gris
Grado de protección	Caja y bornes: IP 20 / Frontal: IP 54
Peso	550 g
Normas	
En los tipos A, C, P: IEC 1010, IEC 348, IEC 664, VDE 0110, VDE 0435	
En los otros tipos: IEC 1010, IEC 348, IEC 664, EN 50081-1, EN 50082-1	

Tabla 3.1. Características transductor DH96CMP (I).

- Mediciones de corriente en continua.
- Equipo digital diseñado para mostrar por display el valor programado de una variable eléctrica o señal de proceso, según tipo. También útil para regulación si se usa con tarjetas de salida de relés (alarmas).
- Totalmente programable: escala, relación de transformación, relés de alarma, comunicaciones, etc.
- Medida de V, A, Hz y señal de procesos (impulsos, peso, temperatura, presión, etc.)
- Medición en verdadero valor eficaz (TRMS), tipos en C.A.
- Multitud de opciones con módulos de expansión.
- 4 dígitos de alta luminosidad.
- Alta presión.
- Instalación en panel 96 x 48 mm.



Descripción de la instalación



Alimentación auxiliar

Valor nominal:	115V o 230Vac / 24 o 48Vac (-15%, +20%)
Margenes de frecuencia:	45 a 65Hz
Consumo:	4 VA (sin tarjeta opcional) 7 VA (consumo máximo)

Visualizador

4 dígitos (7 segmentos) de 14 mm de altura, 9999
 Color rojo de alta eficiencia. Indicación exceso de escala: "..."
 7 leds de indicación. Punto decimal programable.
 Ciclo de presentación: 500 ms

Circuito de entrada

Medida mediante micro procesador	
Resolución del conversor A/D c.c.:	13 bits (8192 puntos conv.)
Método de conversión:	Aproximaciones sucesivas
Velocidad de lectura:	2 lect/s
Precisión de la medida de corriente:	0,1% ± 1 dígito
Precisión de la medida de tensión:	0,1% ± 1 dígito
Precisión de la medida de potencia:	0,2% ± 1 dígito
Margen de medida:	1,2 valor nominal
Sobrecarga de tensión:	1,5 Un perman./3 Un durante 10s
Sobrecarga de corriente:	2 In perman./5 In durante 5s
Consumo de tensión:	0,001 VA
Consumo de corriente:	0,003 VA

Aislamiento:

Entre la entrada, la medida y la salida -relé, analógica, RS 485 o 232
 Tensión de prueba: 3 kV RMS 50 Hz 1min.
 Test de impulsos: 4 kV (1.2/50 µs)

Condiciones ambientales:

Tª de almacenamiento: -40° C a +70° C
 Tª de trabajo: -10° C a +65° C

Características generales:

Dimensiones:	96 x 48 x 138 mm
Peso:	550 g
Material de la caja	ABS V0, gris antracita
Índice de protección:	Frontal: IP54 IP 65 con protect. frontal Caja: IP20 Bornes: IP20

Normas:

IEC 1010, IEC 348, IEC 664
 EN50081-2, EN50082-2

Tabla 3.2. Características transductor DH96CMP (II).

3.1.4.2.1. Referencias:

DH96 Amperímetro y voltímetro (a través de shunt .../60 mV)

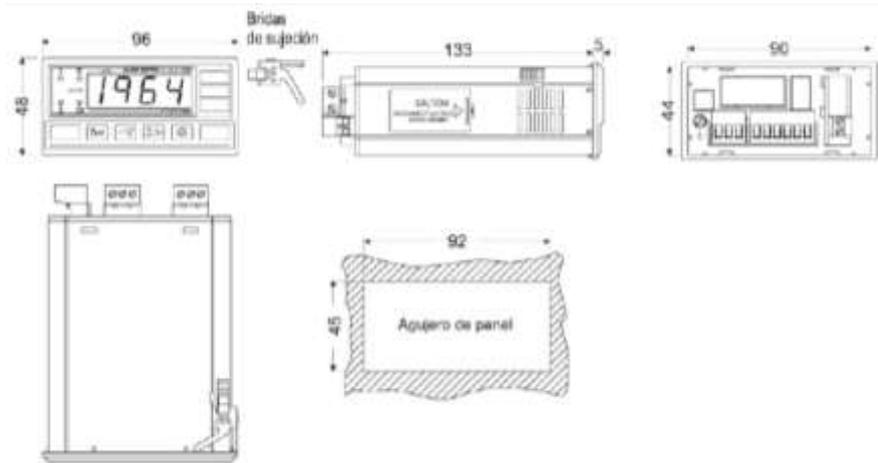
Medida	Parámetros	Rango / Escala	Precisión	Display	Tipo	Código
C.C.	A y V	Programable: V y A Rango de V: 1 a 100 V Rango de A: Mediante shunt .../60 mV	0,2 % (± 1 díg)	4 dígitos	DH 96 A V	M2041C *

* No admite tarjeta de expansión

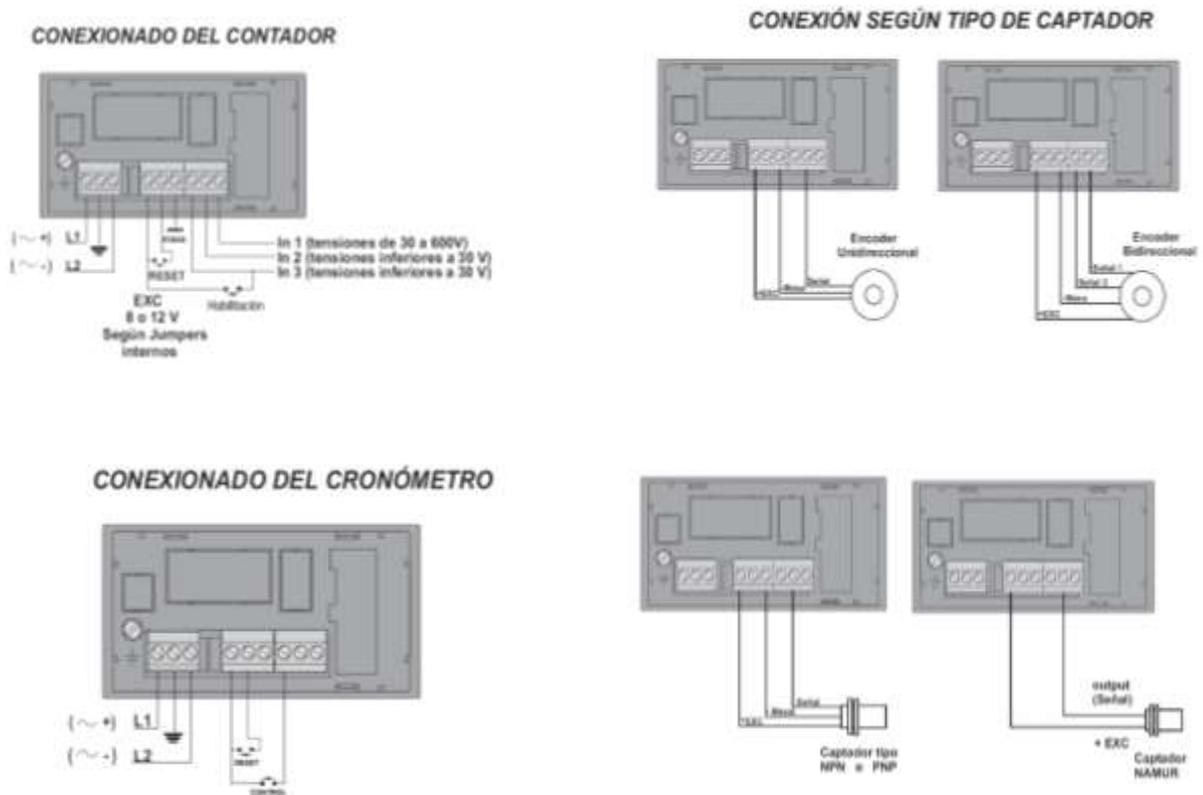
Tabla 3.3. Referencias transductor DH96CMP.

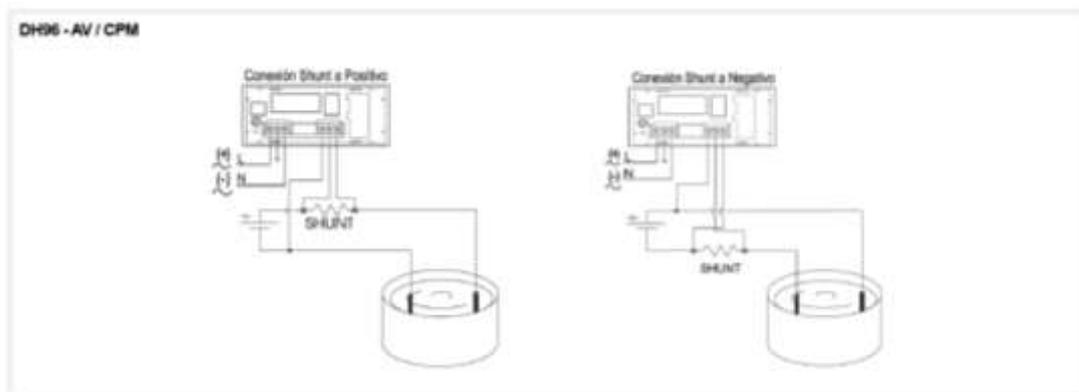
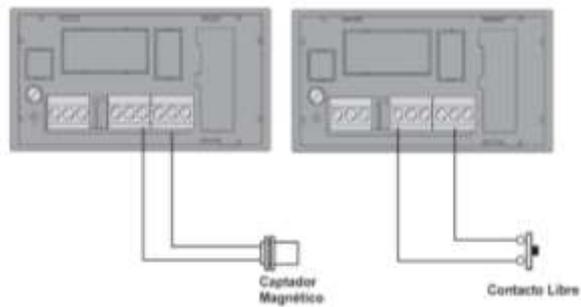


3.1.4.2.2. Dimensiones:



3.1.4.2.3. Esquemas de conexionado:





3.1.4.3. Tipos u opciones de ampliación:

Tipos	COMPATIBILIDAD MÓDULOS DH 96									Código
	C	A	AV	WG	CPM	P	FT	CT	TPM	
2 relés	*	*	-	*	*	*	*	*	*	M20421
4 relés	*	*	-	*	*	*	*	*	*	M20422
2 relés + RS-485 ó RS-232 (Modbus/RTU)	*	*	-	*	*	*	*	*	*	M20423
Salida analógica 0 / 4...20 mA	*	*	-	*	*	*	*	*	*	M20425
Salida analógica 0 / 2...10 V	*	*	-	*	*	*	*	*	*	M20426
RS-232 (Modbus/RTU)	*	*	-	*	*	*	*	*	*	M20427
RS-485 (Modbus/RTU)	*	*	-	*	*	*	*	*	*	M20428
Salida analógica 0 / 4...20 mA + 2 relés	*	*	-	*	*	*	*	*	-	M20429

Tabla 3.4. Tipos de tarjetas de ampliación transductor DH96CMP.

El instrumento dispone de una serie de tarjetas adicionales que permiten ampliar sus posibilidades en función del uso a que se destine.

Las tarjetas opcionales que están a su disposición son:

- Tarjeta con salida de 2 relés de alarma.
- Tarjeta con salida de 4 relés de alarma.



4 Relés / Relays



- Contacto simple / Simple contact
- Plenamente programable / Fully programmable
- Corriente nominal / Nominal current 5A

Salida Analógica / Analog output



- Salida / Output: 0...20mA / 4...20mA ó 0...10V / 2...10V
- Margen de salida programable / Output range programmable

- Tarjeta con salida de comunicaciones serie RS-485 (Protocolo MODBUS, modoRTU).
- Tarjeta con salida de comunicaciones serie RS-232 (Protocolo MODBUS, modoRTU).
- El instrumento dispone de un conector donde insertar las tarjetas.

La tarjeta que hemos empleado en el presente proyecto es tarjeta con salida de comunicaciones serie RS-485 (Protocolo ModBus, modo RTU).

Tarjeta con salida de 2 relés de alarma y tarjeta con salida de 4 relés de alarma:

- Conexión de alarma por máxima o mínima.
- Control de la alarma, manual o automático. En modo manual el usuario, deberá pulsar la tecla  para poner el contador a cero y en modo automático, se podrá escoger el tiempo en segundos, durante el cual el relé permanecerá activado.
- Posibilidad de relé con seguridad de fallo.

Tarjeta con salida serie RS-485 o RS-232:

- Protocolo de comunicaciones MODBUS.
- Selección de la dirección del instrumento (Sólo en RS485).
- Selección de la velocidad de comunicación 1200, 4800, 9600 y 19200 bit/s.
- Selección de la paridad: Par, impar o sin paridad.

En el presente proyecto la velocidad de comunicación es de 9600 bit/s.

Datos técnicos de la tarjeta utilizada:

- *Alimentación auxiliar:*
 - Valor nominal: 115 V o 230 V (-15%, +20%).
 - Margen de frecuencia: 45 a 65 Hz.
 - Consumo: 4 VA (sin tarjeta opcional) 7 VA (consumo máximo).



➤ *Visualizador:*

- 7 segmentos.
- 5 dígitos de 14 mm de altura.
- Color rojo de alta eficiencia.
- Indicación exceso de escala: “—”.
- 2 leds de indicación de las alarmas.
- Punto decimal programable.
- Ciclo de presentación: 100 ms.

➤ *Circuito de entrada:*

Alta tensión: Medida mediante microprocesador 30 a 600 Va.c.

- Captador Namur:

Rc: 1kOhm.
I_{off}: < 1mA d.c.
I_{on}: > 2,2 mA d.c.

- Captadores tipo NPN y PNP:

Rc: 1 kOhm.
Nivel 0 lógico: < 2,4 V.
Nivel 1 lógico: > 2,6 V.

- Contacto libre:

Vc: 5V.
Rc: 3,9 kOhm.
Fc: 100 Hz.

➤ *Condiciones ambientales:*

- Temperatura de almacenamiento: -40 °C ... +70 °C.
- Temperatura de trabajo: -10 °C ... +65 °C.

➤ *Características de los relés: 1 contacto conmutado:*

- Intensidad nominal c.a: 8A.
- Intensidad máxima c.a: 10A.
- Tensión nominal: 250 Vc.a. 50Hz.
- Tensión máxima (VDE 0435): 440Vc.a.
- Potencia máxima de conmutación de una carga resistiva: 2000VA.
- Resistencia de aislamiento 500V: >10⁴.
- Aislamiento contacto-bobina: 6000 Vc.a.
- Aislamiento contacto-contacto: 1000 Vc.a.
- Esperanza de vida mecánica: > 20 x 10⁶ maniobras.



Descripción de la instalación



- Esperanza de vida eléctrica: >2 x 10⁶ Maniobras a 5 A y 35V.

➤ *Características de los relés: 1 contacto simple:*

- Intensidad nominal c.a: 5 A.
- Intensidad máxima c.a: 5 A.
- Tensión nominal: 250 Vc.a. 50Hz.
- Resistencia de aislamiento 500V: > 1000M.
- Aislamiento contacto-bobina: 2000 Vc.a. – 1 min.
- Aislamiento contacto-contacto: 1000 Vc.a. – 1 min.
- Esperanza de vida mecánica: > 20 x 10⁶ maniobras.
- Esperanza de vida eléctrica: > 100 x 10³ maniobras.

➤ *Características generales:*

- Dimensiones: 96 x 48 x 138 mm.
- Peso: 550 gr
- Material de la caja: ABS autoextinguible, gris antracita.
- Índice de protección: Frontal: IP54.
IP65 con protector frontal.
Caja: IP20.
Bornes: IP20.

➤ *Normativas de diseño:*

IEC 1010 / IEC 348 / IEC 664
IEC 801 / VDE 0110 / VDE 0435
EN 50081-2 / EN 50082-2

Advertencias de seguridad:

➤ *Textos de información y advertencia:*

El DH96, se clasifica como instrumento de clase I.

- Está provisto de borne de tierra.
- El chasis no es peligroso al tacto (material aislante).
- Los tornillos de los bornes no son accesibles para un apéndice humano.

Este aparato ha sido diseñado y ensayado conforme a la norma IEC348 y se suministra en buenas condiciones. El presente manual de instrucciones contiene informaciones y advertencias que el usuario debe respetar para garantizar un funcionamiento seguro del aparato y mantenerlo en buen estado en cuanto a seguridad.



Descripción de la instalación



➤ *Instalación del aparato:*

El aparato se ha construido para uso en interiores. Puede, ocasionalmente, someterse a temperaturas comprendidas entre +75 °C y -10 °C, sin degradación de su seguridad.

Este aparato no se debe utilizar hasta que este empotrado.

Antes de conectarlos se debe unir, el borne de tierra de protección con un conductor de protección.

➤ *¡Atención!*

Cualquier interrupción del conductor de protección, dentro o fuera del aparato, o la desconexión del borne de tierra de protección, puede hacer peligroso el aparato. Se prohíbe la interrupción intencionada.

➤ *Ajuste, recambio de elementos y reparación:*

Con el aparato conectado los bornes pueden ser peligrosos al tacto y la apertura de cubiertas o eliminación de elementos, puede dar acceso a partes peligrosas. Antes de efectuar cualquier operación de ajuste, reemplazamiento, mantenimiento o reparación, debe desconectarse el aparato de toda fuente de alimentación.

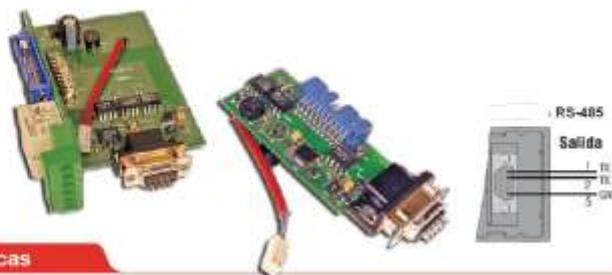
Es necesario evitar, en la medida de lo posible, todo ajuste, mantenimiento o reparación del aparato abierto y, si son inevitables, deberá efectuarlos personal cualificado bien informado de los riesgos que corre.

Compruébese que los fusibles se reemplazan sólo por otros del calibre adecuado y del tipo especificado. Se prohíbe el uso de fusibles improvisados, así como el cortocircuito de los portafusibles.

➤ *Defectos y funcionamientos anormales:*

Cuando se sospeche de algún fallo en la protección, debe dejarse fuera de servicio, asegurándose contra cualquier conexión accidental. Debe de sospecharse que la protección está deteriorada cuando el aparato:

- Muestra daños visibles.
- No es capaz de efectuar las mediciones previstas.
- Ha sido almacenado en malas condiciones.
- Ha sufrido severos esfuerzos durante el transport.



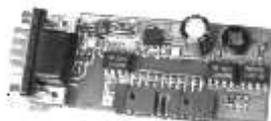
Módulo comunicaciones

Descripción

- Periféricos programables de 0 a 247
- Selección del nº de periférico (solo en RS-485)
- Selección de los parámetros de comunicación: velocidad, paridad y bits de stop

Características

	Módulo RS-232	Módulo RS-485
Protección EDS	Hasta 10 kV c.a.	Hasta 2 kV c.a.
Líneas de comunicación protegida contra sobrecargas, cortocircuito a masa	30 V sin daño	-
Protegido contra bloqueo	Si	-
Líneas de comunicación con protección térmica contra excesiva disipación de potencia	-	Si
Conexión o desconexión con la red activa	-	Si
Normas	EIA RS-232	EIA RS-485



- Número de periférico programable de 0 a 247.
- Velocidad de comunicación seleccionable: 1200, 2400, 4800, 9600, ó 19200 baudios.
- Tipo de paridad programable: Par, Impar o sin paridad.
- Número de bits de stop: uno o dos.

Características:

- Totalmente compatible con las normas EIA RS485
- Protección ESD hasta $\pm 2kV$.
- Líneas de comunicación con protección térmica contra excesiva disipación de potencia.
- Permite la conexión o desconexión con la red activa.

Dirección: Se selecciona la dirección del instrumento. Estará comprendida entre 1 y 247.

Velocidad de transmisión: Seleccionamos la velocidad a la cual son recibidas y transmitidas las comunicaciones: 1200, 2400, 4800, 9600 ó 19200 baudios.

Paridad: Seleccionamos si deseamos paridad par (Even), paridad impar (odd) o sin paridad.

Bits de stop: El mensaje puede estar compuesto de uno o dos bits de stop.

Configuración modificable: Programado en No, impide la modificación de los parámetros anteriores. Esquema de conexionado:



Descripción de la instalación

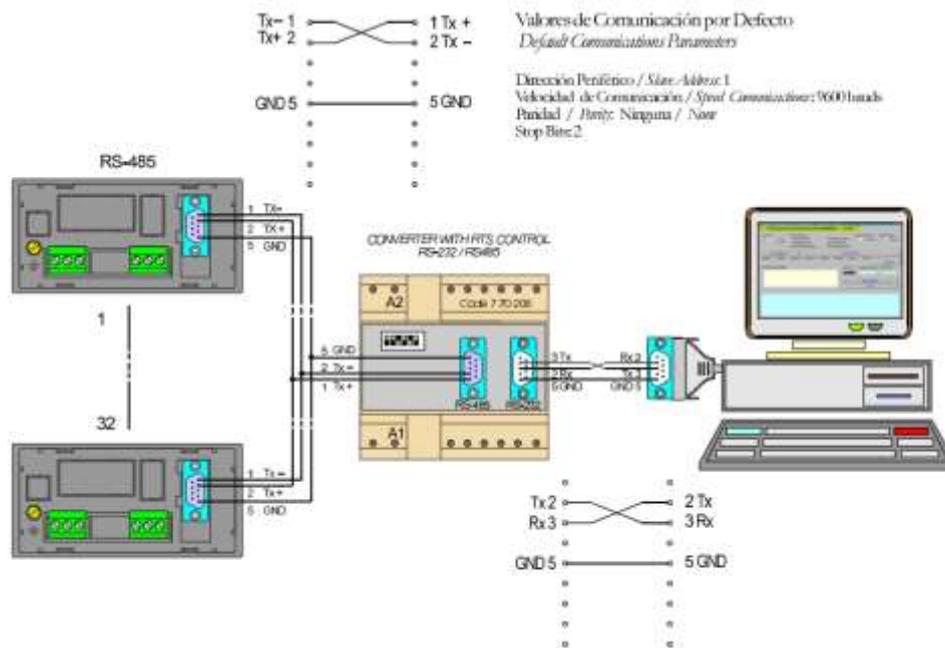


Figura 3.6. Esquema de conexionado transductor DH96CMP.

Protocolo Modbus:

Para comunicarse, el DH96 utiliza el protocolo Modbus en modo RTU (Remote Terminal Unit). Cada 8-bit byte en un mensaje contiene dos 4-bits caracteres hexadecimales. Cada mensaje debe transmitirse como una cadena continua.

Formato: El formato para cada byte en modo RTU es:

- Código:
 - 8-bit binario, hexadecimal 0,1,...,F.
- Bits por byte:
 - 1 bit de start.
 - 8 bits de datos, el bit menos significativo primero.
 - 1 bit para paridad par/impar, sin bit no paridad.
 - 1 bit de stop si se usa paridad; 2 bits de stop si no se usa paridad.
- Campo Check-Error:
 - Tipo CRC (Cyclical Redundancy Check)

Funciones modbus:

- Función 3 ó 4:
 - Lectura de n palabras (16 bits - 2 bytes). Estas funciones se usan para lectura de los parámetros disponibles en el DH96.



- Función 6:
 - Escritura de una palabra. Esta función se usa para resetear los valores de pico o valle almacenados en el DH96.

Modelos DH96:

En función del modelo de DH96 se puede acceder a unos u otros parámetros, a continuación se detallan los registros disponibles en ellos:

MODELO DH96 CPM MODEL			
Registros de Lectura (Códigos 03 y 04) / Reading Registers (03 and 04 codes)			
Variable medida / <i>measured</i>		Registro(DEC)	Register(HEX)
Voltage / <i>Voltaje</i>	V	1	00 01
Corriente / <i>Current</i>	A	2	00 02
Potencia / <i>Power</i>	kW	3	00 03
Potencia / <i>Power</i>	W	4	00 04
Energía / <i>Energy</i>	MW/h	5	00 05
Energía / <i>Energy</i>	kW/h	6	00 06
Energía / <i>Energy</i>	W/h	7	00 07
Pico Voltage / <i>Voltaje Peak</i>	wV *	8	00 08
Valle Voltage / <i>Voltaje Valley</i>	XV *	9	00 09
Pico Corriente / <i>Current Peak</i>	WA *	10	00 0A
Valle Corriente / <i>Current Valley</i>	XA *	11	00 0B
Pico Potencia / <i>Power Peak k</i>	wkW *	12	00 0C
Pico Potencia / <i>Power Peak</i>	wW *	13	00 0D
Valle Potencia / <i>Power Valley</i>	XkW *	14	00 0E
Valle Potencia / <i>Power Valley</i>	XW *	15	00 0F

MODELO DH96 FT MODEL		
Registros de Lectura (Códigos 03 y 04) / Reading Registers (03 and 04 codes)		
Variable medida / <i>measured</i>	Registro(DEC)	Register(HEX)
Indicación / <i>Display</i>	1 - 2	00 01 - 00 02
Punto decimal Ind / <i>Decimal point display</i>	3	00 03
Pico Indicación / <i>Display Peak</i> W *	4 - 5	00 04 - 00 05
Punto dec Pico Ind / <i>Dec Point Display Peak</i>	6	00 06
Valle Indicación / <i>Display Valley</i> X *	7 - 8	00 07 - 00 08
Punto dec Valle Ind / <i>Dec Point Display Valley</i>	9	00 09

* Para resetear los valores de Pico y Valle, escribir en el registro-s correspondiente-s el valor 00, mediante el uso del código de función 06.



MODELO DH96 AC, DH96 DC, DH96 DCP MODEL			
Registros de Lectura (Códigos 03 y 04) / <i>Reading Registers (03 and 04 codes)</i>			
Variable medida / <i>measured</i>		Registro(DEC)	Register(HEX)
Indicación / <i>Display</i>		2	00 02
Valle Indicación / <i>Display Valley</i>	X *	4	00 04
Pico Indicación / <i>Display Peak</i>	W *	6	00 06

* Para resetear los valores de Pico y Valle, escribir en el registro-s correspondiente-s el valor 00, mediante el uso del código de función 06.

Tabla 3.5. Codificación Hexadecimal de las magnitudes físicas.

3.1.4.4. Aplicaciones:

1.- Visualizar mediante un display el valor numérico de uno o varios parámetros eléctricos de un subcuadro, de un proceso de control o de una máquina determinada.

2.- Sistema de alarma: actuar sobre contactores, dispositivos sonoros y/o luminosos para realizar una maniobra de protección o de aviso mediante salida de relés.

3.- Sistema de control vía software:

Control de tensión

Control de corriente

Control de frecuencia

Control de temperatura

Control de cualquier señal de proceso

Control de armónicos

Control de tiempo.

4.- Visualizador y comunicación del dato medido mediante bus RS-485 / RS-232 para integración en software o PLC.

3.1.4.5. Instalación y puesta en marcha:

➤ *Configuración del tipo de entrada:*

El indicador digital DH96 CT permite utilizar varios tipos de captadores para la medida de la señal de entrada. El tipo de captador utilizado se seleccionará con los microinterruptores, SW, situados en la placa base. Una vez localizados los microinterruptores, seleccionar el captador que se utilizará, siguiendo las indicaciones de la tabla que se adjunta.

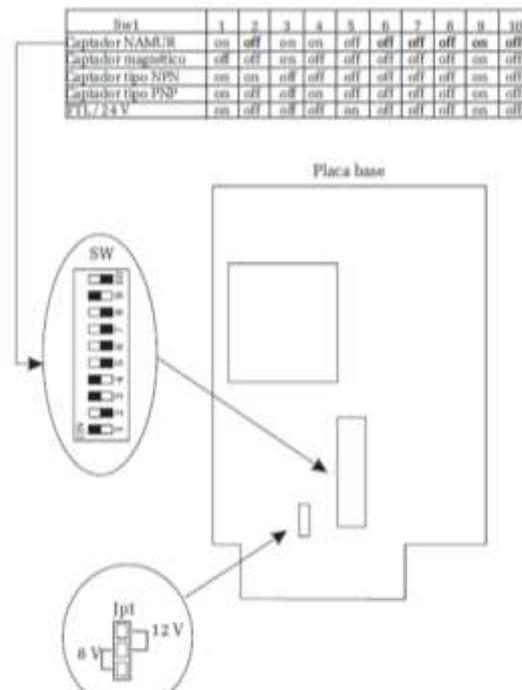


Tabla 3.6. Selección del tipo de captador.

➤ Inserción de tarjetas:

1) Presionar mediante el uso de un destornillador o similar sobre las pestañas de sujeción del aparato liberando de esta forma la base del resto del envoltorio.



2) Extraer el conjunto formado por la base y los circuitos estirando de la base y deslizando con precaución.

3) Insertar la tarjeta en el conector correspondiente, poniendo especial cuidado en presionar sobre este mismo y no sobre toda la tarjeta.



4) Introducir el conjunto formado por la base y los circuitos, empujando sobre la misma y deslizándolo con precaución. Al llegar al final del recorrido presionar hasta advertir que todas las pestañas hayan encajado en su ranura.



Funciones de teclado:

Programación: 

Pulsando esta tecla, entraremos en los menús de programación de los distintos parámetros definibles. Una vez dentro de los menús de programación la función de esta tecla es la de validar las selecciones.

Reset por Teclado 

Si el equipo se ha configurado con reset interno, mediante esta tecla, se pondrá el valor visualizado a cero y en el caso del cronómetro al valor programado en el punto de offset.

Valores por defecto:  

Pulsando ambas teclas a la vez, durante más de cinco segundos, el equipo borra todos los parámetros de configuración, restaurando los parámetros por defecto.

3.1.5. TCP2RS+ (Convertidor RS485-Ethernet):

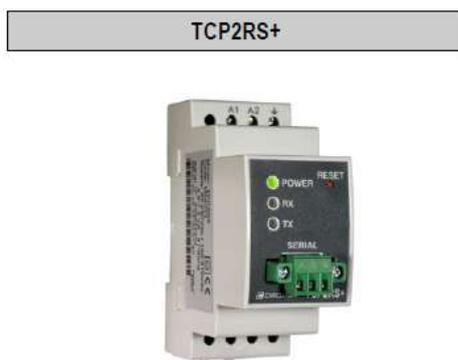


Figura 3.7. TCP2RS+

3.1.5.1. Introducción:

TCP2RS+ es una pasarela orientada a la conversión del medio físico Ethernet a RS232 o RS485 o viceversa. El equipo está dotado de un Servidor Web, desde el cual el usuario puede parametrizar íntegramente los parámetros de configuración del dispositivo.

TCP2RS+ es una pasarela desarrollada íntegramente en la factoría circutor incorporando las últimas tecnologías de integración en redes ethernet, y con una alta fiabilidad, estabilidad y robustez de uso. TCP2RS+ puede trabajar en modo IP Fija, e incluso en modo DHCP a través de identificación mediante nombre.

TCP2RS+ está diseñada para trabajar en múltiples modos de comunicación, tan sólo seleccionando la opción deseada a través del Servidor Web de configuración. En función maestroesclavo, el puerto ethernet del equipo puede trabajar en modo UDP o TCP a un puerto configurable, o bien en modo Modbus/TCP al puerto 502. Además, el equipo dispone de



funciones routing con el objetivo de desarrollar topologías RS232/485 sobre infraestructuras ethernet existentes.

La selección del protocolo de red serie (RS232 ó RS485) y otros parámetros de red se realiza mediante página web de configuración.

TCP2RS+ es la única pasarela del mercado con alimentación multirango y en una envolvente tipo DIN de tan sólo 2 módulos.

Su fuente conmutada le permite alimentar el dispositivo desde 85 hasta 290 voltios en corriente alterna, y desde 120 hasta 410 voltios en corriente continua.

Fácil programación IP mediante programa IP setup (windows)

Fácil acceso al Servidor Web de configuración una vez conocida su IP

Interface RS232 ó RS485 seleccionable mediante Internet Explorer

Múltiples protocolos de comunicación: UDP, TCP, Modbus/TCP o funciones routing

Conexión ethernet RJ45 10/100BaseTX

Conexión de hasta 32 equipos en el bus (RS485)

Compatible con cualquier aplicación de mercado.

3.1.5.2. Descripción del equipo:

El dispositivo *TCP2RS+* es un conversor de medio físico serie a comunicación Ethernet bajo paquetes de comunicación TCP/IP. La pasarela realiza la conversión de forma transparente bajo conexiones TCP o UDP. El funcionamiento viene determinado por la parametrización realizada en el menú web interno de configuración.



3.1.5.3. Características:

Protocolos de red	TCP / UDP / MODBUS TCP / HTTP
Ethernet	10BaseT / 100BaseTX autodetectable (RJ45)
Puerto serie	RS485/RS232 tres cables (A/B/GND) (RX/TX/GND)
Velocidad puerto serie	4800...115.200 bps
Bits de datos puerto serie	7 / 8
Bits de parada puerto serie	1 / 2
Paridades puerto serie	par, impar, ninguna
Configuración	HTTP / JSON / DHTML
Firmware	Actualizable desde página web
LEDs de diagnóstico	Power / RX / RT / FULL/HALF (Ethernet) / ACTIVITY / 10M/100M / LINK
Alimentación versátil	85...290 VAC / 120...410 VDC
Conexión alimentación	Bornes metálicos con tornillos «posidraft»
Características constructivas	
Caja	Policarbonato autoextingible UL94 PV0
Grado de protección	IP20
Fijación	Acoplable a rail DIN 46277 (2 módulos)
Condiciones ambientales	
Temperatura estándar	-10 / 60 °C B
Temperatura de almacenamiento	-40 / 85 °C
Humedad sin condensación	5...95%
Seguridad	
Categoría de instalación Clase III / EN61010 Protección al choque eléctrico por doble aislamiento clase II. El equipo debe conectarse a un circuito de alimentación protegido con fusibles tipo gI según IEC 269 o tipo M, con valores comprendidos entre 0,5 y 1A. Debe estar provisto de un interruptor magnetotérmico, o equivalente, para poder desconectar el equipo de la red de alimentación. La sección mínima del cable de alimentación será de 1mm ² .	
Normas	
IEC 60664, VDE 0110, UL 94, EN61010-1, EN55011, EN 61000-4-2, EN 61000-4-3, 61000-4-11, EN 61000-6-4, EN 61000-6-2, EN 61000-6-1, EN 61000-6-3, EN 61000-4-5 CE	

Tabla 3.7. Características TCP2RS+ (I).



Circuito de alimentación : <ul style="list-style-type: none">- Monofásica (A1 – A2) :- Borne de conexión a tierra :- Frecuencia :- Consumo máximo :- Temperatura de trabajo :- Humedad (sin condensación) :	85...264 V _{ca} / 120...300 V _{cc} ⏏ 47...63 Hz 4,6 ... 7,5 VA -10 ... +60 °C 5 ... 95%
Características mecánicas: <ul style="list-style-type: none">- Material caja:- Grado de protección del equipo:- Dimensiones (mm):- Peso:- Altitud máxima de funcionamiento:	Plástico UL94 - V0 autoextinguible IP 20 35,4 x 73 x 84,68 mm (2 módulos) 120 g 2.000 m
Interface de Red: <ul style="list-style-type: none">- Tipo:- Conector :- Protocolos de Red - Accesos:	Ethernet 10BaseT / 100BaseTX autodetectable RJ45 TCP / UDP / Modbus/TCP - HTTP
Interface Serie: <ul style="list-style-type: none">- Tipo:- Velocidad de transmisión (configurable):- Bits de datos:- Paridad:- Bit de stop	RS-485 / RS-232 tres hilos (A/S/B) (RX/GND/TX) 4.800, 9.600, 19.200, 34.800, 57.600, 115.200 bps 7, 8 Sin paridad, par, impar 1 ó 2

Tabla 3.8. Características TCP2RS+ (II).

Simbología LED: <ul style="list-style-type: none">- Power en parpadeo- RX en parpadeo- TX en parpadeo- Full/Half (izquierdo en RJ45)- 10 M/100 M (derecho en RJ45)	Equipo alimentado y actividad de CPU Actividad en recepción de tramas RS-485 / RS-232 Actividad en emisión de tramas RS-485 / RS-232 Verde: Conexión Full Duplex / Ambar: Half Duplex Verde: Velocidad 100 Mb/s / Ambar: 10 Mb/s
Normas : IEC 60664, VDE 0110, UL 94, EN61010-1, EN55011, EN 61000-4-2, EN 61000-4-3, 61000-4-11, EN 61000-6-4, EN 61000-6-2, EN 61000-6-1, EN 61000-6-3, EN 61000-4-5, CE	
Seguridad: Categoría de instalación Categoría III / EN61010 Protección al choque eléctrico por doble aislamiento clase II. El equipo debe conectarse a un circuito de alimentación protegido con fusibles tipo gl según IEC 269 o tipo M, con valores comprendidos entre 0,5 y 1A. Debe estar provisto de un interruptor magnetotérmico, o equivalente, para poder desconectar el equipo de la red de alimentación. La sección mínima del cable de alimentación será de 1 mm ² . Si el equipo es utilizado de manera no especificada por el fabricante, la protección asegurada por el equipo puede verse comprometida.	

Tabla 3.9. Características TCP2RS+ (III).

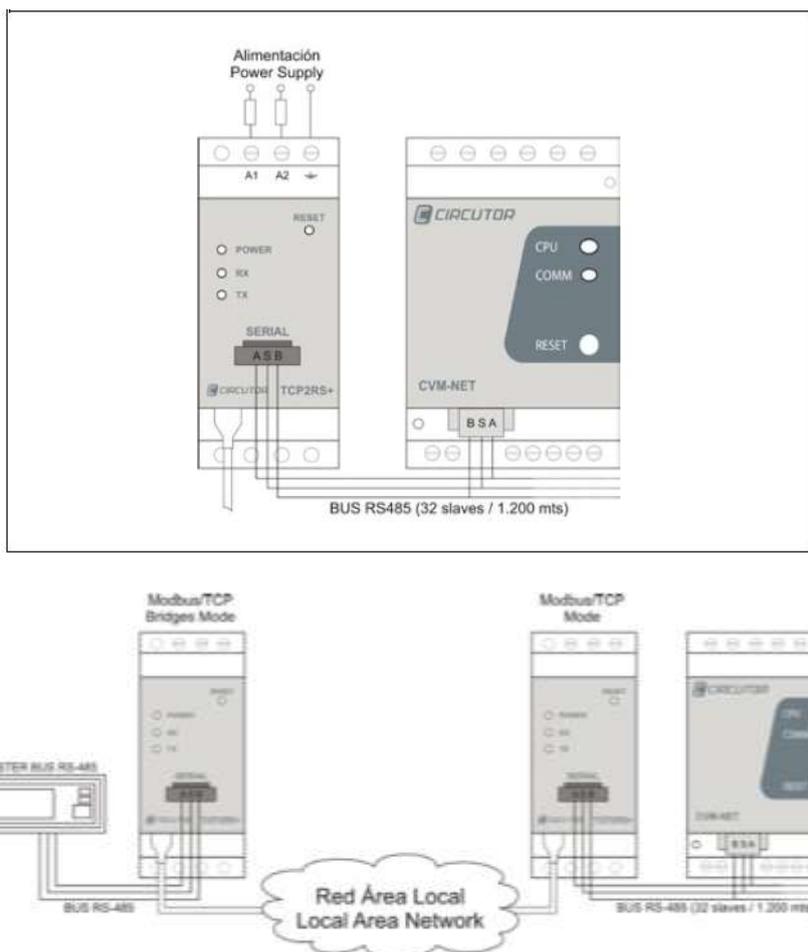


Figura 3.8. Sistemas RS-485 sobre infraestructuras Ethernet.

3.1.5.4. Instalación:

Para instalar El TCP2RS, es necesario seguir ordenadamente los siguientes pasos:

1. Conectar un dispositivo serie al convertor TCP2RS.
2. Conectar un cable Ethernet al puerto RJ45 (10Base-T / 100Base-TX).
3. Alimentar el convertor TCP2RS (Nota: Alimentar a 230 V c.a.)
4. Alimentar el dispositivo serie.

La instalación del equipo se realiza sobre carril DIN, quedando todas las conexiones en el interior de un cuadro eléctrico.

El equipo debe conectarse a un circuito de alimentación protegido con fusibles tipo gI (IEC 269) ó tipo M, comprendido entre 0.5 y 2 A. Deberá estar previsto de un interruptor magneto térmico o dispositivo equivalente para desconectar el equipo de la red de alimentación. El circuito de alimentación del equipo se conectará con cable de sección mínima 1 mm².

En la parte lateral del TCP2RS existe una etiqueta de información, y contiene los siguientes datos del equipo:



- ID del producto (nombre)
- Número de serie
- Dirección IP
- Dirección Ethernet (también llamada dirección Hardware o dirección MAC).

3.1.5.4.1. Interface serie:

El TCP2RS+ tiene un puerto serie compatible con RS-232 y RS-485 (seleccionable por hardware mediante interruptor situado en el frontal del equipo), velocidad hasta 115.2 Kbps.

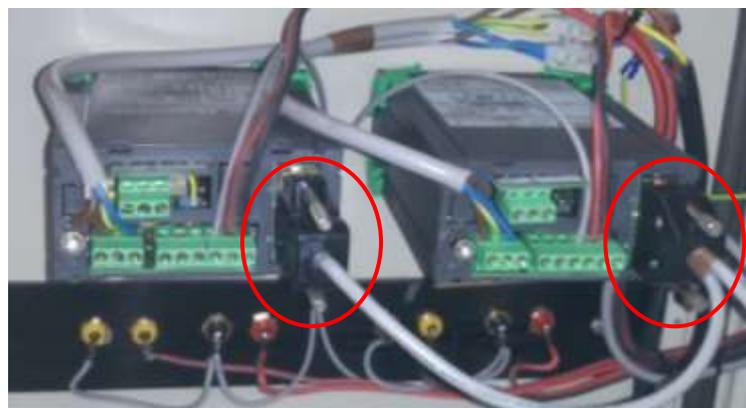


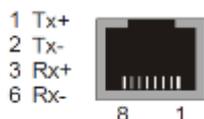
Figura 3.9. Interface serie.



Este puerto de conexión es el puerto RS485, va conectado mediante tres hilos como se puede ver el Rx (Receptor), Tx (Transmisor) y el GND, este interface de comunicación cable rs485 va conectado a los dos transductores de medida como muestra en la figura y mediante dicho cable pasan o se transfieren los datos de la comunicación serial.

3.1.5.4.2. Interface de red:

El TCP2RS tiene un botón de reset y un puerto Ethernet RJ45 de 10 Mbps (10Base-T) o de 100 Mbps (100Base-TX).



En el TCP2Rs+, este puerto o interface de red lo encontramos por la parte inferior, es la conexión a la red Ethernet que tiene este dispositivo ya que no se puede conectar vía wifi, solo se puede enrutar mediante una conexión con cable RJ45 como se indica en la figura.



Figura 3.10. Interface de red.

3.1.5.5. Configuración:

Este capítulo describe los pasos necesarios para poner en marcha el TCP2RS. Existen dos métodos para comunicar con el conversor TCP2RS y configurar la dirección IP:

- Acceso por red: Haciendo un telnet al puerto 9999.
- Acceso por puerto serie: Conectar un terminal o PC con un programa emulador de terminal directamente al puerto serie del TCP2RS.

Es importante tener en cuenta los siguientes puntos antes de empezar a configurar el TCP2RS:

La dirección IP del TCP2RS tiene que ser configurada antes de que se pueda establecer una conexión por red.

Sólo se puede establecer una conexión al puerto 9999 a la vez. Se elimina la posibilidad de que varias personas intenten configurar el TCP2RS simultáneamente.

No se puede desactivar el acceso a este puerto, pero se puede proteger con contraseña.



Del mismo modo, únicamente se puede conectar un terminal al puerto serie.

Nos aparecen los manuales de configuración del dispositivo, para poder configurarlo desde nuestro PC.

➔ SALIR EXIT

TCP2RS+



- MANUALES TÉCNICOS
TECHNICAL MANUALS
- SOFTWARE CONFIGURACIÓN
CONFIGURATION SOFTWARE
- SOFTWARE TEST
TEST SOFTWARE

ACROBAT READER
www.circutor.com



Tecnología para la eficiencia energética
Technology for electrical energy efficiency

➔ SALIR EXIT

TCP2RS+



- MANUALES TÉCNICOS
TECHNICAL MANUALS
- SOFTWARE CONFIGURACIÓN
CONFIGURATION SOFTWARE
- SOFTWARE TEST
TEST SOFTWARE

ACROBAT READER
www.circutor.com



Tecnología para la eficiencia energética
Technology for electrical energy efficiency



Descripción de la instalación



Dando al software de configuración nos hipervincula a la siguiente dirección donde están las instrucciones para como configurarlo y el .exe ejecutable (IPSetup.exe) para su configuración. Lo descargamos y lo ejecutamos:

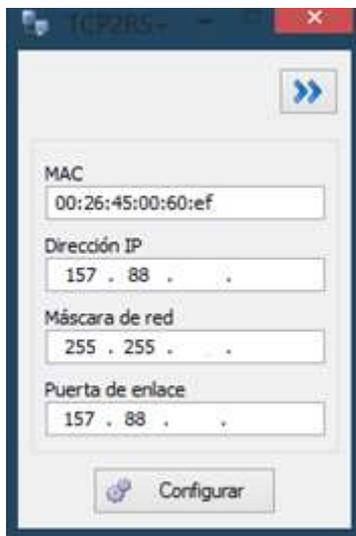
Índice de C:\Users\Agustín\Desktop\TFG\Docs\software_configuracion\

Nombre	Tamaño	Fecha de modificación
[directorio principal]		
IPSetup.exe	187 kB	25/11/13 16:32:48
LEEME.txt	138 B	8/1/14 17:20:14
README.txt	138 B	8/1/14 17:20:34
vcredist_x86.exe	8.6 MB	24/1/13 17:05:54

Al ejecutarlo nos sale lo siguiente:



Nuestro dispositivo es el de la derecha, pinchamos sobre él.



Pulsamos configuración para configurar el equipo, los datos son la MAC que viene en el dispositivo, la IP que la de la universidad en este caso y la máscara de red, la puerta de enlace es la misma que la IP pero con otra terminación, siempre y cuando ésta esté disponible. Una vez con estos datos damos a configurar. Habremos configurado el equipo para dirigirnos a él a través de la red de internet con una dirección IP, ahora configuraremos la forma de la comunicación.



Para la conexión física del conversor TCP2RS+ a una red Ethernet, el dispositivo está equipado con una conexión 10BaseT / 100Base TX autodetectable (mediante un cable RJ45). Para su configuración dispone de una página web interna, desde la cual el usuario define el protocolo de red con el cual se realiza la comunicación con el software de gestión o máster del sistema de comunicación.

3.1.5.5.1. Direccionamiento Ethernet:

Dado que la conexión del equipo hacia el sistema maestro de comunicación se realiza mediante conexión IP, deben configurarse los parámetros de direccionamiento. Los modos de configuración serán mediante la asignación de una IP fija, o bien la configuración de un nombre DHCP. En este caso se hace con la IP fija, la IP que posee la universidad de Valladolid es fija.

3.1.5.5.2. Asignación del direccionamiento Ethernet:

Para la configuración del direccionamiento IP en cualquiera de sus formatos disponibles, se realiza con el ejecutable *IPSetup.exe* suministrado con el equipo.

Dirección IP por defecto:

El TCP2RS viene configurado en DHCP. Si se dispone de un servidor DHCP, este asignará automáticamente una dirección IP, puerta de enlace y máscara de subred al TCP2RS cuando éste se reinicie.

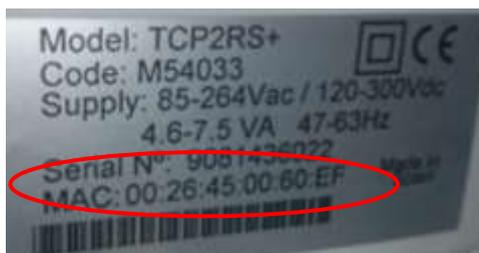
Esta dirección no aparecerá en la pantalla de configuración del TCP2RS, sin embargo, al entrar en Modo Monitor desde el puerto serie (ver Modo Monitor), y se envía el comando NC, se visualizará la configuración IP del TCP2RS.

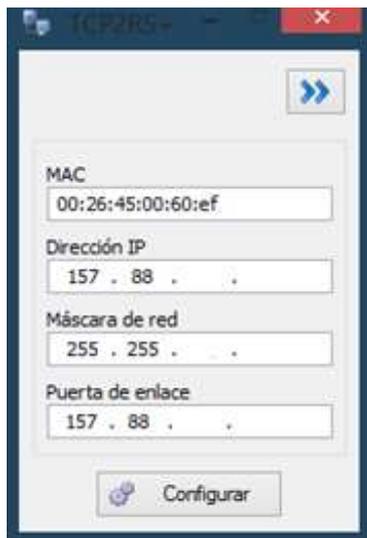
Configuración de la dirección ip:

La dirección IP del TCP2RS debe ser configurada para que se pueda acceder a través de red. Si la dirección IP no ha sido asignada automáticamente por DHCP, se tendrá que configurar usando un puerto de red o serie.

3.1.5.5.3. Asignación IP Fija:

Para la asignación de la IP fija debe introducir la dirección MAC visible de la etiqueta lateral indeleble adherida al dispositivo y cuyo formato es del tipo 00:26:45:XX:XX:XX.





3.1.5.5.4. Configuración por puerto serie:

Los parámetros de comunicación del bus serie son totalmente configurables, en cuanto al tipo de Interface serie (RS-485 / RS-232), velocidad de transmisión (desde 4.800 bps hasta 115,2 kbps), bits de datos (7 ó 8), paridad (sin, par o impar) y bit de stop (1 ó 2). Seleccionado el protocolo de comunicación Modbus/TCP, los bits de datos quedan configurados por defecto a 8.

En el campo Dirección introduzca la Dirección IP a configurar; se realiza la misma operación con la máscara de red (Netmask) y puerta de enlace en caso necesario (Gateway). Introducida la configuración del dispositivo, presione “Configurar” para enviar la configuración al equipo.

1. Conectar un terminal o PC con un emulador de terminal al puerto serie del TCP2RS. La configuración por defecto del puerto serie a utilizar es 9600 baudios, 8 bits de datos, sin paridad, 1 bit de parada.

2. Para entrar en el modo de configuración, se debe quitar y volver a suministrar la alimentación al equipo.

Cuando se vuelva a suministrar alimentación al equipo, se inicia un test interno, el led rojo de diagnóstico empezará a parpadear y se dispondrá de un segundo para introducir tres “x” minúsculas.

Nota: El mejor método para entrar en el modo de configuración es mantener pulsada la tecla “x” mientras devuelve a suministrar alimentación al equipo.

3. Selecciona 1 (Network/IP Settings) y seguir las indicaciones hasta llegar a la dirección IP.

4. Introducir la nueva dirección IP.

5. Selecciona S para guardar la configuración y salir del modo de configuración.

6. El TCP2RS realizará un reset.



Esta configuración se ha hecho con un simulador en labview sobre comunicaciones serie.

La página web que se crea con esa dirección IP asignada donde vamos a configurar los datos de la comunicación es la siguiente:

Escribimos en el navegador web: <http://157.88.64.238> y nos mostrará los siguiente:



Serial port setup

Interface	485
Baud rate	9600
Data bits	8
Parity	None
Stop bits	1

Aquí seleccionamos el Interface en este caso es una conexión serie con puerto RS-485, el número de baudios es de 9600 por segundo, este dispositivo permite hasta 19200 baudios por segundo. El número de bits ha de ser 8, lo hemos configurado sin paridad y tan solo un bit de stop.

3.1.5.5.5. Configuración protocolos de red:

Protocolo TCP:

En la pila de protocolos TCP/IP, TCP es la capa intermedia entre el protocolo de internet (IP) y la aplicación. Habitualmente, las aplicaciones necesitan que la comunicación sea fiable y, dado que la capa IP aporta un servicio de datagramas no fiable (sin confirmación), TCP añade las funciones necesarias para prestar un servicio que permita que la comunicación entre dos sistemas se efectúe libre de errores, sin pérdidas y con seguridad.

Protocol setup

Protocol	TCP
Port	10001
Packing timeout	10

- *Protocol:* Modo TCP

- *Port:* Número de puerto TCP destino (para este nuestro caso es el puerto 3389).

**En ningún caso puede configurarse el puerto 80, por tratarse del puerto Web de configuración.*

- *Packing timeout:* tiempo máximo de espera.

Protocolos de red:

El TCP2RS utiliza el protocolo IP para las comunicaciones en red. Los protocolos soportados son ARP, MODBUS/TCP, ICMP, Telnet, TFTP, DHCP, HTTP y SNMP. Para conexiones al



Descripción de la instalación



puerto serie, se usan protocolos MODBUS/TCP o Telnet. Para actualizar el software interno del equipo se puede hacer usando el protocolo TFTP.

El protocolo IP define el direccionamiento, enrutado y manipulación de datos a través de la red. El protocolo MODBUS/TCP asegura que no se pierdan o dupliquen datos, y que todo lo que es enviado llega a su destino correctamente.

Algoritmos de empaquetado:

Mediante software, podemos elegir 2 algoritmos de empaquetado distintos, los cuales definirán como y cuando son enviados los paquetes a la red. El algoritmo estándar está optimizado para aplicaciones en las que el TCP2RS es usado en pequeñas redes locales, permitiendo esperas muy bajas y manteniendo el envío de paquetes muy constante. El otro algoritmo de empaquetado minimiza la frecuencia de envío de los paquetes en la red, y está especialmente diseñado para aplicaciones en redes WANs o enrutadas. Ajustando los parámetros en este modo, podemos optimizar la red.

Dirección hardware (MAC):

La dirección Ethernet es la dirección hardware del equipo o también llamada dirección MAC. Esta dirección viene fijada de fábrica y en cada equipo es diferente. Los bytes cuarto, quinto y sexto son los que definen cada TCP2RS.



Dirección IP::

Cada equipo conectado a una red IP debe tener una única dirección IP. Esta dirección es usada para distinguir cada equipo.

Número de puerto:

Cada conexión MODBUS/TCP está definido por una dirección IP destino y un número de puerto.

El equipo puede conectarse al sistema maestro de comunicación mediante tres tipos de protocolo de red y a un puerto configurable (TCP, UDP, Modbus/ TCP). En el caso del protocolo Modbus/TCP la modificación del puerto quedará inhabilitada, quedando fijado en el 502. En nuestro caso nos conectaremos con el protocolo TCP con el puerto 3389 y con un tiempo máximo de espera de 10 segundos.



Protocol setup

Protocol	TCP
Port	
Packing timeout	10

La configuración del protocolo de comunicación, protocolo entre el dispositivo y software de comunicación, puede ser UDP, TCP o ModbusTCP. También configuro el puerto y el tiempo de empaquetado de los bits.

Network setup

Host name	tcp2rs-450060ef
DHCP	<input type="radio"/> On <input checked="" type="radio"/> Off
Address	157.88
Netmask	255.255
Gateway	157.88
Primary DNS server	
Secondary DNS server	

Security setup

Password	<input type="radio"/> On <input checked="" type="radio"/> Off
New password	
Repeat password	

Information

MAC	00:26:45:00:60:EF
Version	1.3 upgrade

Como la configuración va a ser con IP fija, el DHCP lo pongo en off.

Realizada cualquier modificación de los apartados anteriores, es necesario salvar la información mediante la opción "Save Setup". En caso de querer volver a la configuración de defecto, seselecciona "Load default setup".

Save setup

Load default setup

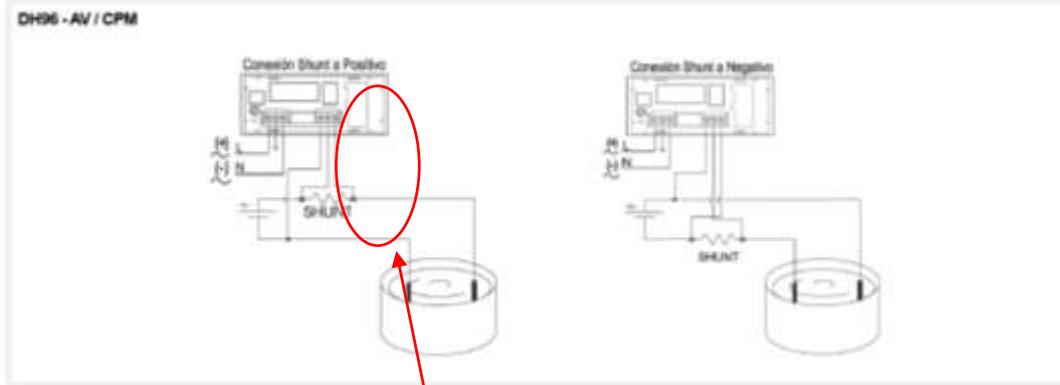
3.2. Cableado:

3.2.1. Conexión equipos-transductor:

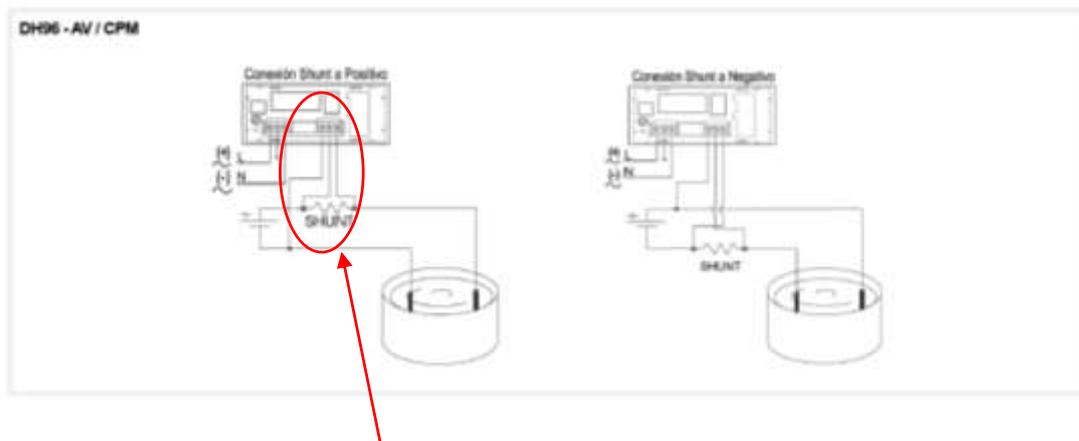
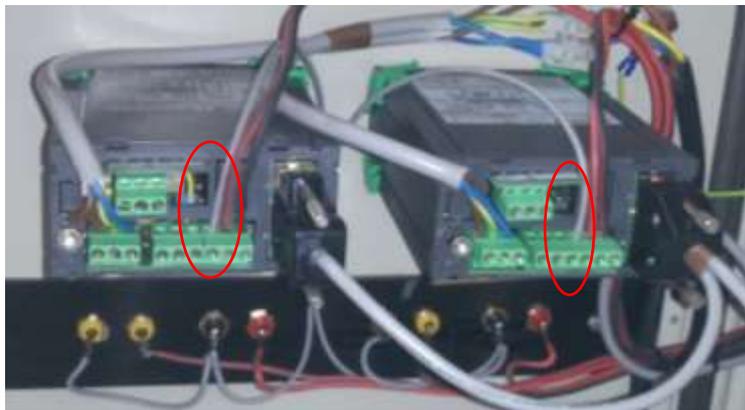
Como ya se ha mencionado y se sabe, tanto el aerogenerador como el panel solar fotovoltaico generan en corriente continua, estos equipos van conectados a unos transductores de medida mediante un cable fino de 1,5 mm² de sección se conecta a los transductores en serie por el terminal izquierdo que tiene y con ello se mide directamente la corriente que cada equipo genera.



Descripción de la instalación



Colocando en serie el transductor por el pasará la corriente (en continua que se genera en cada instante).

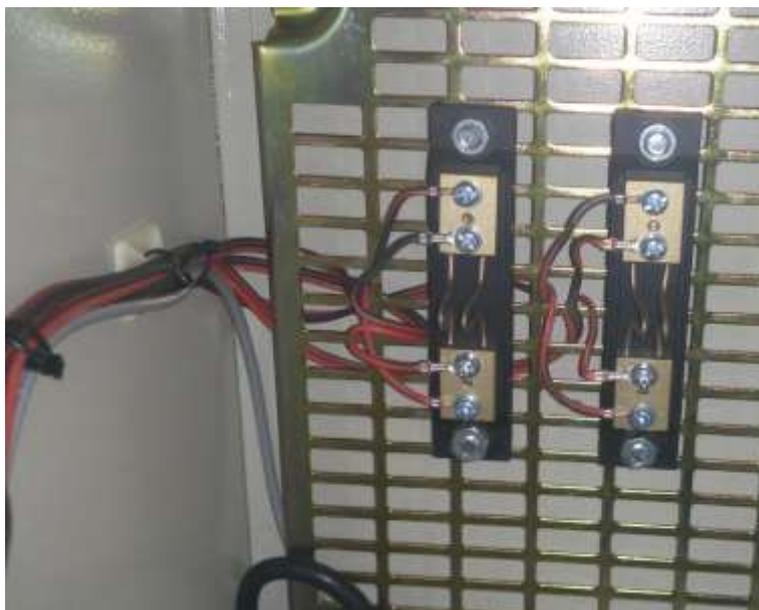




Descripción de la instalación



Las resistencias shunt son las que se muestran a continuación:





3.2.2. Conexión equipos-inversor-red:



Como se muestra en la figura la instalación de conexión a red se puede dividir en dos apartados, por un lado la conexión a red del aerogenerador y por otro lado la conexión a red del panel solar fotovoltaico.

Como he comentado anteriormente, el aerogenerador genera en corriente alterna, pero no se puede inyectar directamente a red porque el viento no es una fuente de generación constante, y la frecuencia a la que se genera la corriente es variable, y no constante de 50 hertzios, a veces coincidiría, pero no sería fiable puesto que la frecuencia aquí en la red de distribución de energía eléctrica ha de ser de 50 Hz, entonces lo que se hace es conectar a la salida del aerogenerador un convertidor, que convierte esta corriente a corriente continua. Más adelante conectamos el inversor que se ha especificado anteriormente y se transforma la corriente continua a corriente alterna de 50Hz, y se inyecta a la red.

Por otro lado la energía que genera el panel solar es en corriente continua, y por ello para inyectarlo a red hay que convertirlo a alterna, pero como el rango de potencias y de tensiones no coincide con el del aerogenerador, no hay ninguna compatibilidad ni posibilidad de conectar al mismo inversor por lo cual se coloca otro inversor en este caso un inversor M215 de características descritas anteriormente que son compatibles con las del panel solar.

3.2.3. Interface RS-485:

Comunicación con un cable serie: Para una comunicación con puerto serie el protocolo que se utiliza es el RS-232. El protocolo RS-232 es una norma o estándar mundial que rige los parámetros de uno de los modos de comunicación serial. Por medio de este protocolo se estandarizan las velocidades de transferencia de datos, la forma de control que utiliza dicha transferencia, los niveles de voltajes utilizados, el tipo de cable permitido, las distancias entre equipos, los conectores, etc.



Además de las líneas de transmisión (Tx) y recepción (Rx), las comunicaciones seriales poseen otras líneas de control de flujo (Hands-hake), donde su uso es opcional dependiendo del dispositivo a conectar.

A nivel de software, la configuración principal que se debe dar a una conexión a través de puertos seriales RS-232 es básicamente la selección de la velocidad en baudios (1200, 2400, 4800, etc.), la verificación de datos o paridad (paridad par o paridad impar o sin paridad), los bits de parada luego de cada dato (1 ó 2), y la cantidad de bits por dato (7 ó 8), que se utiliza para cada símbolo o carácter enviado.

Además de transmitirse los datos de una forma serie asíncrona son necesarias una serie de señales adicionales, que se definen en la norma. Las tensiones empleadas están comprendidas entre +15/-15 voltios.

Existe una variante de RS-232 denominada bus de transmisión RS-485 (también conocido como EIA-485). Está definido como un sistema en bus de transmisión multipunto diferencial. La diferencia principal que existe entre el bus RS-232 y RS-485 es que con el primer bus la comunicación es entre dos equipos, mientras que en el segundo la comunicación puede ser hasta con 31 dispositivos.

La distancia que separa los dispositivos es mayor para el puerto RS-485. Se puede decir que este puerto es ideal para transmitir a altas velocidades sobre largas distancias y reduciendo los ruidos que aparecen en la línea de transmisión.

El medio físico de transmisión es un par entrelazado que admite hasta 32 estaciones en 1 solo hilo, con una longitud máxima de 1.200 metros operando entre 300 y 19.200 bps y la comunicación half-duplex (semiduplex). La transmisión diferencial permite múltiples drivers dando la posibilidad de una configuración multipunto. Al tratarse de un estándar bastante abierto permite muchas y muy diferentes configuraciones y utilidades.

Para mantener el envío confiable de datos a través de grandes distancias y a altas velocidades, y superar la limitación que tiene el estándar RS-422 y RS-232 de no poder conectarse con topología de bus a varios terminales, se desarrolló el estándar RS-485.

En RS-485 la velocidad máxima de transferencia de datos es de 10Mbits/s y la máxima longitud de cable es de 1200 metros.

Conexión multipunto: Por medio de esta conexión cada dispositivo puede enviar y recibir información hacia y desde todos y cada uno de los demás dispositivos conectado al bus. La conexión multipunto utilizando el estándar RS-485 se aprecia en la figura 3.11.

Cuando un dispositivo desea enviar información su driver debe estar habilitado y los drivers de los demás dispositivos no, además el receiver del dispositivo que envía información se deshabilita y los demás receivers en el bus tienen que habilitarse. Esta configuración permite que cualquier dispositivo en un momento dado sea un maestro y los demás esclavos.



Descripción de la instalación

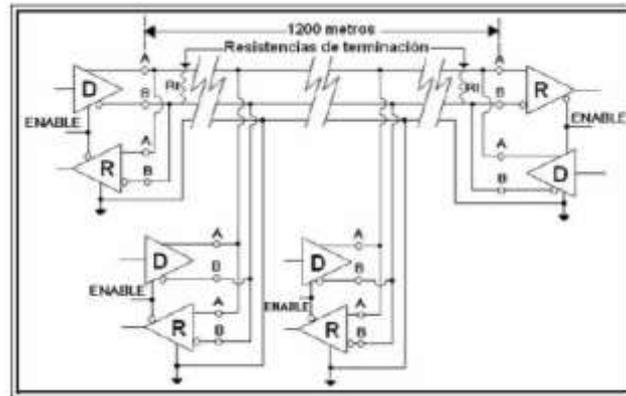


Figura 3.11. Configuración multipunto de dos hilos para RS-485.

El RS485, es un protocolo de comunicación serial, es usado como sistema de interconexión entre dispositivos a grandes distancias y funciona en ambientes eléctricamente ruidosos sin problema alguno. Existen dos opciones para crear una red RS-485:

- Usando 4 cables, llamada full-duplex.
- Usando 2 cables, llamada half-duplex.

Comunicación RS-485 a cuatro hilos (full-duplex): Dos dispositivos pueden comunicarse serialmente usando dos cables, uno llamado receptor (Rx) y otro llamado transmisor (Tx), pues basta con agregar un dispositivo electrónico llamado transceptor (*transceiver*) para protocolo RS-485. Este chip es capaz de manejar la recepción y transmisión de datos con los niveles de voltaje requeridos en la especificación que se ha definido para el protocolo RS-485.

Observe la figura, el transceptor se conecta a las terminales Tx y Rx de un dispositivo serial, para así tener lista la conexión RS-485 a 4 hilos.

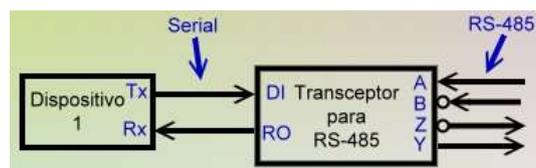


Figura 3.12. Conexión RS-485 a dos hilos.

En la siguiente figura, se observa la conexión para formar la red RS-485, con únicamente dos dispositivos seriales.



Figura 3.13. RS-485 con únicamente dos dispositivos seriales.



Descripción de la instalación



Ese es el hardware necesario para la comunicación RS485 a 4 hilos, el transmisor y receptor son totalmente independientes, en un instante ambos pueden estar transmitiendo y

recibiendo información, por eso es llamado “full-duplex” pues es más rápida este tipo de conexión que su contraparte, la conexión RS-485 a 2 hilos.

Comunicación RS-485 a dos hilos (half-duplex): La otra conexión posible es la de dos hilos, en este caso se usa igual un transceptor para RS-485, pero que sea para dos hilos, la diferencia, es que a dos hilos, el transmisor y el receptor nunca están funcionando en el mismo instante, o el dispositivo transmite información o la recibe, pero nunca al mismo tiempo. Este tipo de conexión, es más lenta que usando la conexión RS-485 a 4 hilos, pero solo requerimos de dos simples cables, esa es una ventaja que hay que tener en cuenta, a la hora de diseñar el hardware. La figura siguiente muestra dos dispositivos conectados para funcionar con la especificación RS-485 a dos hilos, observe como es necesaria una línea más de control.



Figura 3.14. Conexión RS-485 con dos dispositivos.

La ventaja en modo “half dúplex” es que requiere solamente dos cables para su conexión, lo que ahorra en cableado, sobre todo si son largas las distancias entre los dispositivos.

Otra característica de la conexión RS-485, es la posibilidad de conectar más dispositivos a la misma red, es decir, que puedo conectar a los dos hilos del RS-485 una gran cantidad de dispositivos electrónicos, anteriormente los transceptores, soportaban solamente 32 dispositivos en la misma red, ahora hay chips que soportan muchos más.

Generalmente, cuando se conectan en la red varios dispositivos uno de ellos es llamado maestro y los otros esclavos, observe la figura siguiente, muestra la conexión RS-485 de dos hilos con varios esclavos, en la figura por simplicidad no se muestra el transceptor.

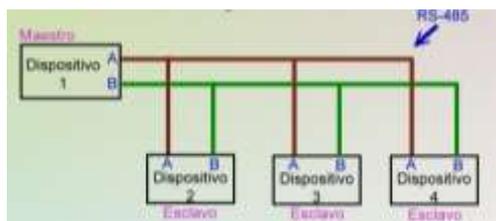


Figura 3.15. Conexión RS-485 a dos hilos con varios esclavos.



3.2.3.1. Cableado del bus RS-485:

El estándar RS-485 define un bus para la transmisión serie multipunto, donde, en un instante, puede haber un equipo transmitiendo y varios recibiendo. La comunicación es semiduplex, de forma que un equipo puede enviar y recibir, pero no a la vez. El cableado básico consiste en un par de hilos de cobre trenzados sobre el que se transmite una señal diferencial para enviar los bits de datos, que es bastante inmune a las interferencias y admite largas distancias. Además del par trenzado para datos, pueden usarse líneas de 0V y 5V para alimentar dispositivos del bus. Los bits se transmiten mediante una trama asíncrona.

Se utiliza un par trenzado de cobre con un par de conductores con apantallamiento:

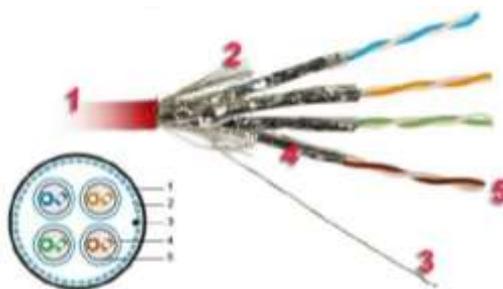


Figura 3.16. Cable de comunicación RS-485.

A continuación se describen los parámetros que se pueden configurar para MODBUS, que será el protocolo usado.

- *Tipo (Esclavo, Maestro)*. Selecciona el modo de MODBUS con que el software accederá al puerto serie. Hay que tener en cuenta que en un momento dado, en una conexión o bus serie solo debe haber un dispositivo maestro.
- *Maestro: Retardo de respuesta (10ms-10s, en pasos de 10ms)*. Indica el tiempo transcurrido entre la petición inicial enviada por el maestro y un intento repetido de ésta en caso de que el esclavo no responda. Este tiempo debe ser como poco el máximo tiempo entre el envío del último carácter de una petición del maestro y la recepción del primer carácter de respuesta del esclavo. La longitud del cable afectará al tiempo mínimo que conviene escoger, debido al retardo de propagación de la señal.
- *Esclavo: Número de esclavo (1-247)*. Indica la dirección del esclavo para MODBUS. En configuraciones multipunto (con un maestro y más de un esclavo) se usan las direcciones 1 a 247. El valor 248 se utiliza sólo para conexiones punto a punto (un maestro y un esclavo). Cada esclavo debe tener una dirección diferente al resto.
- *Línea Física (RS-232, RS-485)*. Especifica qué tipo de líneas físicas del puerto serie se van a utilizar.
- *Velocidad de transmisión (300, 600, 1.200, 2.400, 4.800, 9.600, 19.200 y 38.400 bps)*. Es la velocidad de transmisión que se usará para el puerto serie, y que debe ser igual a la configurada en los otros dispositivos del bus.
- *Retardo entre bloque de datos (2ms - 3.413ms)*. Indica el tiempo mínimo que puede separar dos tramas en la recepción. Este valor debe ajustarse en función de la velocidad.



Descripción de la instalación



Según el estándar de MODBUS, para velocidades de hasta 19.200bps, el tiempo entre tramas debe ser como mínimo 3,5 veces la duración de un carácter, y para velocidades superiores se recomienda un tiempo fijo de 1,75ms. La duración de un carácter depende de la velocidad (V_t) y el número de bits (N) según N/V_t .

- *Datos* (ASCII, RTU). Selecciona el formato para las tramas de MODBUS serie.
- *Parada*: (1, 2). Permite introducir el número de bits de parada utilizados en la comunicación, que debe ser igual a la configurada en los otros dispositivos del bus.
- *Paridad* (par, impar, ninguna). Permite determinar si se agrega un bit de paridad, así como su tipo. El bit de paridad permite al equipo receptor de una trama de datos determinar si los bits de datos son correctos, o ha habido una alteración en uno de ellos. Esta configuración debe ser igual a la configurada en los otros dispositivos del bus.

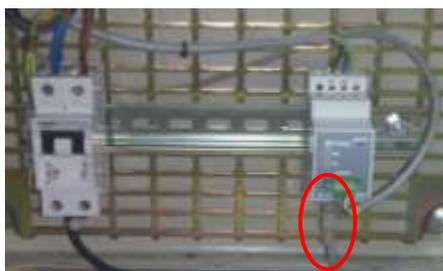
3.2.4. Interface RJ45-Router-wifi:

Es una interfaz física comúnmente utilizada para conectar redes de computadoras con cableado estructurado (categorías 4, 5, 5e, 6 y 6a). Posee ocho pines o conexiones eléctricas, que normalmente se usan como extremos de cables de par trenzado (UTP).



Figura 3.17. Cable de comunicación RJ45.

Este tipo de cable es utilizado para conectar el TCP2RS+ con el router de internet para ya que no posee wifi y la conexión solo se puede hacer mediante este cable.



Este cable lo utilizo para conectar el ordenador donde voy a ejecutar el programa con la red de internet, también lo puedo hacer a través de wifi.

3.2.5. Ethernet:

Ethernet (también conocido como estándar IEEE 802.3) es un estándar de transmisión de datos para redes de área local. Todos los equipos de una red Ethernet están conectados a la misma línea de transmisión y la comunicación se lleva a cabo por medio de la utilización un



Descripción de la instalación



protocolo denominado CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detect que significa que es un protocolo de acceso múltiple que monitorea la portadora: detección de portadora y detección de colisiones, Acceso Múltiple por Detección de Portadora con Detección de Colisiones), es una técnica usada en redes Ethernet para mejorar sus prestaciones. El nombre viene del concepto físico de ether. Ethernet define las características de cableado y señalización de nivel físico y los formatos de tramas de datos del nivel de enlace de datos del modelo OSI. Las tecnologías Ethernet que existen se diferencian en estos conceptos:

- Velocidad de transmisión: Es la velocidad a la que transmite la tecnología.
- Tipo de cable: Es la tecnología del nivel físico que usa la tecnología.
- Longitud máxima: Es la distancia máxima que puede haber entre dos nodos adyacentes (sin estaciones repetidoras).
- Topología: Determina la forma física de la red. Bus si se usan conectores T (hoy sólo usados con las tecnologías más antiguas) y estrella si se usan hubs (estrella de difusión) o switches (estrella conmutada).

A continuación se especifican los anteriores conceptos en las tecnologías más importantes.

Tipo	Velocidad de transmisión	Estándar IEE	Tipo de cable	Tipo PHY	Distancia
Ethernet	10Mbps	802.3	Cobre(UTP) Fibra(MMF)	10 Base-T 10 Base-FL	100m 2Km
Fast Ethernet	100Mbps	802.3u	Cobre(UTP) Fibra(SMF/MMF)	100Base-TX 100Base-FX	100m 60Km/2Km
Ethernet Gigabit	1000Mbps	802.3ab/z	Cobre(UTP) Fibra(MMF) Fibra(SMF) Fibra(SMF)	1000Base-CX 1000Base-SX 1000Base-LX 1000Base-LH	100m 550m 10Km 70Km
Ethernet de 10 Gigabit	10000Mbps	802.3ae	Fibra(LAN-PHY) SDH(WAN-PHY) DWDM Cobre(InfiniBand) Cobre (UTP)	10GBase-R 10GBase-W 10GBase-LX4 10GBase-CX 10GBase-T	10-40Km 10-40Km 0.3-10Km 15-20Km 20-100m

Tabla 3.10. Comparativas Ethernet.

En la actualidad se vive una auténtica revolución en cuanto a su desplazamiento hacia las redes industriales. Es indudable esa penetración. Diversos buses de campo establecidos como Profibus, Modbus etc. han adoptado Ethernet como la red apropiada para los niveles



Descripción de la instalación



superiores. En el presente proyecto, se utiliza el protocolo Modbus RTU con una interfaz TCP que funciona en Ethernet, puesto que con el convertidor TCP2RS+, que actuará como pasarela de cambio de protocolos, aunque la trama queremos que sea la misma lo que se va a transmitir son los datos con protocolo Modbus RTU a través de una línea Ethernet, y para ello es necesario la utilización del protocolo Modbus over TCP o lo que es lo mismo Modbus en formato RTU pero con paquetes de comunicación TCP/IP. TCP se refiere al Protocolo de Control de Transmisión e IP se refiere al Protocolo de Internet. Utiliza Ethernet para soportar datos de la estructura de mensajes Modbus entre dispositivos compatibles.

Con este protocolo (protocolo TCP), cualquier equipo está autorizado a transmitir a través de la línea en cualquier momento y sin ninguna prioridad entre ellos. Esta comunicación se realiza de manera simple:

- Cada equipo verifica que no haya ninguna comunicación en la línea antes de transmitir.
- Si dos equipos transmiten simultáneamente, entonces se produce una colisión (o sea, varias tramas de datos se ubican en la línea al mismo tiempo).
- Los dos equipos interrumpen su comunicación y esperan un período de tiempo aleatorio, luego una vez que el primero ha excedido el período de tiempo, puede volver a transmitir.

Ethernet es el protocolo por el cual se comunican ordenadores en un entorno de red local, es decir, es el sistema que normalmente se utiliza para comunicar ordenadores entre sí dentro de una industria, y por ello su idoneidad será vital para poder disponer de esos datos que tanto necesitamos. Este protocolo permite compartir la información y manejar completamente un ordenador o cualquier tipo de maquinaria desde otro. Además, podremos compartir el acceso a internet, de forma que con una sola conexión a internet puedan trabajar varios ordenadores. Todo ello ha abierto las puertas a algo fundamental, la disponibilidad de información remota y en tiempo real. Debidamente procesada, la información sobre el funcionamiento de una planta industrial puede estar disponible en cualquier momento y en cualquier sitio, de hecho Ethernet, es la norma en muchas factorías en todo el mundo. Se usa también cuando se requieren altos niveles de comunicaciones extendiendo la tecnología desde dispositivos tan simples como los sensores.

Todos los tipos de buses se están moviendo también a Ethernet.

Datos técnicos de Ethernet

La velocidad de transferencia habitual se sitúa entre los 10/100 Mbit/seg. El dispositivo de menor velocidad determina la de todo el bus.

Los medios de transmisión más utilizados son eléctricos como el cable triaxial. En las Ethernet Industriales resulta común encontrar como medio físico redes eléctricas, donde se



implementa cable de par trenzado (TP). Se trata de cable de 4 hilos trenzados por pares, que resulta especialmente seguro ante interferencias (doble apantallamiento), con unos niveles de coste bastante favorables. A menudo se implementa en estructuras en estrella y lineales.

También existen redes se utiliza cable de fibra óptica, el cual puede ir en estructuras lineales, en estrella o en anillo con elevados alcances.

Algunas de sus principales ventajas radican en el hecho de que para este tipo de tecnología no existe la posibilidad de interferencias debidas a perturbaciones electromagnéticas, adicionalmente se tiene alta disponibilidad en estas redes gracias a su arquitectura de anillos redundantes. El número de usuarios que soporta habitualmente es de 1.024.

Ventajas del uso de Ethernet:

- Capaz de gestionar gran cantidad de datos.
- Cubre grandes distancias.
- Trabaja con múltiples tipos de dispositivos. (ordenadores, dispositivos de control...)
- Permite múltiples tipos de comunicaciones.
- Transferencia segura de datos.
- Ahorros importantes de costes.

Desventajas del uso de Ethernet:

Dentro de algunos de los inconvenientes más sobresalientes en este tipo de redes está el hecho de que se trata de sistemas no determinísticos, hecho que puede llegar a estar asociado a particularidades del ambiente industrial como los golpes y vibraciones, los cambios de temperatura, los ambientes corrosivos, la existencia de armónicos de la red eléctrica, procesos transitorios etc.

Otro de los grandes problemas de este tipo de red es que no dan ninguna garantía de cumplir con unos tiempos límites determinados, es decir que no podemos decir que operen en tiempo real.

Formato de la trama Ethernet:

La trama es lo que se conoce también por el nombre de "frame".

- El primer campo es el preámbulo que indica el inicio de la trama y tienen el objeto de que el dispositivo que lo recibe detecte una nueva trama y se sincronice.
- El delimitador de inicio de trama indica que el frame empieza a partir de él.
- Los campos de MAC (o dirección) de destino y origen indican las direcciones físicas del dispositivo al que van dirigidos los datos y del dispositivo origen de los datos, respectivamente.
- La etiqueta es un campo opcional que indica la pertenencia a una VLAN o prioridad en IEEE P802.1p



- Ethernettype indica con que protocolo están encapsulados los datos que contiene la Payload, en caso de que se usase un protocolo de capa superior.
- La Payload es donde van todos los datos y, en el caso correspondiente, cabeceras de otros protocolos de capas superiores (Según Modelo OSI) que pudieran formatear a los datos que se tramiten (IP, TCP, etc). Tiene un mínimo de 46 Bytes (o 42 si es la versión 802.1Q) hasta un máximo de 1500 Bytes.
- La secuencia de comprobación es un campo de 4 bytes que contiene un valor de verificación CRC (Control de redundancia cíclica). El emisor calcula el CRC de toda la trama, desde el campo destino al campo CRC suponiendo que vale 0. El receptor lo recalcula, si el valor calculado es 0 la trama es válida, al igual que ocurre en el protocolo y tramas Modbus RTU.
- El gap de final de trama son 12 bytes vacíos con el objetivo de espaciado entre tramas.

Estructura de la trama de 802.3 Ethernet								
Preámbulo	Delimitador de inicio de trama	MAC de destino	MAC de origen	802.1QEtiqueta(opcional)	Ethertype (Ethernet II) o longitud (IEEE 802.3)	Payload	Secuencia de comprobación(32-bit CRC)	Gap entre frames
7 Bytes	1 Byte	6 Byte	6 Bytes	(4 Bytes)	2 Bytes	De 46 (o 42) hasta 1500 Bytes	4 Bytes	12 Bytes
64–1522 Bytes								
72–1530 Bytes								
84–1542 Bytes								

Tabla 3.11. Estructura de la trama Ethernet.

Tecnología y velocidad de Ethernet:

Hace ya mucho tiempo que Ethernet consiguió situarse como el principal protocolo del nivel de enlace. Ethernet 10Base2 consiguió, ya en la década de los 90s, una gran aceptación en el sector. Hoy por hoy, 10Base2 se considera como una "tecnología de legado" respecto a 100BaseT. Hoy los fabricantes ya han desarrollado adaptadores capaces de trabajar tanto con la tecnología 10baseT como la 100BaseT y esto ayuda a una mejor adaptación y transición.

Las tecnologías Ethernet que existen se diferencian en estos conceptos:

Velocidad de transmisión

- Velocidad a la que transmite la tecnología.

Tipo de cable

- Tecnología del nivel físico que usa la tecnología.

Longitud máxima



Descripción de la instalación



- Distancia máxima que puede haber entre dos nodos adyacentes (sin estaciones repetidoras).

Topología

- Determina la forma física de la red. Bus si se usan conectores T (hoy sólo usados con las tecnologías más antiguas) y estrella si se usan hubs (estrella de difusión) o **switches** (estrella conmutada).

A continuación se especifican los anteriores conceptos en las tecnologías más importantes:

Tecnologías Ethernet				
Tecnología	Velocidad de transmisión	Tipo de cable	Distancia máxima	Topología
10Base2	10 Mbit/s	Coaxial	185 m	Bus (Conector T)
10BaseT	10 Mbit/s	Par Trenzado	100 m	Estrella (Hub o Switch)
10BaseF	10 Mbit/s	Fibra óptica	2000 m	Estrella (Hub o Switch)
100BaseT4	100 Mbit/s	Par Trenzado (categoría 3UTP)	100 m	Estrella. Half Duplex (hub) y Full Duplex (switch)
100BaseTX	100 Mbit/s	Par Trenzado (categoría 5UTP)	100 m	Estrella. Half Duplex (hub) y Full Duplex (switch)
100BaseFX	100 Mbit/s	Fibra óptica	2000 m	No permite el uso de hubs
1000BaseT	1000 Mbit/s	4 pares trenzado (categoría 5e ó 6UTP)	100 m	Estrella. Full Duplex (switch)
1000BaseSX	1000 Mbit/s	Fibra óptica (multimodo)	550 m	Estrella. Full Duplex (switch)
1000BaseLX	1000 Mbit/s	Fibra óptica (monomodo)	5000 m	Estrella. Full Duplex (switch)

Tabla 3.12. Tecnologías Ethernet.

**Capítulo 4.- Monitorización de
Sistemas de generación
De energía eléctrica**



4. MONITORIZACIÓN DE SISTEMAS DE GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA:

Saber lo que genera es el primer paso para saber si una instalación de energías renovables es o no una instalación rentable. Por este motivo principalmente es interesante controlar la generación de dicha energía.

Los dispositivos que vamos a implantar, se encargarán de calcular y almacenar datos sobre la generación de energía eléctrica que se obtendrán por medio de un aerogenerador y un panel solar fotovoltaico, datos de tensión, intensidad de corriente e incluso potencia y energía generada. Todo ello para su monitorización y visualización de datos online, así como la visualización de datos históricos. Se mostrará la tensión en voltios generada para cada instante, la intensidad de corriente en amperios, la potencia instantánea en kilovatios y la generación de energía generando en watios por hora, y se almacenará en unos ficheros para su visualización en cualquier instante que se precise.

Para controlar todas estas variables, será necesario instalar un software en el ordenador personal a través de una conexión a internet Ethernet o a un Router de banda ancha, incluso por conexión WIFI. Esta aplicación nos facilita un panel de control de la generación de energía, mediante la actualización de los datos.

En particular, las ventajas más importantes de nuestro sistema de medición de parámetros eléctricos son las siguientes:

- Conocimiento íntegro y en cada instante de lo que nuestra planta está generando.
- Tener el conocimiento sin estar insitu de si hay algún fallo o error, o puede haber alguna avería en la planta.
- Analizar alternativas que permitan hacer un uso más racional y eficiente de la energía.
- Determinar la eficiencia con la que se utiliza la energía eléctrica.

El software NI LabVIEW se encargará de resolver una variedad de tareas de control y monitoreo en la industria de energía eléctrica, incluyendo comunicaciones serie para los dos equipos que controlan los parámetros correspondientes a tensión, corriente, potencia y energía generadas por medio de un panel solar fotovoltaico y por un aerogenerador, el software permitirá la visión gráfica de dichos valores, su recopilación en ficheros y la visualización de datos históricos.

Para entender el temán de la monitorización y como se ha llevado a cabo es necesario explicar unos breves conceptos sobres las comunicaciones.



4.1. Comunicaciones:

4.1.1. Introducción a las comunicaciones:

El desarrollo de la informática y su integración con las telecomunicaciones en la telemática han propiciado el surgimiento de nuevas formas de comunicación, que son aceptadas cada vez más por personas. El desarrollo de las redes informáticas permitió su conexión mutua y, finalmente, la existencia de Internet, una red de redes gracias a la cual un ordenador puede intercambiar fácilmente información con otras situadas en regiones lejanas del planeta.

Una de las características más notables en la evolución de la tecnología de los ordenadores es la tendencia a la modularidad. Los elementos básicos de un ordenador se conciben, cada vez más, como unidades dotadas de autonomía, con posibilidad de comunicación con otras computadoras o con bancos de datos.

Los datos pueden viajar a través de una interfaz serie o paralelo, formada simplemente por una conexión física adecuada, como por ejemplo un cable.

La comunicación entre dos ordenadores puede efectuarse mediante los tres tipos de conexión:

1. Conexión directa: A este tipo de conexión se le llama transferencia de datos on - line. Las informaciones digitales codificadas fluyen directamente desde una computadora hacia otra, sin ser transferidas a ningún soporte intermedio.

2. Conexión a media distancia: Es conocida como conexión off-line. La información digital codificada se graba en un soporte magnético o en una ficha perforada y se envía al centro de proceso de datos, donde será tratada por una unidad central u *host*.

3. Conexión a gran distancia: Con redes de transferencia de datos, de interfaces serie y módems se consiguen transferencia de información a grandes distancias (éste es el tipo de comunicación que predomina en el presente proyecto).

Lo que se pretende en el siguiente proyecto es establecer una comunicación entre los dispositivos de medida y un software creado en labview, para su monitorización desde un equipo que posea la instalación de dicho software o desde un dispositivo móvil.

El proyecto queda enmarcado en el ámbito de las de comunicaciones, y por ello cabe destacar la importancia que conlleva para el presente proyecto el conocimiento de una comunicación industrial.

El objetivo principal de las comunicaciones consiste en el intercambio de información (de control) entre dispositivos remotos. Dentro del concepto de comunicación industrial aparece un concepto muy importante que es el de automatización.

En la figura 4.1 se muestra la jerarquía de automatización y los distintos niveles de la pirámide de automatización.



Monitorización de sistemas de generación de energía eléctrica



Figura 4.1. Jerarquía de automatización.

Como se puede comprobar las comunicaciones industriales para poder hacerlo con un orden, tienen una jerarquía, unos niveles de automatización que son los indicados en la figura anterior.

Cuando se habla de monitorizar un sistema se tiende a establecer unos criterios y una comunicación entre dos o más dispositivos de forma automatizada y de aquí la importancia de la automatización, dentro de la automatización de un sistema es muy importante el concepto CIM (Computer Integrated Manufacturing).

CIM:

La Manufactura Integrada por Computadora (CIM), acrónimo de (Computer Integrated Manufacturing) es una filosofía y estrategia de producción, caracterizada por integrar toda la información de las distintas áreas de una empresa a través de sistemas informáticos y la utilización de equipos electrónicos para el control, supervisión y gestión de los procesos.

En la industria se emplean diferentes niveles de comunicación en función de los distintos niveles de automatización, un ejemplo de éstos se muestra en la siguiente figura:

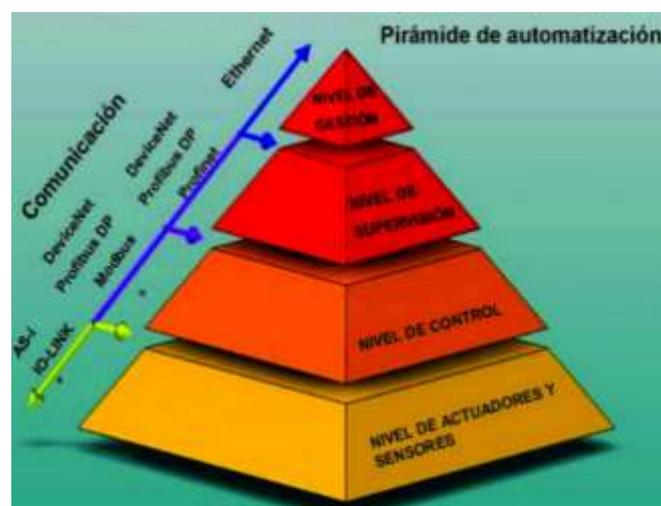


Figura 4.2. Niveles de automatización.



Nivel de Proceso: nivel donde se encuentran los dispositivos de campo (sensores y actuadores) que interactúan con el proceso. La información es tratada en forma de BIT.

Nivel de Control: control de las operaciones de los dispositivos de fabricación, tales como robots, sistemas de medición, sistemas de transporte... La información es tratada en forma de BYTE.

Nivel de Información y Manufactura (Control de Factoría): nivel que se encarga de la producción del conjunto de la factoría. La información se realiza por medio de PAQUETES DE INFORMACIÓN.

Nivel de Gestión y Administración: Se encarga de la gestión de la empresa, estableciendo las políticas de producción del conjunto de la empresa.

La velocidad de transmisión de datos es mayor cuanto más abajo estamos en la pirámide de automatización, pero la cantidad de datos que transmitimos es muy pequeña (bits). A medida que subimos en la pirámide la velocidad de transmisión disminuye y los paquetes de datos aumentan de tamaño.

El presente proyecto queda enmarcado básicamente en dos de estos niveles, el nivel de control y el nivel de gestión, con lo cual en una parte se podrá transmitir a mayor velocidad un menor número de datos y en otra al revés a menor velocidad un mayor número de datos, pero esto no es posible, se transmiten los mismo datos, lo único que la comunicación entre el TCP2RS+ y el PC se hará a mayor velocidad.

Existen distintas soluciones para la comunicación de un transductor con un PC. Antes de ver las soluciones conviene explicar dos modelos. El primero es el modelo OSI, en el cual se basan la mayoría de los sistemas abiertos de comunicación entre dispositivos, y el segundo es el modelo TCP/IP, que es el estándar más empleado en la actualidad, el cual es el fundamento de la red Internet.

4.1.2. Modelo ISO-OSI:

A finales de la década de los setenta, la Organización Internacional para la Normalización (ISO- International Organization for Standardization) empezó a desarrollar un modelo conceptual para la conexión en red al que bautizó con el nombre de Open Systems Interconnection Reference Model "Modelo de Referencia de Interconexión de Sistemas Abiertos". Se desarrolló como una arquitectura para comunicaciones entre ordenadores, con el objetivo de ser el marco



Monitorización de sistemas de generación de energía eléctrica



de referencia en el desarrollo de protocolos estándares. En los entornos de trabajo con redes se le conoce más comúnmente como el modelo OSI.

El modelo OSI divide en siete capas el proceso de transmisión de la información entre equipos informáticos, donde cada capa se encarga de ejecutar una determinada parte del proceso global. Esta estructura en capas es meramente conceptual. Se emplea para explicar el conjunto de protocolos reales como por ejemplo TCP/IP y Apple Talk.

Una pila de protocolos no es más que una jerarquía de pequeños protocolos que trabajan juntos para llevar a cabo la transmisión de los datos de un nodo a otro de la red a través de paquetes de datos.

Las capas OSI:

Las capas del modelo OSI describen el proceso de transmisión de los datos dentro de una red, el modelo se basa en siete capas:

❖ *La capa de aplicación:* La capa de aplicación proporciona la interfaz que utiliza el usuario en su ordenador; también se encarga de ofrecer acceso general a la red mediante protocolos como http (protocolo de transferencia de hipertexto). Proporciona el acceso al entorno OSI para los usuarios, también proporciona servicios de información distribuida.

❖ *La capa de presentación:* esta capa puede considerarse como el 'traductor' del modelo OSI, se encarga de tomar los paquetes creados en la capa de aplicación y convertirlos a un formato genérico que puede ser leído y comprendido por todas las computadoras. También se encargará de cuestiones como cifrar los datos (si es requerido), o comprimirlos. El paquete de datos creado en la capa de presentación contiene los datos con un formato que se mantendrá en las restantes capas inferiores del protocolo OSI en las que se irán añadiendo paquetes (cabeceras). Proporciona a los procesos de aplicación independencia respecto a las diferencias en la representación de los datos (sintaxis).

❖ *La capa de sesión:* es la encargada de establecer el enlace de comunicación o sesión entre las máquinas emisoras y receptores, una vez establecida la comunicación entre nodos, la capa se encarga de ubicar puntos de control en la secuencia de datos. De esta forma se dota de cierta tolerancia a fallos dentro de la sesión de comunicación. Si una comunicación falla y se pierde, cuando se restablezca de nuevo la comunicación solo se tendrá que volver a enviar los datos situados después del último punto de control recibido; de esta forma se evita tener que volver a enviar de nuevo todos los paquetes de la sesión. Proporciona el control de la comunicación entre las aplicaciones; establece, gestiona y cierra las conexiones (sesiones) entre las aplicaciones cooperadoras.



Monitorización de sistemas de generación de energía eléctrica



❖ *La capa de Transporte:* la capa de transporte es la encargada de controlar el flujo de datos entre los nodos que establecen las comunicaciones, los datos deben entregarse sin errores y además en la secuencia adecuada. Esta capa también se encarga de evaluar el tamaño de los paquetes con el fin de que tengan el tamaño requerido por las capas inferiores y que sean capaces de gestionarlos. El tamaño de los paquetes estará determinado por la arquitectura de red empleada. Por ejemplo el nodo emisor puede enviar de una sola vez un número determinado de paquetes al nodo receptor y recibir la aceptación por parte del nodo receptor, si el número de paquetes es muy grande el nodo receptor mandaría una señal de ocupado hasta que estos sean procesados y puedan aceptar más. La capa de transporte es una verdadera comunicación extremo- extremo, es decir, un programa en la máquina emisora lleva a cabo una comunicación con un programa similar en la máquina receptora. Proporciona seguridad, transferencia transparente de datos entre los puntos finales; proporciona además procedimientos de recuperación de errores y control de flujo origen-destino.

❖ *La capa de red:* esta capa se encarga de encaminar o enrutar los paquetes de datos además de ocuparse de que sean convenientemente entregados. Es aquí donde se determina la ruta que deben seguir los datos y que el intercambio se produzca de forma efectiva. Por ejemplo los routers operan en esta capa de red y emplean sus protocolos para determinar la ruta que deben seguir los paquetes de datos. Si hay demasiados paquetes en la red al mismo tiempo, pueden aparecer problemas de choque entre ellos y que se produzcan cuellos de botella, la capa de red se encargará de controlar esta congestión. También puede ocurrir que la fuente de emisión de datos emplee un protocolo diferente a la de recepción, será la capa de red la encargada de resolver este problema para conseguir la comunicación entre redes heterogéneas. Proporciona independencia a los niveles superiores respecto a las técnicas de conmutación y de transmisión utilizadas para conectar los sistemas; es responsable del establecimiento, mantenimiento y cierre de las conexiones.

❖ *La capa de enlace de datos:* cuando los paquetes llegan a la capa de enlace de datos, estos pasan a ubicarse en tramas (unidades de datos), que vienen definidas por la arquitectura que se esté empleando (Ethernet, comunicación serie...) y que se transmiten de manera secuencial. Esta capa se encargará de desplazar los datos por el enlace físico de comunicación hasta el nodo receptor. Proporciona un servicio de transferencia de datos seguro a través del enlace físico; envía bloques de datos (tramas) llevando a cabo la sincronización, el control de errores y de flujo necesarios.

❖ *La capa física:* En esta capa física las tramas de datos procedentes de la capa de enlace de datos se convierten en una secuencia única de bits que pueden transmitirse por la red.



Monitorización de sistemas de generación de energía eléctrica



Esta capa también determina los aspectos físicos como por ejemplo el cableado. En la computadora receptora de datos, la capa física es la encargada de recibir la secuencia única de bits (1 y 0). Se encarga de la transmisión de cadenas de bits no estructurados sobre el medio físico; está relacionada con las características mecánicas, eléctricas, funcionales y de procedimiento para acceder al medio físico.

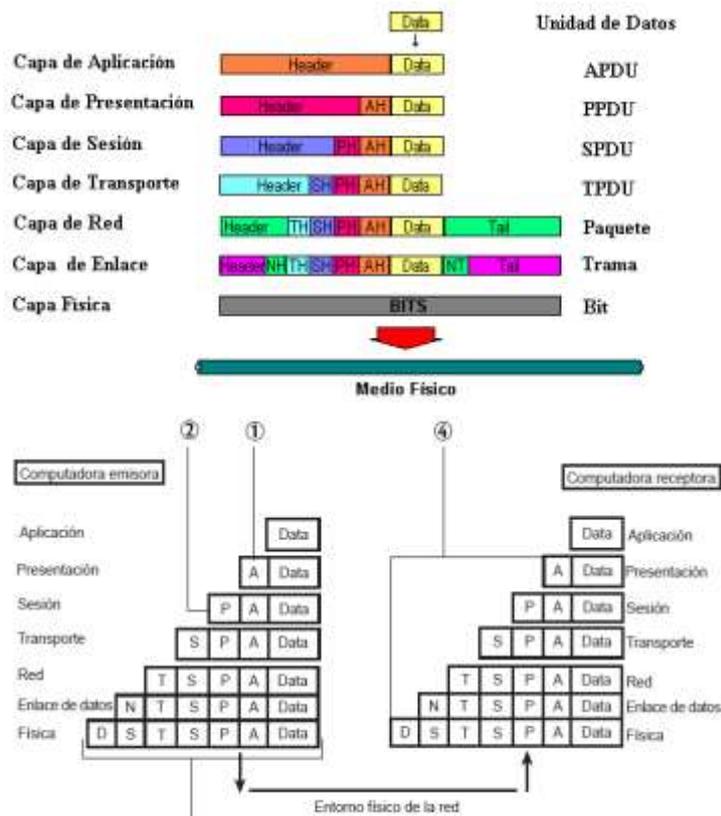


Figura 4.3. Modelo ISO-OSI.

1. Encabezado de la capa de aplicación.
2. Encabezado de la capa de presentación.
3. Paquete con todos los encabezados de las capas OSI.
4. Los encabezados se van suprimiendo a medida que los datos suben por la capa OSI.

Los datos bajan por la pila OSI del dispositivo emisor y suben por la pila OSI del dispositivo receptor.

El gran problema de estas comunicaciones es el bajo rendimiento ya que el paquete de datos que hay que enviar es muy grande para informaciones muy pequeñas.



Figura 4.4. Capas OSI.

Una vez explicado el modelo OSI se pasará a describir el modelo TCP/IP, en el cual se aprecian similitudes con respecto al modelo OSI.

4.1.3. MODELO TCP/IP:

Las siglas TCP/IP significa “Protocolo de control de transmisión/ protocolo de Internet”, representa todas las reglas de comunicación para internet y se basa en la idea de proporcionar una dirección IP a cada equipo de la red para poder enrutar paquetes de datos.

Es un protocolo basado en capas por lo que en cada una se procesa los datos de forma sucesiva y lo envía a las capas siguientes.

Modelo TCP/IP: Este modelo está basado en un modelo de referencia de cinco niveles. Todos los protocolos que pertenecen al conjunto de los protocolos TCP/IP se encuentran en los tres niveles superiores de este modelo. El nivel del modelo TCP/IP corresponde a uno o más niveles del modelo de referencia de conexión de sistemas abiertos (OSI) de siete niveles.

1. *Nivel de Aplicación:* Proporciona la comunicación entre procesos o aplicaciones de ordenadores separados. En este nivel se definen los protocolos de aplicación TCP/IP y como se conectan los programas de host a los servicios de nivel de transporte para utilizarlos en la red. Protocolos: HTTP, Telnet, FTP, TFTP, SNMP, DNS, SMTP, X Windows y otros protocolos de aplicación.
2. *Nivel de Transporte:* Proporciona un servicio de transferencia de datos extremo a extremo. Esta capa puede incluir mecanismos de seguridad. Oculta los detalles de la red, o redes subyacentes, a la capa de aplicación. Este nivel permite administrar las sesiones de comunicación entre equipos host. Define el nivel de servicio y estado de la conexión utilizada por el transportador de datos. Protocolos: TCP, UDP, RTP.



Monitorización de sistemas de generación de energía eléctrica



3. *Nivel de Internet (Red)*: Esta capa está relacionada con el encaminamiento de los datos del ordenador origen al destino a través de una o más redes conectadas por dispositivos de encaminamiento. Este nivel se encarga de empaquetar los datos en datagrama IP, que contienen información de las direcciones de origen y destino utilizadas para reenviar los diagramas entre hosts y a través de redes. Realiza el enrutamiento de datagramas IP. Protocolos: IP, CMP, ARP, RARP.
4. *Nivel de acceso a la red (Enlace de Datos)*: Esta capa está relacionada con la interfaz lógica entre un sistema final y una subred.
5. *Nivel Físico*: En este nivel se especifica información detallada de cómo se envían físicamente los datos a través de la red, que incluye como se realiza la señalización eléctrica de los bits mediante los dispositivos de hardware que conectan directamente con un medio de red, como un cable coaxial, un cable de fibra óptica o un cable de cobre de par trenzado. Protocolo: Ethernet, Token Ring, FDDI, X.25, Frame Realy, RS-232, V.35.

Los diseñadores de OSI consideraron que este modelo y los protocolos asociados llegarían a dominar las comunicaciones entre computadores, reemplazando eventualmente las implementaciones particulares de protocolos, así como a modelos rivales tales como TCP/IP. Sin embargo, esto no ha sido así. Aunque se han desarrollado muchos protocolos de utilidad dentro del contexto de OSI, el modelo de las siete capas en su conjunto no ha prosperado. Por el contrario la arquitectura TCP/IP se ha impuesto como dominante.

Comparativas entre modelos:

ISO/OSI Vs TCP/ IP



Figura 4.5. ISO-OSI vs TCP/IP.



4.1.4. Comparativa entre modelos:

ISO/OSI Vs INTERNET:

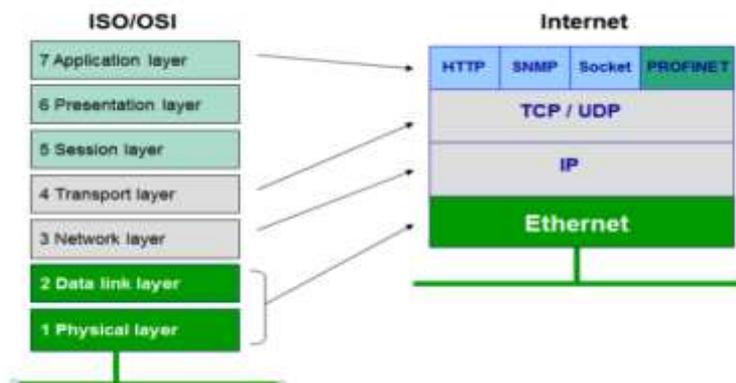


Figura 4.6. ISO-OSI vs Internet.

ISO/OSI Vs BUSES DE CAMPO:

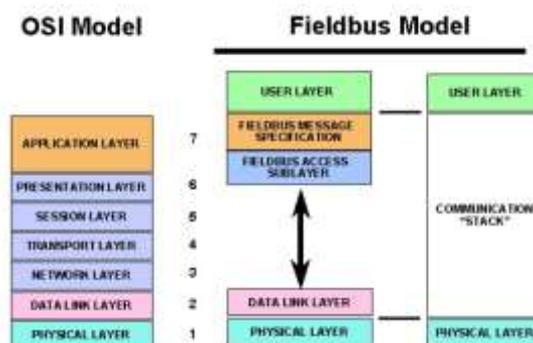


Figura 4.7. ISO-OSI vs Buses de campo.

4.1.5. Estándares de comunicación. Protocolos:

Para explicar el concepto de norma, estándar o protocolo es necesario definir los siguientes conceptos:

Interoperabilidad: Habilidad de dos o más sistemas o componentes para intercambiar información y utilizar la información intercambiada; es decir, es la capacidad de los sistemas heterogéneos de trabajar de forma conjunta.

Interconexión: la interconexión es la capacidad de comunicación entre dos o más sistemas.



Monitorización de sistemas de generación de energía eléctrica



Compatibilidad: es la condición que hace que un programa y un sistema logren comprenderse correctamente (mediante un algoritmo). Este algoritmo recibe el nombre de emulador y es el 'intérprete' entre el programa y el sistema.

Se define *Estandarización o Normalización* como el proceso en el cual se intenta unificar las características de un producto, servicio o procedimiento; en la mayoría de las ocasiones implica la redacción de normas que más tarde serán revisados y acreditadas y certificadas por los diferentes organismos competentes.

Todo estándar se hace pensando en todas las partes implicadas: fabricantes, usuarios, maquinas...

Norma: una norma es un documento de aplicación voluntaria que contiene especificaciones técnicas basadas en los resultados de la experiencia y del desarrollo tecnológico. Como hemos dicho es fruto del acuerdo entre todas las partes involucradas.

Las ventajas que presenta normalizar son:

- Aumento de la calidad y la fiabilidad.
- Reducción de precios.
- Aumento del mercado.
- Asegurar la compatibilidad.
- Mejora de la eficiencia.

Desventajas de Normalizar:

- Congela la Tecnología: disminuye la investigación tecnológica ya que si la tecnología no está regularizada o estandarizada será difícil que se aplique o se pueda vender.
- Aparición de múltiples estándares: cada gran compañía desarrollará sus propios estándares e intentará imponerlos sobre los del resto.
- La creación de estándares y su corrección son procesos muy lentos que llegan mucho después de los desarrollos tecnológicos.
- Alto precio de la estandarización.

Existen tres tipos de estándares.

- Estándar de Iure: suelen derivar de un mero acuerdo de compromiso para frenar la beligerancia de fabricantes en fuerte competencia, tienen una estructura burocrática lenta y para acceder a ellos es necesario pagar una considerable cantidad de dinero; este hecho condiciona a la pequeña y mediana empresa en el desarrollo de productos.
- Estándar de Facto: norma generalmente aceptada y ampliamente empleada por iniciativa propia de un gran número de usuarios.
- Estándar abierto: (open estándar) tiene acceso público.



Monitorización de sistemas de generación de energía eléctrica



Las redes son un medio de comunicación, de ahí que, la necesidad de los fabricantes de tomar medidas para asegurar que sus productos pudieran interactuar. Como las redes y los proveedores de productos para redes se han extendido por todo el mundo, la necesidad de una estandarización se ha incrementado.

El concepto de norma, estándar, protocolo tendrá un papel fundamental en el presente proyecto, puesto que para poder establecer una comunicación entre dispositivos, es necesario que ambos dispositivos tengan o entiendan el mismo lenguaje, para ello se creó el concepto de protocolo que es un sistema de reglas que permiten que dos o más entidades de un sistema de comunicación se comuniquen entre ellas para transmitir información por medio de cualquier tipo de variación de una magnitud física. Se trata de las reglas o el estándar que define la sintaxis, semántica y sincronización de la comunicación, así como también los posibles métodos de recuperación de errores, es decir, una serie de instrucciones de cómo se deben comunicar dos o más dispositivos para llegarse a entender.

4.2. Solución adoptada:

La solución adoptada es la comunicación serial mediante primeramente una interface serie con puerto rs485 y más tarde mediante vía Ethernet.

Se ha desarrollado una aplicación en la cual se extrae información gracias a unos transductores de medida que controla la producción de energía eléctrica de un aerogenerador y un panel solar fotovoltaico. La adquisición de datos que proporcionan los transductores son la tensión, corriente, potencia y energía que generan el aerogenerador y el panel solar fotovoltaico en los instantes que se observan dichas variables. Para ello el modelo de comunicación a seguir o el protocolo a utilizar será Modbus. Modbus serie cumple con los requisitos que se desean para la aplicación sobre la que se acaba de describir y por ello, ha sido el protocolo por el que se ha optado, más tarde para poder realizar una comunicación más lejana y desde cualquier punto del planeta el sistema utilizará o se conectará a una red Ethernet, que está regida por el protocolo TCP/IP (El protocolo que se utilizará será el protocolo TCP o Modbus over TCP, que es una “conversión del protocolo Modbus a tramas TCP/IP”. El modo de transmisión de las tramas que se ha escogido es Modbus serie RTU que es compatible con redes de tipo Ethernet, mediante el protocolo TCP, UDT o Modbus/TCP, el protocolo que se elige para la comunicación a muy largas distancias compatible con las tramas de Modbus RTU es el protocolo TCP (como se ha comentado es el protocolo Modbus con tramas TCP/IP).

A continuación se explica en detalle su modo de funcionamiento.

Protocolo Modbus: protocolo de transmisión para sistemas de control y supervisión de procesos (SCADA) con control centralizado, puede comunicarse con una o varias Estaciones Remotas (RTU) para obtener datos de campo para la supervisión y control de un proceso.



Protocolo TCP/IP: La sigla TCP/IP significa “Protocolo de control de transmisión/Protocolo de Internet” está diseñado para cumplir con una cierta cantidad de criterios, entre ellos:

- Dividir mensajes en paquetes.
- Usar un sistema de direcciones.
- Enrutar datos por la red.

Este protocolo se basa en otro protocolo llamado CSMA/CD (del inglés Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection) o, en español, (acceso múltiple con escucha de portadora y detección de colisiones), es un protocolo de acceso al medio compartido. Su uso está especialmente extendido en redes Ethernet donde es empleado para mejorar sus prestaciones.

En CSMA/CD, cada estación que desea transmitir debe realizar una escucha del medio – detección de portadora– para comprobar si éste se encuentra libre, es decir, para comprobar que ninguna otra estación está en ese instante transmitiendo un mensaje. Si el medio se encuentra libre entonces tiene lugar dicha transmisión. Aun así, puede ocurrir que varias estaciones tengan mensajes para enviar y que comiencen a transmitir una trama en el mismo instante. Cuando esto se sucede, se dice que ha ocurrido una colisión en la red.

La estación que ha detectado la colisión procederá a enviar un mensaje al resto de estaciones para notificar dicho evento. Una vez que todas las estaciones han sido notificadas, automáticamente se paran todas las transmisiones y se ejecuta un algoritmo que consiste en esperar un tiempo aleatorio (*backoff*) antes de volver a intentar la transmisión.

4.2.1. Modbus:

En primer lugar, se explica el estándar Modbus, para después detallar el subtipo de Modbus empleado.

Modbus es un protocolo de comunicaciones basado en la arquitectura del tipo maestro/esclavo o cliente/servidor, donde el cliente necesita adquirir datos del servidor o enviar datos al servidor. Modbus es un protocolo de capa de aplicación. Es decir, su objetivo es el de definir reglas que permitan organizar e interpretar datos, con lo que se erige como un sistema que soporta el envío de mensajes, sin que tenga importancia la capa física. Esto le confiere una gran versatilidad, hasta el punto de que se pueden transferir mensajes a través de otras redes mediante técnicas en encapsulación y desencapsulación.

El protocolo Modbus es el lenguaje común que poseen algunos dispositivos para comunicarse entre ellos y con otros dispositivos. Nace como un protocolo propietario de GOULF.INC, y luego es convertido en un protocolo abierto como resultado de un intento de estandarización a nivel de buses de campo.



Monitorización de sistemas de generación de energía eléctrica



En una red Modbus, el protocolo define la forma de los mensajes consulta del maestro; Además de cómo cada esclavo reconocerá un mensaje respuesta con la misma información pedida por el maestro.

Modbus fue diseñado en 1979 por Modicon (marca que ahora pertenece a Schneider Electric) para su gama de controladores lógicos programables (PLCs). Convertido en un protocolo de comunicaciones estándar de facto y en la industria, goza de mayor disponibilidad para la conexión de dispositivos electrónicos industriales. Las razones por las cuales el uso de Modbus es superior a otros protocolos de comunicaciones son:

1. Es público, sus especificaciones, gestionadas por la MODBUS Organization, son de acceso libre y gratuito.
2. su implementación es fácil, sencilla y requiere poco desarrollo.
3. maneja bloques de datos sin suponer restricciones.
4. versatilidad.

MODBUS es un protocolo de tipo Petición/Respuesta, por lo que en una transacción de datos se puede identificar al dispositivo que realiza una petición como el cliente o maestro, y al que devuelve la respuesta como el servidor o esclavo de la comunicación. Éstos están conectados mediante buses o redes. Con un único maestro cabe la posibilidad de tener varios esclavos bajo sus órdenes, con un máximo de 247 (esto depende del tipo de comunicación Modbus, en Modbus TCP el número es mayor). Cada esclavo de la red se identifica con una dirección única de dispositivo (En el presente proyecto tendremos dos esclavos el dispositivo 1 que será el transductor de medida del aerogenerador y el dispositivo 2 que será el transductor de medida del panel solar fotovoltaico).

Un maestro puede hacer dos tipos de peticiones a un esclavo: para enviar datos a un esclavo y esperar su respuesta confirmación, o para pedir datos a un esclavo y esperar su respuesta con los datos.

Las peticiones de lectura y escritura que envía un maestro llevan asociado un código de función que el esclavo debe ejecutar. Según ese código, el esclavo interpretará los datos recibidos del maestro y decidirá qué datos debe devolver. Los códigos de función dependen de los dispositivos y de las tareas que estos pueden realizar.

Modbus permite el control de una red de dispositivos y comunicar los resultados a un ordenador.

4.2.1.1. Características de una red estándar modbus:

- Topología bus:

Un bus es una red lineal sobre la que se conectan todos los dispositivos, cada dispositivo tomará la información de la red y verifica si es para éste, sino la desecha. Ver figura 4.8.

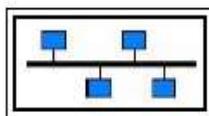


Figura 4.8. Topología Bus.

- Modo de emisión: Banda base

En banda base, el tren de bits que representan los datos es codificado por medio de un codificador de banda base (ejemplo: <<0>> corresponde al nivel 13 V, <<1>> corresponde al nivel -13 V). Ver figura 4.9.



Figura 4.9. Modo de emisión banda base.

A nivel físico las redes estándares Modbus emplean algunos de los estándares de comunicación serial como:

- EIA/TIA-232-E: punto a punto y full duplex.
- EIA-422: punto a punto y full duplex.
- EIA/TIA-485-A: punto a punto y half duplex. (utilizada en el presente proyecto).
- La comunicación es asíncrona

En la comunicación asíncrona el transmisor y el receptor deben tener la misma velocidad de comunicación (un tiempo de bit T) y el mismo número de bits en cada carácter transmitido. Ante una señal de inicio, el receptor muestrea la línea en intervalos de periodo T , ver figura 4.10.

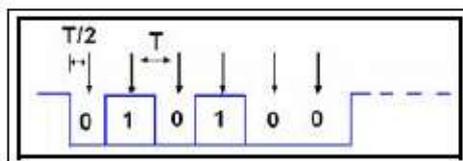


Figura 4.10. Muestreo asíncrono.

- Velocidades de transmisión que varían desde 75 bps a 19200 bps (En este caso son de 9600 bps).
- Acceso al medio: Se emplea la técnica maestro-esclavo:

En esta técnica se dispone de un dispositivo maestro y uno o varios dispositivos esclavos; el dispositivo que actúe como maestro será el único que puede iniciar las transacciones, los dispositivos que actúen como esclavos responderán suministrando información o realizando la



Monitorización de sistemas de generación de energía eléctrica



acción requerida por la petición del maestro. A cada esclavo se le asigna una dirección fija y única en el rango de 1 a 247. Con un poco más de detalle, el maestro en este caso es el software de programación el cual una vez que se ejecute pedirá la información que más adelante explico la manera de petición a dos esclavos, uno con la dirección 1 (el aerogenerador), y otro con la dirección 2 (el panel solar fotovoltaico).

Mediante el programa que he creado en labview el maestro mandará la petición a los esclavos, para este caso les pedirá la misma información a ambos, primero al equipo 1 y más tarde al equipo 2, los dispositivos una vez que han recibido la petición del esclavo actuarán de forma contraria le enviarán los datos solicitados por el maestro, con la misma trama que éste se los solicitó.

El maestro tiene el control del acceso al medio, existiendo dos posibilidades: es el maestro el que ocupa el medio físico o es el esclavo el que responde al maestro.

Tipos de transacciones:

- Consulta/Respuesta (*Query-response*): Es un intercambio punto a punto entre el maestro y algún esclavo. Cada esclavo tiene una dirección única. Ver figura 4.11.

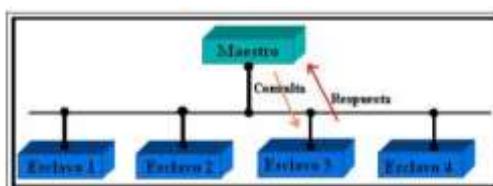


Figura 4.11. Transición consulta-respuesta.

Éste es el sistema empleado, el maestro solicita información primero al equipo 1 y más tarde al equipo 2, y éstos responden con los datos solicitados por el maestro.

- Difusión sin respuesta (*broadcast/no reponse*): El maestro envía un mensaje a todos los esclavos de la red, pero ninguno contesta, ver figura 4.12.

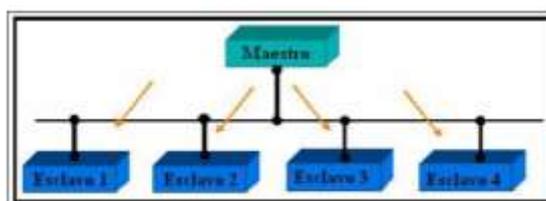


Figura 4.12. Transacción de difusión.



Monitorización de sistemas de generación de energía eléctrica



Figura 4.13. Capas y diferentes sistemas de comunicación Modbus.

- Capa de aplicación Modbus:

Modbus es un protocolo de mensajería en la capa de usuario correspondiente al nivel 7 del modelo OSI (*Open System Interconnection*); en la figura número 4.13 se distinguen los diferentes sistemas de comunicación Modbus tales como: Modbus sobre TCP/IP (*Ethernet*) y Modbus estándar (*EIA/TIA 232 ó 485*).

En el presente proyecto se emplea la red estándar Modbus que se caracteriza por tener en su capa física el estándar EIA/TIA-485-A, en su capa de enlace la técnica maestro-esclavo y en la capa de usuario el protocolo Modbus.

- El protocolo especifica: Formato de trama, secuencias y control de errores.
- Existen dos variantes en el formato: ASCII y RTU.
- La dirección 0 está reservada para mensajes de difusión sin respuesta.

4.2.1.2. Tipos de Comunicación y modo de transmisión Modbus:

Existen distintas versiones del protocolo Modbus:

- puerto serie (RS-232,RS-485): Dentro de la opción de puerto serie existen dos tipos de representación:
 - Modbus RTU es una representación binaria compacta de los datos. Finaliza la trama con una suma de control de redundancia cíclica (CRC).
 - Modbus ASCII es una representación legible del protocolo pero menos eficiente. Utiliza una suma de control de redundancia longitudinal (LRC).
- Ethernet (Modbus/TCP): es muy semejante al formato RTU, pero estableciendo la transmisión mediante paquetes TCP/IP. Por último existe una versión extendida del protocolo y propiedad de Modicon:
- Modbus Plus (Modbus+ o MB+), dada la naturaleza de la red precisa un coprocesador dedicado para el control de la misma. Con una velocidad de 1 Mbit/s en un par trenzado



sus especificaciones son muy semejantes al estándar EIA/RS-485 aunque no guarda compatibilidad con este.

Los protocolos Modbus RTU y Modbus ASCII se implementan a través del puerto serie, a diferencia de Modbus/TCP que se implementa a través del puerto Ethernet.

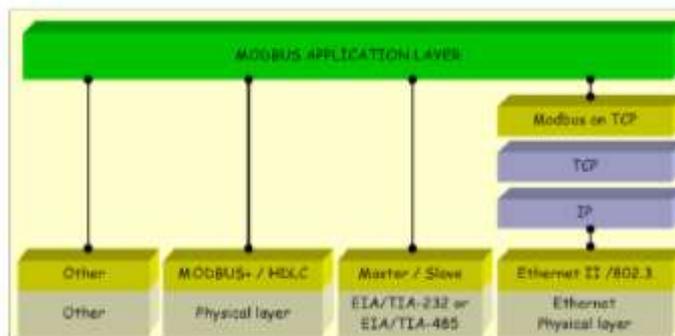


Figura 4.14. Estructura de las capas de cada tipo de comunicación Modbus.

4.2.1.3. Tramas de MODBUS:

Para intercambiar las peticiones y respuestas, los dispositivos de una red MODBUS organizan los datos en tramas. Dado que MODBUS es un protocolo de nivel de aplicación, se requiere utilizarlo sobre una pila de protocolos que resuelva los temas específicos del tipo de red empleada. En función de la arquitectura de protocolos usada, se distinguen tres tipos de MODBUS: RTU, ASCII y MODBUSTCP.

MODBUS RTU y ASCII están pensados para ser utilizadas directamente sobre un medio físico serie asíncrono, como por ejemplo EIA/TIA RS-232, EIA/TIA RS-485, o EIA RS-422n en este caso se ha utilizado EIA/TIA RS-485. En contraste, MODBUSTCP está desarrollado para funcionar sobre redes que utilizan la arquitectura TCP/IP, por lo que permite usar MODBUS sobre redes como Ethernet o WiFi.

No se debe confundir MODBUSTCP con MODBUS over TCP o MODBUS over UDP. Estas dos son otras opciones que, mediante un convertidor TCP/IP Ethernet, Wifi o de otro tipo, permiten transportar directamente una trama de MODBUS RTU o ASCII sobre redes TCP/IP. Hay que entender bien estos conceptos ya que las diferentes opciones tienen funcionamientos diferentes.

La Figura 4.15. muestra el formato de trama de las dos opciones de Modbus serie, que se describen con más detalle a continuación. Los campos Función y Datos representan la trama de nivel de aplicación de Modbus, y dependen de las distintas opciones de peticiones y respuestas que describirán en el apartado 0. El tamaño del campo de datos siempre depende de la función utilizada. Para la colocación de los bytes en los distintos campos hay que tener en



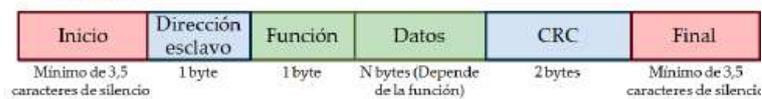
Monitorización de sistemas de generación de energía eléctrica



cuenta que Modbus siempre utiliza codificación BIG-ENDIAN, según la cual el byte más significativo se envía primero (a la izquierda).

La dirección es un valor que debe identificar unívocamente a un dispositivo esclavo de la red. Este valor de identificación debe corresponderse con un número entre 1 y 247 en configuraciones multipunto, como son los buses RS-422 y RS-485 que tienen un maestro y un esclavo o más, este es el caso del proyecto y como ya se ha explicado anteriormente hay un maestro y dos esclavos. El valor especial de dirección 248 se utiliza sólo cuando Modbus se emplea sobre una conexión punto a punto, por ejemplo con un maestro y solo un esclavo en una conexión RS-232. Por último, el valor 0 es la dirección de difusión o *broadcast*, y una petición enviada a esta dirección es atendida por todos los esclavos. Este tipo de peticiones no producen una respuesta de los esclavos ya que no se podría controlar el acceso al medio de estos y habría colisiones. Por eso mismo, tampoco se recibirá ninguna respuesta si se ejecuta una petición de lectura con dirección de broadcast. Nótese que, si se quiere conmutar la función del equipo maestro a esclavo en determinados momentos de la comunicación, hay que reservar también un identificador único para él.

- Trama RTU:



- Trama ASCII:

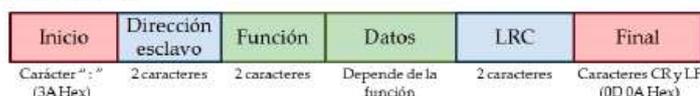


Figura 4.15. Formato de las tramas de Modbus serie.

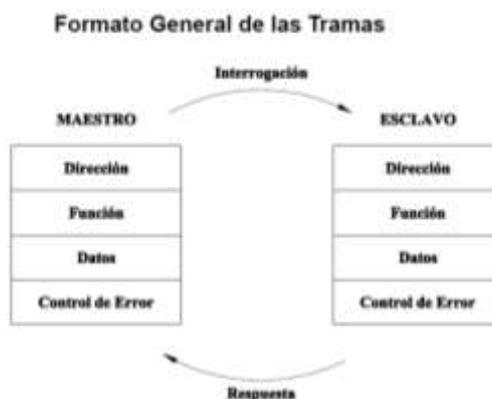


Figura 4.15. Formato de las tramas de Modbus serie.



Monitorización de sistemas de generación de energía eléctrica



Formatos MODBUS

Modo ASCII					
Comienzo de Trama	Dirección	Función	Datos	Control de Errores	Fin de Trama
:	2 bytes	2 bytes	N x 2 bytes	2 bytes	CR + LF

Modo RTU					
Comienzo de Trama	Dirección	Función	Datos	Control de Errores	Fin de Trama
Tiempo de 3 bytes	1 bytes	1 bytes	N x 1 bytes	2 bytes	

Figura 4.15. Formato de las tramas de Modbus serie.

Existen dos modos de transmisión en las redes estándares Modbus , éstos son: ASCII y RTU.

En el presente proyecto el utilizado ha sido el estándar Modbus RTU y se define su utilización y sus características.

4.2.2. Modo RTU:

En el protocolo Modbus Línea Serie (RTU) la transmisión de datos siempre es iniciada por el maestro, y los nodos de los esclavos no transmiten datos si el nodo del maestro no envía una orden. El nodo del maestro puede comunicarse de dos formas con el nodo de los esclavos, unicast mode o broadcast mode. A continuación se muestra un ejemplo sencillo de una red Modbus:

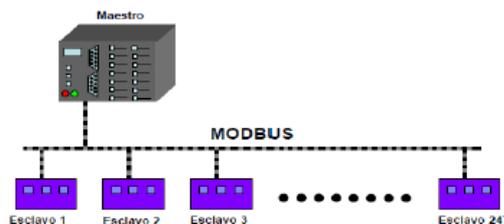


Figura 4.16. Red Modbus RTU.

Se define el contenido de los campos del mensaje. Se determina como se empaqueta la información en el mensaje, y cómo se decodifica. El modo de transmisión ha de ser el mismo para todos los elementos de la comunicación serie. Todos los dispositivos han de implementar el modo RTU, siendo la transmisión ASCII una opción.

Transmisión modo Modbus RTU: Cuando los dispositivos utilizan este tipo de transmisión, cada 8-bit byte en el mensaje contiene dos 4-bit caracteres hexadecimales. La principal ventaja de utilizar este modo de transmisión es que la gran densidad del carácter permite un mejor



Monitorización de sistemas de generación de energía eléctrica



rendimiento de velocidad de transmisión que el modo ASCII. Cada mensaje ha de ser transmitido en el mismo flujo de caracteres.

Formato (11 bits) por cada byte en modo RTU:

Sistema de cifrado: 8-bits binarios (8 bits datos, el bit menos significativo se manda primero).

Bits por Byte: 1 bit de comienzo.

1 bit de paridad de terminación.

1 bit de parada.

La paridad no es necesaria, pero existen modos que pueden utilizarlo para máxima compatibilidad entre otros productos. Es recomendable utilizar el modo de No paridad. El modo de no usar paridad requiere dos bits de parada.

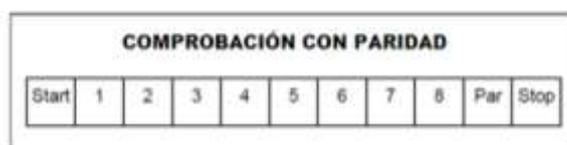


Figura 4.17. Secuencia de bits modo RTU con paridad.



Figura 4.18. Secuencia de bits modo RTU sin paridad.

Utiliza la técnica Cyclical Redundancy Check (CRC) para el control de errores. Se explica la técnica más adelante.

Transmisión de los caracteres:

Cada carácter o byte es enviado en el orden de izquierda a derecha, se empieza por el bit de menos significado (LSB) y se acaba por el bit de mayor significado (MSB). Cada palabra transmitida posee 1 start bit, ocho bits de datos, 2 stop bits, sin paridad. En el modo RTU, cada byte de datos es transmitido como siendo una única palabra con su valor directamente en hexadecimal.

Descripción de la Estructura:

La red Modbus-RTU utiliza el sistema maestro-esclavo para el intercambio de mensajes. Permite hasta 247 esclavos, pero solamente un maestro. Toda comunicación se inicia con el maestro haciendo una solicitud a un esclavo, y este contesta al maestro que le ha solicitado. En ambos los mensajes (pregunta y respuesta), la estructura utilizada es la misma: Dirección,



Monitorización de sistemas de generación de energía eléctrica



Código de la Función, Datos y Checksum (CRC o control de errores). Solo el contenido de los datos posee tamaño variable.

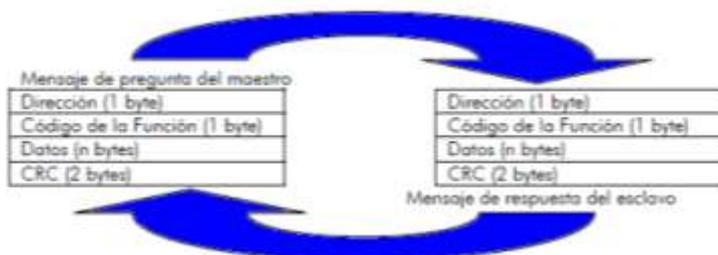


Figura 4.19. Estructura mensaje.

DIRECCIÓN ESCLAVO	FUNCIÓN CÓDIGO	DATOS	CRC
1 byte	1 byte	0 up to 252 byte(s)	2 bytes CRC Low, CRC Hi

Figura 4.20. Estructura mensaje RTU.

Dirección: El maestro inicia la comunicación enviando un byte con la dirección del esclavo para el cual se destina el mensaje (1 ó 2 dependiendo del dispositivo con el que queremos comunicar). Al enviar la respuesta, el esclavo también inicia el mensaje con el su propia dirección, por lo que existe la posibilidad que el maestro conozca cuál de los esclavos está enviándole la respuesta. El maestro también puede enviar un mensaje destinado a la dirección "0" (cero), lo que significa que el mensaje es destinado a todos los esclavos de la red (broadcast). En este caso, el maestro no recibe respuesta de ninguno de los esclavos.

Unicast mode: el maestro direcciona un único esclavo, una vez el esclavo ha recibido y procesado la petición retorna al maestro la respuesta. En este modo la transmisión Modbus consiste en dos mensajes: la petición del maestro y la respuesta del esclavo. Cada esclavo ha de tener una única dirección.

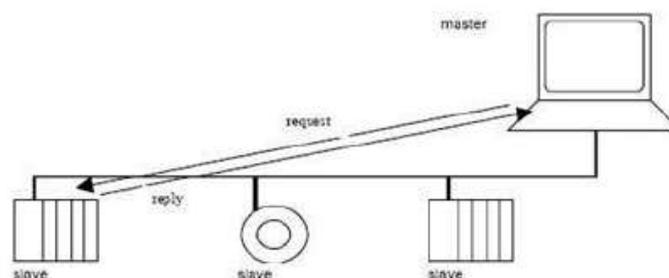


Figura 4.21. Unicast Mode.



Monitorización de sistemas de generación de energía eléctrica



Broadcast mode: el maestro puede enviar peticiones a todos los esclavos que estén conectados. Para este modo es necesario escribir comandos para la petición. Todos los elementos deben aceptar la función de escritura de broadcast. La dirección 0 se reserva para identificar el intercambio de broadcast, ya que los esclavos no emiten mensaje de respuesta y se desconoce si el mensaje ha llegado a su destino.

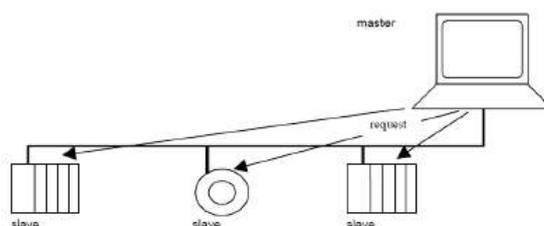


Figura 4.22. Broadcast Mode.

Esto se da para el protocolo Modbus Línea Serie, ya que en TCP esto cambia.

Código de la Función: Este campo también contiene un único byte, donde el maestro especifica el tipo de servicio o función solicitada al esclavo (lectura, escrita, etc.). De acuerdo con el protocolo, cada función es utilizada para acceder un tipo específico de dato, en este caso la función utilizada es la función número 3 que se identifica como función 03 de lectura de registros internos. Cuando el transductor lee las medidas correspondientes de los equipos lo va guardando en unos registros internos en una memoria interna que tienen que se denomina memoria EEPROM, y de la cual cuando se establezca la comunicación y mediante esta función se enviarán, los datos en hexadecimal que haya medido el transductor, al maestro.

Campo de Datos: Campo con tamaño variable. El formato y el contenido de este campo dependen de la función utilizada y de los valores transmitidos, en este caso como más adelante explicaré nos interesa medir datos de tensión, corriente, potencia y energía, pero se pueden medir más datos, para ello he creado mediante el software un vector en el que voy recogiendo todos los datos mediante bytes, y luego accedo a las variables que deseo representar como más adelante explico.

CRC: La última parte del mensaje es el campo para el chequeo de errores de transmisión. El método utilizado es el CRC-16 (Cycling Redundancy Check). Este campo está formado por dos bytes, donde primero es transmitido el byte menos significativo (CRC-), y después el más significativo (CRC+). El cálculo del CRC es iniciado cargándose una variable de 16 bits (referenciado a partir de ahora como variable CRC) con el valor FFFFh. Después se debe ejecutar los pasos de acuerdo con la siguiente rutina:



Monitorización de sistemas de generación de energía eléctrica



1. Se somete al primer byte del mensaje (solamente los bits de datos - start bit, paridad y stop bit no son utilizados) a una lógica XOR (O exclusivo) con los 8 bits menos significativos de la variable CRC, retornando el resultado en la propia variable CRC;

2. Entonces, la variable CRC es desplazada una posición a la derecha, en dirección al bit menos significativo, la posición del bit más significativo es rellenada con 0 (cero);

3. Después de este desplazamiento, el bit de flag (bit que fue desplazado para fuera de la variable CRC) se analiza, ocurriendo lo siguiente:

4. Si el valor del bit fuera 0 (cero), nada se ha hecho;

5. Si el valor del bit fuera 1 (uno), el contenido de la variable CRC es sometida a una lógica XOR con un valor constante de A001h y el resultado es regresado a la variable CRC.

6. Se repiten los pasos 2 y 3 hasta que se hayan realizado ocho desplazamientos;

7. Se repiten los pasos de 1 a 4, utilizando el próximo byte del mensaje, hasta que todo el mensaje haya sido procesado. El contenido final de la variable

CRC es el valor del campo CRC que es transmitido en el final del mensaje.

La parte menos significativa es transmitida primero (CRC-) y en seguida la parte más significativa (CRC+).

La máxima longitud de estructura para RTU es de 256 bytes.

MODBUS RTU (*Remote Terminal Unit*) se caracteriza por que los bytes se envían en su codificación binaria plana, sin ningún tipo de conversión. Está inicialmente pensado para comunicaciones en bus serie. Como ventaja principal tiene el buen aprovechamiento del canal de comunicación, mejorando la velocidad de la transmisión de los datos. El inconveniente es que requiere una gestión de tiempos entre bytes recibidos para saber cuándo empiezan y terminan las tramas.

Con la trama MODBUS RTU, la delimitación de la misma se realiza por intervalos de tiempo de caracteres de silencio. Un carácter de silencio tiene la duración de un byte de datos enviado por el medio, pero no transporta datos, y su duración (T) depende de la velocidad (Vt) y del número bits que se usen para su codificación (N) según $T=N/Vt$. Según el estándar de MODBUS, para velocidades de hasta 19.200bps, el tiempo entre tramas debe ser como mínimo 3,5 veces la duración de un carácter, y para velocidades superiores se recomienda un tiempo fijo de 1,75ms. Por ejemplo, para una configuración del puerto serie de 19.200bps, con un bit de parada y un bit de paridad (11 bits en total, sumando el de inicio y 8 de datos) se tiene: $3,5 \cdot 11/19.200=2ms$.

La trama MODBUS RTU incorpora un código Cyclical Redundancy Check (CRC) de 16 bits para poder detectar errores, que debe ser calculado por el emisor a partir de todos los bytes de la trama enviados antes del CRC, en el software de comunicación he creado y comprobado este CRC cuando es igual a cero, entonces la comunicación se ha establecido correctamente,



Monitorización de sistemas de generación de energía eléctrica



exceptuando los delimitadores. Para ello se usa un algoritmo específico, bien definido en la especificación de MODBUS serie. El receptor debe volver a calcular el código de igual forma que el emisor, y comprobar que el valor obtenido del cálculo es igual al valor presente en la trama para poder validar los datos.

Comienzo de Trama	Dirección	Función	Datos	Control de Errores	Fin de Trama
Tiempo de 3 bytes	1 bytes	1 bytes	N x 1 bytes	2 bytes	

Figura 4.23. Empaquetamiento bits RTU.

En el modo RTU (Unidad Terminal Remota), cada byte de información se empaquetan en un modo carácter “serie RTU”; este carácter “serie RTU” contiene un bit de inicio, 8 bits de datos (byte información), un bit de paridad y uno o dos bits de final si no se calcula la paridad, ver figura 4.23.

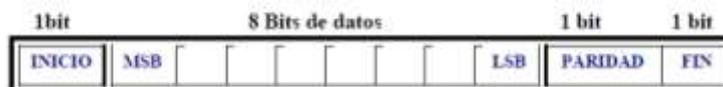


Figura 4.24. Empaquetamiento de un carácter serie RTU.

Características de mensaje Modbus en modo RTU:

- El mensaje Modbus empieza con un intervalo de silencio de al menos 3,5 veces el tiempo de transmisión de un carácter. Esto se realiza esperando un tiempo múltiplo del tiempo de transmisión de un carácter que es inversamente proporcional a la velocidad en bps que se está utilizando en la red (es muy utilizado el tiempo de silencio de 4 veces el tiempo de transmisión de un carácter), luego se envía el primer campo que corresponde a la dirección del dispositivo.
 - Después del último carácter transmitido se intercala un intervalo de tiempo equivalente mínimo de 3,5 veces el tiempo de transmisión de un carácter para marcar el fin del mensaje. Después de este intervalo puede comenzar un nuevo mensaje.
 - Los caracteres permitidos para todos los campos son 0_h-9_h, A_h-F_h.
 - Los dispositivos conectados vigilan el bus de red continuamente, incluso en los intervalos de silencio. Cuando se recibe el primer campo (el campo de dirección), cada unidad lo decodifica para determinar si es el dispositivo direccionado.



Monitorización de sistemas de generación de energía eléctrica



El formato de mensaje RTU es:

INICIO	DIRECCIÓN	FUNCIÓN	DATOS	CHEQUEO	FIN
T1-T2-T3-T4	1 Byte	1 Byte	N Bytes	2 Bytes	T1-T2-T3-T4

Figura 4.25. Formato mensaje RTU.

Formato del mensaje modbus:

Campo de dirección:

El maestro coloca la dirección del esclavo al que quiere consultar en el campo de dirección del mensaje, para iniciar la comunicación con éste. Cuando el esclavo envía su respuesta, coloca su propia dirección en el campo dirección de la respuesta para configurar al maestro que es su respuesta.

- Modo ASCII: contiene 2 caracteres en código ASCII.
- Modo RTU: contiene 1 byte.
- Direcciones válidas para los esclavos: 1-247 decimal.
- La dirección 0 se utiliza para modo difusión, esta es reconocida por todos los dispositivos esclavos.

Campo de función:

Cuando se envía un mensaje desde el maestro a un dispositivo esclavo, el campo de función contiene el código de operación de alguna función Modbus, el cual define la acción que debe realizar el esclavo.

- Modo ASCII: contiene dos caracteres en código ASCII.
- Modo RTU: contiene 1 byte.
- Respuesta normal: el esclavo copia el mismo código de la operación original.
- Respuesta de excepción: el esclavo cambia el código de la función para indicar que ha ocurrido una anomalía.
 - Hay tres categorías de código de operación Modbus, ver figura 4.26.
 - Códigos de función públicos: Son códigos de función bien definidos, validados y públicamente documentados por la comunidad modbus.org. Los códigos de función público tiene tres rango, éstos son de 1 a 65, de 72 a 100 y de 110 a 127 (decimal).
 - Códigos de función definidos por el usuario: Son códigos de función que el usuario define para su aplicación específica. Existen dos rangos para



Monitorización de sistemas de generación de energía eléctrica



estos códigos: de 65 a 72 y de 100 a 110 (decimal). El usuario puede implementar estos códigos sin necesidad de su aprobación por la comunidad modbus.org.

- Códigos de función reservados: Son códigos de función utilizados por algunas compañías para sus productos y que no son de uso público (rangos de 1228 a 256).

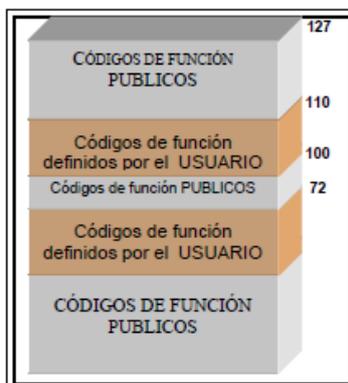


Figura 4.26. Categorías de códigos de operación Modbus.

Códigos funciones de control y de datos:

Campo de Función

Código	Acción	Significado
01	Leer Bobinas (0:xxxx)	Obtiene el estado actual ON/OFF de un grupo de bobinas lógicas.
02	Leer Entradas (1:xxxx)	Obtiene el estado actual ON/OFF de un grupo de entradas lógicas.
03	Leer Registros (4:xxxx)	Obtiene el valor binario de uno o más registros de almacenamiento.
04	Leer Registros (3:xxxx)	Obtiene el valor binario de uno o más registros de entrada.
05	Escribir Bobina (0:xxxx)	Fuerza el estado de una bobina.
06	Escribir Registro (4:xxxx)	Escribe el valor binario de un registro de almacenamiento.
15	Escribir Bobinas (0:xxxx)	Fuerza el estado de un grupo de bobinas.
16	Escribir Registros (4:xxxx)	Escribe el valor binario de un grupo de registros de almacenamiento.

Tabla 4.1. Distintas funciones de Modbus RTU.

En la tabla número se presentan el código de las principales funciones, el nombre de la función y una breve descripción de la tarea a realizar por el dispositivo esclavo.



Monitorización de sistemas de generación de energía eléctrica



Código		Nombre	Tarea
D	Hex.		
01	01	Leer estado de las Bobinas (las bobinas son bits correspondientes a las salidas)	Lee el estado de las salidas discretas.
02	02	Leer estado de las Entradas (bits de las entradas)	Lee el estado de las entradas discretas.
03	03	Leer Registros Internos	Lee los contenidos binarios de los registros internos.
04	04	Leer Registros de Entrada	Lee los contenidos binarios de los registros de entrada.
05	05	Forzar una "Bobina"	Forzar una "bobina".
06	06	Fijar un Valor en un Registro	Fija un valor en un registro.
07	07	Leer estado de la Excepción	Lee el contenido de ocho bits de condición de excepción. Los bits están definidos previamente en cada dispositivo.
08	08	Diagnóstico	Permite una serie de pruebas para comprobar el sistema de comunicación entre el maestro y esclavo, o para comprobar diversas condiciones internas de error dentro del esclavo.
11	0B	Solicitud de contador de eventos	Devuelve una palabra de estado y un contador de eventos de comunicaciones del esclavo.
12	0C	Solicitud de diario de eventos de comunicaciones	Devuelve una palabra de estado, un contador de eventos, un contador de mensajes, y un campo de bytes de evento del esclavo.
15	0F	Forzar varias Bobinas	Forzar varias bobinas consecutivas.
16	10	Fijar Varios registros	Fija valores en varios registros internos consecutivos.

Tabla 4.2. Funciones de control y registros.

Función 03 — Leer Registros (4:xxxx)

Interrogación:						
Dirección	Función	Registro comienzo (alto)	Registro comienzo (bajo)	Cantidad de Registros (alto)	Cantidad de Registros (bajo)	Control de Error
11	03	00	66	00	03	7E

Respuesta:									
Dirección	Función	Cuenta de bytes	Reg. 40108 (alto)	Reg. 40108 (bajo)	Reg. 40109 (alto)	Reg. 40109 (bajo)	Reg. 40110 (alto)	Reg. 40110 (bajo)	Control de Error
11	03	06	02	2B	00	00	00	64	55

Tabla 4.3. Función 03 de Modbus.

Las funciones sombreadas tienen permitido el modo difusión (dirección del esclavo = 00), esto significa que la función seleccionada fuerza la misma referencia en todos los esclavos conectados.

La función redondeada es la función utilizada en el presente proyecto.

❖ Subfunciones de diagnóstico: La función Modbus 08 "diagnóstico" provee algunas pruebas para comprobar diferentes condiciones internas de error de un esclavo. La función de diagnóstico no afecta el programa de usuario del esclavo.



Monitorización de sistemas de generación de energía eléctrica



❖ Respuesta de excepción: El esclavo recibe la consulta sin errores de comunicación pero no la puede efectuar por alguna causa, por lo tanto envía una respuesta de excepción informando al maestro el problema. La respuesta de excepción contiene el siguiente formato:

- Dirección del esclavo.
- Función: Código de operación con el bit más significativo puesta a uno.
- Campo de información: el código de excepción que indica la causa error.
- CRC (si el protocolo es Modbus RTU) o LRC (si el protocolo es Modbus ASCII).

En la tabla 4.4 se presenta el listado de los códigos de excepción, el nombre de la excepción y su significado.

Código	Nombre	Significado
01	Función Ilegal	El código de operación en el campo de Función no lo tiene implementado el esclavo.
02	Dirección de datos ilegal	La dirección de datos recibida en la consulta no es permitida por el esclavo.
03	Valor de datos ilegal	El valor en el campo de datos recibida en la consulta no es permitida por el esclavo.
04	Falla del dispositivo Esclavo	Un error ocurre mientras el esclavo esta atendiendo la ejecución de la acción pedida.
05	Desempeño	El esclavo acepta la consulta y la procesa, pero un largo periodo de tiempo es requerido. Se retorna este código de excepción para prevenir que ocurra un error de tiempo en el maestro. El maestro puede emitir una consulta del mensaje completo para determinar si el procesamiento ha sido completado.
06	Dispositivo esclavo Ocupado	El esclavo esta ocupado en el procesamiento de un comando del programa de larga duración. El maestro deberá retransmitir el mensaje cuando el esclavo este libre.
07	Negativa de reconocimiento (NAK)	El esclavo no puede ejecutar la función de programa recibida en la consulta. El maestro deberá consultar información de diagnóstico o error a el esclavo.
08	Error de paridad de memoria	El esclavo intenta leer la memoria extendida, pero detecta un error de paridad de memoria.

Tabla 4.4. Códigos de excepción.

Campo de Información:

Este campo se forma a través de conjuntos de dos dígitos hexadecimales, en el rango 00-FF. En las consultas del maestro a los esclavos, el campo de datos contiene información adicional para que el esclavo pueda llevar a cabo la petición del maestro.

Modelo de direccionamiento modbus:

El modelo de direccionamiento de modbus está integrado por 4 bloques de datos, estos son (ver figura 4.27.):



Monitorización de sistemas de generación de energía eléctrica



- Bobinas (salidas discretas).
- Entradas discretas.
- Registros internos (son lo que leeremos y sobre los que trabajaremos en el presente proyecto).
- Registros de entrada.

Cada dispositivo que soporta el protocolo modbus tiene su propio mapa de memoria, el direccionamiento de cada bloque está contenido entre el rango de 0 a 65535.

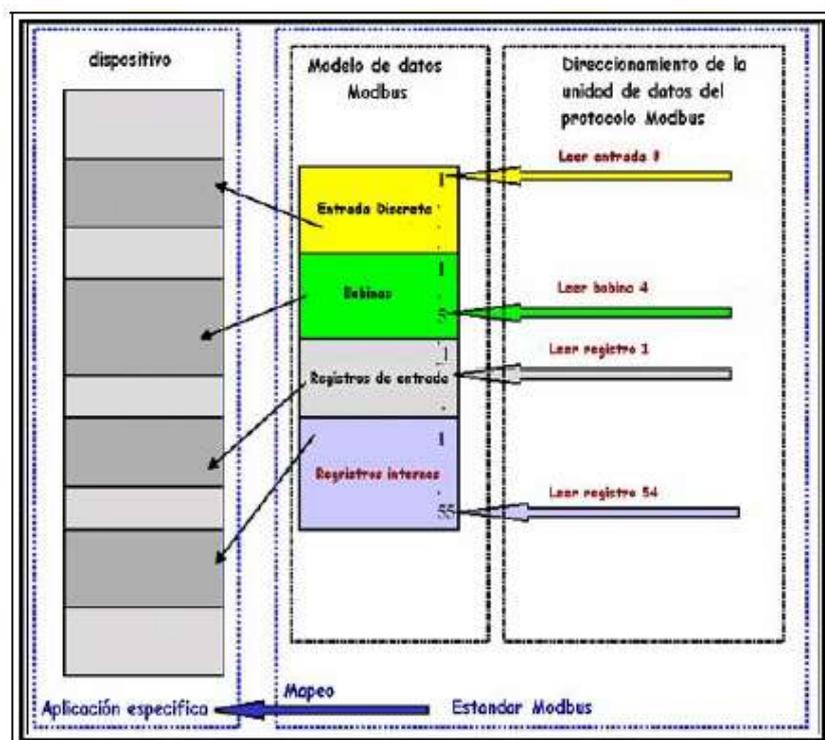


Figura 4.27. Modelo de direccionamiento de Modbus.

Campo de comprobación de error:

En redes estándar modbus se usan dos tipos de comprobación de error. Éstas dependen del modo de transmisión modbus de la red:

El campo de comprobación (modo RTU), contiene dos bytes. El valor es el resultado de un Cálculo de chequeo de Redundancia Cíclica basado en el contenido del mensaje. Los caracteres del CRC se añaden en el último campo del mensaje.

- Cálculo del Chequeo de Redundancia Cíclica CRC

El procedimiento para la generación del CRC es:

- Paso1: Se carga un registro de 16-bit con FFFF h. Llamando a éste el registro CRC.



Monitorización de sistemas de generación de energía eléctrica



- Paso 2: Se realiza una OR Exclusiva entre el primer byte del mensaje con el byte menos significativo del registro CRC, poniendo este resultado en el registro CRC.
- Paso 3: El registro CRC se desplaza hacia la izquierda una posición y se rellena con un cero la posición del bit más significativo.
- Paso 4: Se examina el bit que salió, si es igual a cero se repite el paso 3, si es igual a uno, se realiza una OR exclusiva entre el registro CRC y el valor fijo A001h (1010 0000 0000 0001).
- Paso 5: Se repite el paso tres y cuatro hasta realizar 8 desplazamientos.
- Paso 6: Se repiten los pasos 2...5 para el siguiente byte del mensaje. Este continúa para todos los bytes del mensaje.

El resultado final del registro CRC contiene el valor CRC.

- Paso 7: Cuando el CRC es colocado dentro del mensaje, se debe tener en cuenta que se transmite primero el byte de menor orden seguido del byte de mayor orden.

Respuesta de Error

Si el esclavo no puede realizar la función requerida devuelve una trama de error.

Interrogación						
Dirección	Función	Bobina comienzo (alto)	Bobina comienzo (bajo)	Cantidad Bobinas (alto)	Cantidad Bobinas (bajo)	Control de Error
0A	01	04	A1	00	01	4F

Respuesta:

Dirección	Función	Código de Error	Control de Error
0A	81	02	73

Tabla 4.5. Respuesta error.

Códigos de Error

Código	Tipo de Error	Significado
01	Función ilegal	La función recibida no esta permitida en el esclavo.
02	Dirección ilegal	La dirección esta fuera del rango permitido.
03	Dato ilegal	El dato contiene un valor no válido.
04	Falla en el dispositivo	El controlador no responde o ha ocurrido un error.
05	Reconocimiento (ACK)	Se ha aceptado la función y se esta procesando.
06	Ocupado	El mensaje ha sido recibido sin error, pero el dispositivo no puede procesarlo en este momento.
07	Reconocimiento Negativo (NAK)	La función solicitada no puede realizarse en este momento.

Tabla 4.6. Códigos error.



4.2.3. Modbus over TCP:

TCP: Transmission Control Protocol (TCP) o Protocolo de Control de Transmisión, es uno de los protocolos fundamentales en Internet. Fue creado entre los años 1973 y 1974 por Vint Cerf y Robert Kahn.

Muchos programas dentro de una red de datos compuesta por redes de computadoras, pueden usar TCP para crear “conexiones” entre sí a través de las cuales puede enviarse un flujo de datos. El protocolo garantiza que los datos serán entregados en su destino sin errores y en el mismo orden en que se transmitieron. También proporciona un mecanismo para distinguir distintas aplicaciones dentro de una misma máquina, a través del concepto de puerto.

TCP da soporte a muchas de las aplicaciones más populares de Internet (navegadores, intercambio de ficheros, clientes FTP, etc.) y protocolos de aplicación HTTP, SMTP, SSH y FTP.

Objetivos del TCP:

Con el uso de protocolo TCP, las aplicaciones pueden comunicarse en forma segura (gracias al de acuse de recibo -ACK- del protocolo TCP) independientemente de las capas inferiores. Esto significa que los routers (que funcionan en la capa de Internet) sólo tiene que enviar los datos en forma de datagrama, sin preocuparse con el monitoreo de datos porque esta función la cumple la capa de transporte (o más específicamente el protocolo TCP).

Información técnica:

TCP es usado en gran parte de las comunicaciones de datos. Por ejemplo, gran parte de las comunicaciones que tienen lugar en Internet emplean TCP, en este caso se emplea este protocolo por su fiabilidad, versatilidad y por su compatibilidad en redes Ethernet y con el dispositivo convertidor de protocolos TCP2Rs+.

Funciones del TCP:

En la pila de protocolos TCP/IP, TCP es la capa intermedia entre el protocolo de internet (IP) y la aplicación. Muchas veces las aplicaciones necesitan que la comunicación a través de la red sea confiable. Para ello se implementa el protocolo TCP que asegura que los datos que emite el cliente sean recibidos por el servidor sin errores y en el mismo orden que fueron emitidos, a pesar de trabajar con los servicios de la capa IP, la cual no es confiable. Es un protocolo orientado a la conexión, ya que el cliente y el servidor deben de anunciarse y aceptar la conexión antes de comenzar a transmitir los datos a ese usuario que debe recibirlos.

Características del TCP:

- Permite colocar los datagramas nuevamente en orden cuando vienen del protocolo IP.



Monitorización de sistemas de generación de energía eléctrica



- Permite el monitoreo del flujo de los datos y así evitar la saturación de la red.
- Permite que los datos se formen en segmentos de longitud variada para "entregarlos" al protocolo IP.
- Permite multiplexar los datos, es decir, que la información que viene de diferentes fuentes (por ejemplo, aplicaciones) en la misma línea pueda circular simultáneamente.
- Por último, permite comenzar y finalizar la comunicación amablemente.

Formato de los segmentos TCP:

En el nivel de transporte, los paquetes de bits que constituyen las unidades de datos de protocolo TCP se llaman "segmentos". El formato de los segmentos TCP se muestra en el esquema siguiente del segmento TCP.

- Introducción: TCP se ocupa de convertir el flujo de datos saliente de una aplicación de forma que se pueda entregar como fragmentos. La aplicación traslada los datos a TCP y éste sitúa los datos en un buffer de envío. TCP toma un trozo de esos datos y le añade una cabecera, creando de esta forma un segmento. Este segmento es trasladado a IP para que lo entregue como un único datagrama. El empaquetado de estos datos en trozos de tamaño adecuado permite usar de una manera eficiente los servicios de transmisión.
- Formato del segmento TCP: El segmento TCP está compuesto por los datos enviados desde la capa de aplicación y la cabecera añadida por el protocolo de transporte. El segmento TCP es luego encapsulado en un datagrama IP para ser enviado por la capa de red.

El formato de la cabecera TCP se detalla a continuación:

Offsets	Octeto	0								1								2								3																											
Octeto	Bit	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31																				
0	0	Puerto de origen																Puerto de destino																																			
4	32	Número de secuencia																																																			
8	64	Número de acuse de recibo (si ACK es establecido)																																																			
12	96	Longitud de Cabecera				Reservado				NS				CWR				ECE				URG				ACK				PSH				RST				SYN				FIN				Tamaño de Ventana							
16	128	Suma de verificación																Puntero urgente (si URG es establecido)																																			
20	160	Opciones (Si la Longitud de Cabecera > 5, relleno al final con "0" bytes si es necesario)																																																			
...																																																			

Tabla 4.7. Formato TCP.



Monitorización de sistemas de generación de energía eléctrica



- Campos de la cabecera:
 - o Puerto origen (16 bits): Identifica el puerto emisor.
 - o Puerto destino (16 bits): Identifica el puerto receptor. Estos dos valores identifican la aplicación receptora y la emisora, junto con las direcciones IP del emisor y receptor identifican de forma unívoca cada conexión. La combinación de una dirección IP y un puerto es llamado socket. Es el par de sockets (dirección IP + puerto del emisor y dirección IP+ puerto del receptor) emisor y receptor el que especifica los dos puntos finales que unívocamente se corresponden con cada conexión TCP en internet.
 - o Número de secuencia (32 bits): Identifica el byte del flujo de datos enviado por el emisor TCP al receptor TCP que representa el primer byte de datos del segmento.

Si consideramos un flujo de bytes unidireccional entre las dos aplicaciones, TCP numera cada byte con un número de secuencia. Este número de secuencia es de 32 bits sin signo que retorna a 0 al llegar a $2^{32} - 1$.

Cuando una conexión está siendo establecida el flag SYN se activa y el campo del número de secuencia contiene el ISN (initial sequence number) elegido por el host para esa conexión. El número de secuencia del primer byte de datos será el $ISN+1$ ya que el flag SYN consume un número de secuencia.
 - o Número de acuse de recibo (32 bits): Contiene el valor del siguiente número de secuencia que el emisor del segmento espera recibir. Una vez que la conexión ha sido establecida, este número se envía siempre y se valida con el flag ACK activado. Enviar ACKs no cuesta nada ya que el campo de acuse de recibo siempre forma parte de la cabecera, al igual que el flag ACK. TCP se puede describir como un protocolo sin asentimientos selectivos o negativos ya que el número de asentimiento en la cabecera TCP significa que se han recibido correctamente los bytes anteriores pero no se incluye ese byte. No se pueden asentir partes selectivas del flujo de datos (suponiendo que no estamos usando la opción SACK de asentimientos selectivos). Por ejemplo si se reciben correctamente los bytes 1-1024 y el siguiente segmento contiene los bytes 2049-3072, el receptor no puede asentir este último segmento. Todo lo que puede enviar es un ACK con 1025 como número de asentimiento, al igual que si llega el segmento 1025-2048 pero con un error de checksum.



Monitorización de sistemas de generación de energía eléctrica



- Longitud de cabecera (4 bits): especifica el tamaño de la cabecera en palabras de 32 bits. Es requerido porque la longitud del campo “opciones” es variable. Por lo tanto el tamaño máximo de la cabecera está limitado a 60 bytes, mientras que sin “opciones” el tamaño normal será de 20 bytes. A este campo también se le suele llamar “data offset” por el hecho de que es la diferencia en bytes desde el principio del segmento hasta el comienzo de los datos.
- Reservado (3 bits): para uso futuro. Debe estar a 0.
- Flags (9 bits)
- NS (1 bit): ECN-nonce concealment protection. Para proteger frente a paquetes accidentales o maliciosos que se aprovechan del control de congestión para ganar ancho de banda de la red.
- CWR (1bit): Congestion Window Reduced. El flag se activa por el host emisor para indicar que ha recibido un segmento TCP con el flag ECE activado y ha respondido con el mecanismo de control de congestión.
- ECE (1 bit): Para dar indicaciones sobre congestión.
- URG (1 bit): Indica que el campo del puntero urgente es válido.
- ACK (1 bit): Indica que el campo de asentimiento es válido. Todos los paquetes enviados después del paquete SYN inicial deben tener activo este flag.
- PSH (1 bit): Push. El receptor debe pasar los datos a la aplicación tan pronto como sea posible, no teniendo que esperar a recibir más datos.
- RST (1 bit): Reset. Reinicia la conexión, cuando falla un intento de conexión, o al rechazar paquetes no válidos.
- SYN (1 bit): Synchronise. Sincroniza los números de secuencia para iniciar la conexión.
- FIN (1 bit): Para que el emisor (del paquete) solicite la liberación de la conexión.
- Tamaño de ventana o ventana de recepción (16 bits): Tamaño de la ventana de recepción que especifica el número máximo de bytes que pueden ser metidos en el buffer de recepción o dicho de otro modo, el número máximo de bytes pendientes de asentimiento. Es un sistema de control de flujo.



Monitorización de sistemas de generación de energía eléctrica



- Suma de verificación (16 bits): Checksum utilizado para la comprobación de errores tanto en la cabecera como en los datos.
- Puntero urgente (16 bits): Cantidad de bytes desde el número de secuencia que indica el lugar donde acaban los datos urgentes.
- Opciones: Para poder añadir características no cubiertas por la cabecera fija.
- Relleno: Se utiliza para asegurarse que la cabecera acaba con un tamaño múltiplo de 32 bits.

Funcionamiento del protocolo en detalle:

Las conexiones TCP se componen de tres etapas:

1. establecimiento de conexión,
2. transferencia de datos, y
3. fin de la conexión.

Para establecer la conexión se usa el procedimiento llamado “negociación en tres pasos” (3-way handshake). Para la desconexión se usa una “negociación en cuatro pasos” (4-way handshake). Durante el establecimiento de la conexión, se configuran algunos parámetros tales como el número de secuencia con el fin de asegurar la entrega ordenada de los datos y la robustez de la comunicación.

Establecimiento de la conexión (negociación en tres pasos):

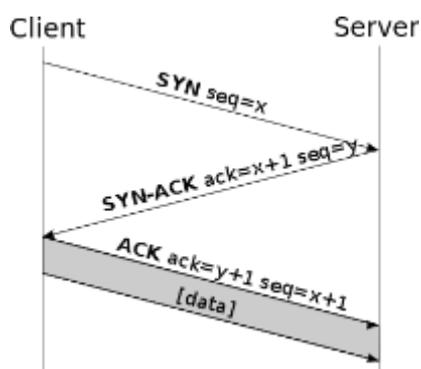


Figura 4.28. Negociación en tres pasos.

Aunque es posible que un par de entidades finales comiencen una conexión entre ellas simultáneamente, normalmente una de ellas abre un *socket* en un determinado puerto TCP y se queda a la escucha de nuevas conexiones. Es común referirse a esto como apertura pasiva, y determina el lado servidor de una conexión. El lado cliente de una conexión realiza una apertura



Monitorización de sistemas de generación de energía eléctrica



activa de un puerto enviando un paquete SYN inicial al servidor como parte de la negociación en tres pasos. En el lado del servidor (este receptor también puede ser una PC o alguna estación terminal) se comprueba si el puerto está abierto, es decir, si existe algún proceso escuchando en ese puerto, pues se debe verificar que el dispositivo de destino tenga este servicio activo y esté aceptando peticiones en el número de puerto que el cliente intenta usar para la sesión. En caso de no estarlo, se envía al cliente un paquete de respuesta con el bit RST activado, lo que significa el rechazo del intento de conexión. En caso de que sí se encuentre abierto el puerto, el lado servidor respondería a la petición SYN válida con un paquete SYN/ACK. Finalmente, el cliente debería responderle al servidor con unACK, completando así la negociación en tres pasos (SYN, SYN/ACK y ACK) y la fase de establecimiento de conexión. Es interesante notar que existe un número de secuencia generado por cada lado, ayudando de este modo a que no se puedan establecer conexiones falseadas (spoofing).

Transferencia de datos:

Durante la etapa de transferencia de datos, una serie de mecanismos claves determinan la fiabilidad y robustez del protocolo. Entre ellos están incluidos el uso del número de secuencia para ordenar los segmentos TCP recibidos y detectar paquetes duplicados, *checksums* para detectar errores, y asentimientos y temporizadores para detectar pérdidas y retrasos.

Durante el establecimiento de conexión TCP, los “números iniciales de secuencia” son intercambiados entre las dos entidades TCP. Estos números de secuencia son usados para identificar los datos dentro del flujo de bytes, y poder identificar (y contar) los bytes de los datos de la aplicación. Siempre hay un par de números de secuencia incluidos en todo segmento TCP, referidos al número de secuencia y al número de asentimiento. Un emisor TCP se refiere a su propio número de secuencia cuando habla de número de secuencia, mientras que con el número de asentimiento se refiere al número de secuencia del receptor. Para mantener la fiabilidad, un receptor asiente los segmentos TCP indicando que ha recibido una parte del flujo continuo de bytes. Una mejora de TCP, llamada asentimiento selectivo (Selective Acknowledgement, SACK) permite a un receptor TCP asentir los datos que se han recibido de tal forma que el remitente solo retransmita los segmentos de datos que faltan.

A través del uso de números de secuencia y asentimiento, TCP puede pasar los segmentos recibidos en el orden correcto dentro del flujo de bytes a la aplicación receptora. Los números de secuencia son de 32 bits (sin signo), que vuelve a cero tras el siguiente byte después del $2^{32}-1$. Una de las claves para mantener la robustez y la seguridad de las conexiones TCP es la selección del número inicial de secuencia (Initial Sequence Number, ISN).



Monitorización de sistemas de generación de energía eléctrica



Un checksum de 16 bits, consistente en el complemento a uno de la suma en complemento a uno del contenido de la cabecera y datos del segmento TCP, es calculado por el emisor, e incluido en la transmisión del segmento. Se usa la suma en complemento a uno porque el acarreo final de ese método puede ser calculado en cualquier múltiplo de su tamaño (16-bit, 32-bit, 64-bit...) y el resultado, una vez plegado, será el mismo. El receptor TCP recalcula el checksum sobre las cabeceras y datos recibidos. El complemento es usado para que el receptor no tenga que poner a cero el campo del checksum de la cabecera antes de hacer los cálculos, salvando en algún lugar el valor del checksum recibido; en vez de eso, el receptor simplemente calcula la suma en complemento a uno con el checksum incluido, y el resultado debe ser igual a 0. Si es así, se asume que el segmento ha llegado intacto y sin errores.

Hay que fijarse en que el checksum de TCP también cubre los 96 bit de la cabecera que contiene la dirección origen, la dirección destino, el protocolo y el tamaño TCP. Esto proporciona protección contra paquetes mal dirigidos por errores en las direcciones.

El checksum de TCP es una comprobación bastante débil. En niveles de enlace con una alta probabilidad de error de bit quizá requiera una capacidad adicional de corrección/detección de errores de enlace. Si TCP fuese rediseñado hoy, muy probablemente tendría un código de redundancia cíclica (CRC) para control de errores en vez del actual checksum. La debilidad del checksum está parcialmente compensada por el extendido uso de un CRC en el nivel de enlace, bajo TCP e IP, como el usado en el PPP o en Ethernet. Sin embargo, esto no significa que el checksum de 16 bits es redundante: sorprendentemente, inspecciones sobre el tráfico de Internet han mostrado que son comunes los errores de software y hardware^[cita requerida] que introducen errores en los paquetes protegidos con un CRC, y que el checksum de 16 bits de TCP detecta la mayoría de estos errores simples.

Los asentimientos (ACK o Acknowledgments) de los datos enviados o la falta de ellos, son usados por los emisores para interpretar las condiciones de la red entre el emisor y receptor TCP. Unido a los temporizadores, los emisores y receptores TCP pueden alterar el comportamiento del movimiento de datos. TCP usa una serie de mecanismos para conseguir un alto rendimiento y evitar la congestión de la red (la idea es enviar tan rápido como el receptor pueda recibir). Estos mecanismos incluyen el uso de ventana deslizante, que controla que el transmisor mande información dentro de los límites del búfer del receptor, y algoritmos de control de flujo, tales como el algoritmo de evitación de la congestión, el de comienzo lento (slow-start), el de retransmisión rápida, el de recuperación rápida (fast recovery), y otros.



Control de flujo:

TCP usa control de flujo para evitar que un emisor envíe datos de forma más rápida de la que el receptor puede recibirlos y procesarlos. El control de flujo es un mecanismo esencial en redes en las que se comunican computadoras con distintas velocidades de transferencia. Por ejemplo, si una PC envía datos a un dispositivo móvil que procesa los datos de forma lenta, el dispositivo móvil debe regular el flujo de datos.

TCP usa una ventana deslizante para el control de flujo. En cada segmento TCP, el receptor especifica en el campo receive window la cantidad de bytes que puede almacenar en el búfer para esa conexión. El emisor puede enviar datos hasta esa cantidad. Para poder enviar más datos debe esperar que el receptor le envíe un ACK con un nuevo valor de ventana.

Tamaño de ventana TCP:

El tamaño de la ventana de recepción TCP es la cantidad de datos recibidos (en bytes) que pueden ser metidos en el búfer de recepción durante la conexión. La entidad emisora puede enviar una cantidad determinada de datos pero antes debe esperar un asentimiento con la actualización del tamaño de ventana por parte del receptor.

Un ejemplo sería el siguiente: un receptor comienza con un tamaño de ventana X y recibe Y bytes, entonces su tamaño de ventana será $(X - Y)$ y el transmisor sólo podrá mandar paquetes con un tamaño máximo de datos de $(X - Y)$ bytes. Los siguientes paquetes recibidos seguirán restando tamaño a la ventana de recepción. Esta situación seguirá así hasta que la aplicación receptora recoja los datos del búfer de recepción.

Escalado de ventana:

Para una mayor eficiencia en redes de gran ancho de banda, debe ser usado un tamaño de ventana mayor. El campo TCP de tamaño de ventana controla el movimiento de datos y está limitado a 16 bits, es decir, a un tamaño de ventana de 65.535 bytes.

Como el campo de ventana no puede expandirse se usa un factor de escalado. La escala de ventana TCP (TCP window scale) es una opción usada para incrementar el máximo tamaño de ventana desde 65.535 bytes, a 1 Gigabyte.

La opción de escala de ventana TCP es usada solo durante la negociación en tres pasos que constituye el comienzo de la conexión. El valor de la escala representa el número de bits desplazados a la izquierda de los 16 bits que forman el campo del tamaño de ventana. El valor de la escala puede ir desde 0 (sin desplazamiento) hasta 14. Hay que recordar que un número binario desplazado un bit a la izquierda es como multiplicarlo en base decimal por 2.



Fin de la conexión:

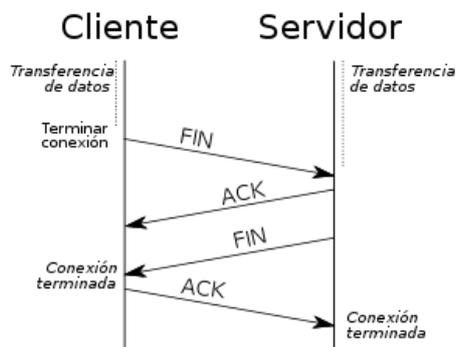


Figura 4.29. Cierre de una conexión según el estándar.

La fase de finalización de la conexión utiliza una negociación en cuatro pasos (four-way handshake), terminando la conexión desde cada lado independientemente. Sin embargo, es posible realizar la finalización de la conexión en 3 fases; enviando el segmento FIN y el ACK en uno solo. Cuando uno de los dos extremos de la conexión desea parar su "mitad" de conexión transmite un segmento con el flag FIN en 1, que el otro interlocutor asentirá con un ACK. Por tanto, una desconexión típica requiere un par de segmentos FIN y ACK desde cada lado de la conexión.

Una conexión puede estar "medio abierta" en el caso de que uno de los lados la finalice pero el otro no. El lado que ha dado por finalizada la conexión no puede enviar más datos pero la otra parte si podrá.

Puertos TCP:

TCP usa el concepto de número de puerto para identificar a las aplicaciones emisoras y receptoras. Cada lado de la conexión TCP tiene asociado un número de puerto (de 16 bits sin signo, con lo que existen 65536 puertos posibles) asignado por la aplicación emisora o receptora. Los puertos son clasificados en tres categorías:

1. bien conocidos,
2. registrados, y
3. dinámicos/privados.

Los puertos bien conocidos son asignados por la Internet Assigned Numbers Authority (IANA), van del 0 al 1023 y son usados normalmente por el sistema o por procesos con privilegios. Las aplicaciones que usan este tipo de puertos son ejecutadas como servidores y se quedan a la escucha de conexiones. Algunos ejemplos son: FTP (21), SSH (22), Telnet (23), SMTP (25) y HTTP (80).



Monitorización de sistemas de generación de energía eléctrica



Los puertos registrados son normalmente empleados por las aplicaciones de usuario de forma temporal cuando conectan con los servidores, pero también pueden representar servicios que hayan sido registrados por un tercero (rango de puertos registrados: 1024 al 49151).

Los puertos dinámicos/privados también pueden ser usados por las aplicaciones de usuario, pero este caso es menos común. Los puertos dinámicos/privados no tienen significado fuera de la conexión TCP en la que fueron usados (rango de puertos dinámicos/privados: 49152 al 65535, recordemos que el rango total de 2 elevado a la potencia 16, cubre 65536 números, del 0 al 65535).

Desarrollo de TCP:

TCP es un protocolo muy desarrollado y complejo. Sin embargo, mientras mejoras significativas han sido propuestas y llevadas a cabo a lo largo de los años, ha conservado las operaciones más básicas sin cambios desde el RFC 793, publicado en 1981. El documento RFC 1122 (Host Requirements for Internet Hosts), especifica el número de requisitos de una implementación del protocolo TCP.⁴ El RFC 2581 (Control de Congestión TCP) es uno de los más importantes documentos relativos a TCP de los últimos años, describe nuevos algoritmos para evitar la congestión excesiva. En 2001, el RFC 3168 fue escrito para describir la Notificación de Congestión Explícita (ECN), una forma de eludir la congestión con mecanismos de señalización. En los comienzos del siglo XXI, TCP es usado en el 95% de todos los paquetes que circulan por Internet.^[cita requerida] Entre las aplicaciones más comunes que usan TCP están HTTP/HTTPS (World Wide Web), SMTP/POP3/IMAP (correo electrónico) y FTP (transferencia de ficheros). Su amplia extensión ha sido la prueba para los desarrolladores originales de que su creación estaba excepcionalmente bien hecha.

Recientemente, un nuevo algoritmo de control de congestión fue desarrollado y nombrado como FAST TCP (Fast Active queue management Scalable Transmission Control Protocol) por los científicos de California Institute of Technology (Caltech). Es similar a TCP Vegas en cuanto a que ambos detectan la congestión a partir de los retrasos en las colas que sufren los paquetes al ser enviados a su destino. Todavía hay un debate abierto sobre si este es un síntoma apropiado para el control de la congestión.

Comparativa entre UDP y TCP:

- UDP: proporciona un nivel de transporte no fiable de datagramas, ya que apenas añade la información necesaria para la comunicación extremo a extremo al paquete que envía al nivel inferior. Lo utilizan aplicaciones como NFS (Network File System) y RCP (comando para copiar ficheros entre computadores remotos), pero sobre todo se emplea en tareas de control y en la transmisión de audio y vídeo a través de una red. No introduce retardos para establecer una conexión, no mantiene estado de conexión alguno y no realiza seguimiento de estos



Monitorización de sistemas de generación de energía eléctrica



parámetros. Así, un servidor dedicado a una aplicación particular puede soportar más clientes activos cuando la aplicación corre sobre UDP en lugar de sobre TCP.

- TCP: es el protocolo que proporciona un transporte fiable de flujo de bits entre aplicaciones. Está pensado para poder enviar grandes cantidades de información de forma fiable, liberando al programador de la dificultad de gestionar la fiabilidad de la conexión (retransmisiones, pérdida de paquetes, orden en el que llegan los paquetes, duplicados de paquetes...) que gestiona el propio protocolo. Pero la complejidad de la gestión de la fiabilidad tiene un coste en eficiencia, ya que para llevar a cabo las gestiones anteriores se tiene que añadir bastante información a los paquetes que enviar. Debido a que los paquetes para enviar tienen un tamaño máximo, cuanto más información añade el protocolo para su gestión, menos información que proviene de la aplicación podrá contener ese paquete (el segmento TCP tiene una sobrecarga de 20 bytes en cada segmento, mientras que UDP solo añade 8 bytes). Por eso, cuando es más importante la velocidad que la fiabilidad, se utiliza UDP. En cambio, "TCP asegura la recepción en destino de la información para transmitir".

Capítulo 5.- Implementación Informática



5. IMPLEMENTACIÓN INFORMÁTICA:

La monitorización de la producción de energía de los dispositivos se podrá visualizar a través de la pantalla de un ordenador, por medio de la programación de un software en labview, se ha llevado a cabo un programa que cumple estas funciones. Para tener un mayor conocimiento se explica el funcionamiento y como trabaja el software Labview.

5.1. **Introducción a Labview:**

LabVIEW constituye un revolucionario sistema de programación gráfica para aplicaciones que involucren adquisición, control, análisis y presentación de datos. Las ventajas que proporciona el empleo de LabVIEW se resumen en las siguientes:

- Se reduce el tiempo de desarrollo de las aplicaciones al menos de 4 a 10 veces, ya que es muy intuitivo y fácil de aprender.
- Dota de gran flexibilidad al sistema, permitiendo cambios y actualizaciones tanto del hardware como del software.
- Da la posibilidad a los usuarios de crear soluciones completas y complejas.
- Con un único sistema de desarrollo se integran las funciones de adquisición, análisis y presentación de datos.
- El sistema está dotado de un compilador gráfico para lograr la máxima velocidad de ejecución posible.
- Tiene la posibilidad de incorporar aplicaciones escritas en otros lenguajes.

LabVIEW es un entorno de programación destinado al desarrollo de aplicaciones, similar a los sistemas de desarrollo comerciales que utilizan el lenguaje C o BASIC. Sin embargo, LabVIEW se diferencia de dichos programas en un importante aspecto: los citados lenguajes de programación se basan en líneas de texto para crear el código fuente del programa, mientras que LabVIEW emplea la programación gráfica o lenguaje G para crear programas basados en diagramas de bloques.

Para el empleo de LabVIEW no se requiere gran experiencia en programación, ya que se emplean iconos, términos e ideas familiares a científicos e ingenieros, y se apoya sobre símbolos gráficos en lugar de lenguaje escrito para construir las aplicaciones. Por ello resulta mucho más intuitivo que el resto de lenguajes de programación convencionales.

LabVIEW posee extensas librerías de funciones y subrutinas. Además de las funciones básicas de todo lenguaje de programación, LabVIEW incluye librerías específicas para la adquisición de datos, control de instrumentación VXI, GPIB y comunicación serie, análisis presentación y guardado de datos.



LabVIEW también proporciona potentes herramientas que facilitan la depuración de los programas.

5.2. Software Labview:

Los programas desarrollados mediante LabVIEW se denominan Instrumentos Virtuales (VIs), porque su apariencia y funcionamiento imitan los de un instrumento real. Sin embargo son análogos a las funciones creadas con los lenguajes de programación convencionales. Los VIs tienen una parte interactiva con el usuario y otra parte de código fuente, y aceptan parámetros procedentes de otros VIs. Todos los VIs tienen un panel frontal y un diagrama de bloques. Las paletas contienen las opciones que se emplean para crear y modificar los VIs. A continuación se procederá a realizar una somera descripción de estos conceptos.

A) *Panel Frontal:*

Se trata de la interfaz gráfica del VI con el usuario. Esta interfaz recoge las entradas procedentes del usuario y representa las salidas proporcionadas por el programa. Un panel frontal está formado por una serie de botones, pulsadores, potenciómetros, gráficos, etc.

Cada uno de ellos puede estar definido como un control (a) o un indicador (b). Los primeros sirven para introducir parámetros al VI, mientras que los indicadores se emplean para mostrar los resultados producidos, ya sean datos adquiridos o resultados de alguna operación.

B) *Diagrama de bloques:*

El diagrama de bloques constituye el código fuente del VI. En el diagrama de bloques es donde se realiza la implementación del programa del VI para controlar o realizar cualquier procesado de las entradas y salidas que se crearon en el panel frontal.

El diagrama de bloques incluye funciones y estructuras integradas en las librerías que incorpora LabVIEW. En el lenguaje G las funciones y las estructuras son nodos elementales. Son análogas a los operadores o librerías de funciones de los lenguajes convencionales.

Los controles e indicadores que se colocaron previamente en el Panel Frontal, se materializan en el diagrama de bloques mediante los terminales

(a) Función.

(b) Terminales (control e indicador).

(c) Estructura.

El diagrama de bloques se construye conectando los distintos objetos entre sí, como si de un circuito se tratara. Los cables unen terminales de entrada y salida con los objetos correspondientes, y por ellos fluyen los datos.



LabVIEW posee una extensa biblioteca de funciones, entre ellas, aritméticas, comparaciones, conversiones, funciones de entrada/salida, de análisis, etc.

Las estructuras, similares a las declaraciones causales y a los bucles en lenguajes convencionales, ejecutan el código que contienen de forma condicional o repetitiva (bucle for, while, case,...).

Los cables son las trayectorias que siguen los datos desde su origen hasta su destino, ya sea una función, una estructura, un terminal, etc. Cada cable tiene un color o un estilo diferente, lo que diferencia unos tipos de datos de otros.

C) Paletas:

Las paletas de LabVIEW proporcionan las herramientas que se requieren para crear y modificar tanto el panel frontal como el diagrama de bloques. Existen las siguientes paletas:

Paleta de herramientas (Tools palette)



Se emplea tanto en el panel frontal como en el diagrama de bloques. Contiene las herramientas necesarias para editar y depurar los objetos tanto del panel frontal como del diagrama de bloques.

Las opciones que presenta esta paleta son las siguientes:

-  Operating tool – Cambia el valor de los controles.
-  Positioning tool – Desplaza, cambia de tamaño y selecciona los objetos.
-  Labeling tool – Edita texto y crea etiquetas.
-  Wiring tool – Une los objetos en el diagrama de bloques.
-  Object Pop-up Menu tool – Abre el menú desplegable de un objeto.



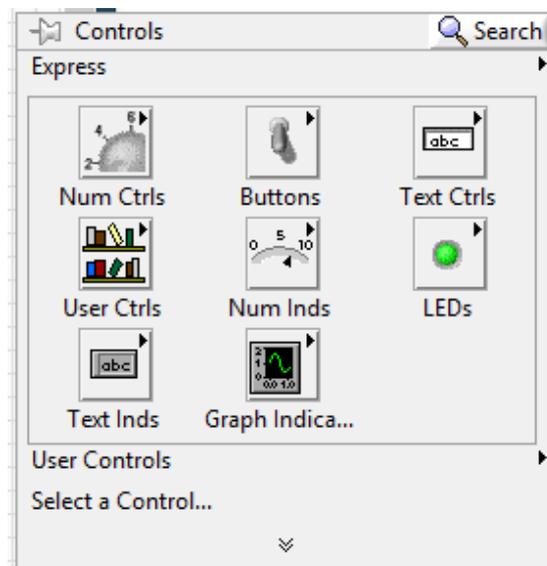
Scroll tool – Desplaza la pantalla sin necesidad de emplear las barras de desplazamiento.



Breakpoint tool – Fija puntos de interrupción de la ejecución del programa en VIs, funciones y estructuras.

Paleta de controles (Controls palette):

Se utiliza únicamente en el panel frontal. Contiene todos los controles e indicadores que se emplearán para crear la interfaz del VI con el usuario.



El menú Controls de la ventana correspondiente al panel frontal contiene las siguientes opciones:



Numeric – Para la introducción y visualización de cantidades numéricas.



Boolean – Para la entrada y visualización de valores booleanos.



String & Table – Para la entrada y visualización de texto.



List & Ring – Para visualizar y/o seleccionar una lista de opciones.



Array & Cluster – Para agrupar elementos.

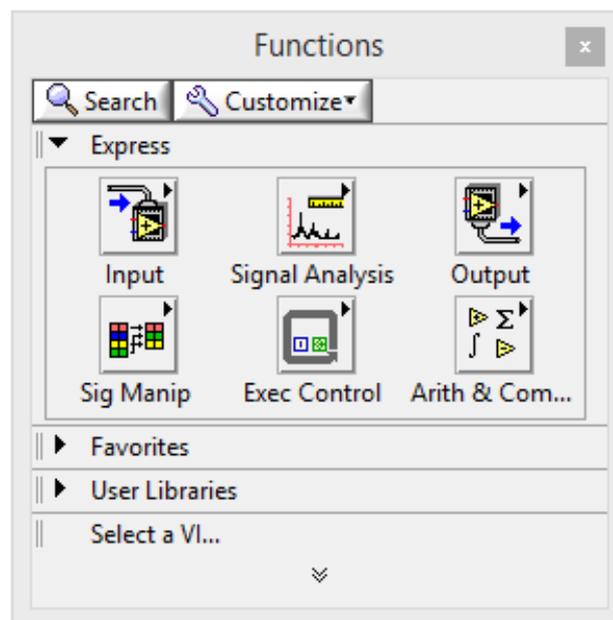


Graph – Para representar gráficamente los datos.

Al seleccionar objetos desde el menú Controls estos aparecen sobre el panel frontal, pueden colocarse donde convenga, y además tienen su propio menú desplegable que permite la configuración de algunos parámetros específicos de cada tipo de control.

Paleta de funciones (functions palette):

Se emplea en el diseño del diagrama de bloques. La paleta de funciones contiene todos los objetos que se emplean en la implementación del programa del VI, ya sean funciones aritméticas, de entrada/salida de señales, entrada/salida de datos a fichero, adquisición de señales, temporización de la ejecución del programa,



Para seleccionar una función o estructura concretas, se debe desplegar el menú Functions y elegir entre las opciones que aparecen. A continuación se enumeran todas ellas, junto con una pequeña definición.



Structures – Muestra las estructuras de control del programa, junto con las variables locales y globales.



Numeric – Muestra funciones aritméticas y constantes numéricas.



Boolean – Muestra funciones y constantes lógicas.



String – Muestra funciones para manipular cadenas de caracteres, así como constantes de caracteres.



Array – Contiene funciones útiles para procesar datos en forma de vectores, así como constantes de vectores.



Cluster – Contiene funciones útiles para procesar datos procedentes de gráficas y destinados a ser representados en ellas, así como las correspondientes constantes.



Comparison – Muestra funciones que sirven para comparar números, valores booleanos o cadenas de caracteres.



Time & Dialog – Contiene funciones para trabajar con cuadros de diálogo, introducir contadores y retardos, etc.



Data Acquisition – Contiene a su vez un submenú donde puede elegirse entre distintas librerías referentes a la adquisición de datos.



Analysis – Contiene un submenú en el que se puede elegir entre una amplia gama de funciones matemáticas de análisis

Programación en labview.

Con el entorno gráfico de programación de LabVIEW se comienza a programar a partir del panel frontal.

En primer lugar se definirán y seleccionarán de la paleta de controles todos los controles (entradas que dará el usuario) e indicadores (salidas que presentará en pantalla el VI) que se emplearán para introducir los datos por parte del usuario y presentar en pantalla los resultados.

Una vez colocados en la ventana correspondiente al panel frontal todos los objetos necesarios, debe pasarse a la ventana Diagram (menú Windows > Show Diagram), que es donde se realiza la programación propiamente dicha (diagrama de bloques). Al abrir esta ventana, en



ella se encuentran los terminales correspondientes a los objetos situados en el panel frontal, dispuestos automáticamente por LabVIEW.

Se deben ir situando las funciones, estructuras, etc. que se requieran para el desarrollo del programa, las cuales se unen a los terminales mediante cables.

Para facilitar la tarea de conexión de todos los terminales, en el menú “Help” puede elegirse la opción “Show Help”, con lo que al colocar el cursor del ratón sobre un elemento aparece una ventana con información relativa a éste (parámetros de entrada y salida). Además, si se tiene seleccionado el cursor de cableado, al situar éste sobre un elemento se muestran los terminales de forma intermitente.

Ejecución de un vi

Una vez se ha concluido la programación del VI se debe proceder a su ejecución. Para ello la ventana activa debe ser el panel frontal (si se está en la ventana del diagrama de bloques, se debe seleccionar la opción Show Panel del menú Window).

Una vez situados en el panel frontal, se pulsará el botón de Run, situado en la barra de herramientas.



RUN

El programa comenzará a ejecutarse. Mientras dura la ejecución del mismo, la apariencia del botón de Run es la que se muestra a continuación:



De este modo el programa se ejecutará una sola vez. Si se desea una ejecución continua, se pulsará el botón situado a la derecha del de Run (Continuous Run). Si durante el funcionamiento continuo del programa se vuelve a pulsar el citado botón, se finalizará la última ejecución del mismo, tras lo cual el programa se parará.



Continuos Run

Para finalizar la ejecución de un programa se puede operar de dos formas. La primera, y la más aconsejable, es emplear un botón en el panel frontal del VI, cuya pulsación produzca la interrupción del bucle de ejecución de la aplicación. La segunda forma de detener la ejecución del VI es pulsando el botón de pausa o el de stop. La diferencia entre ambos es que si se pulsa stop, la ejecución del programa finaliza inmediatamente, mientras que si se pulsa pausa, se produce una detención en el funcionamiento del programa, retomándose su ejecución una vez se vuelve a pulsar el mismo botón.



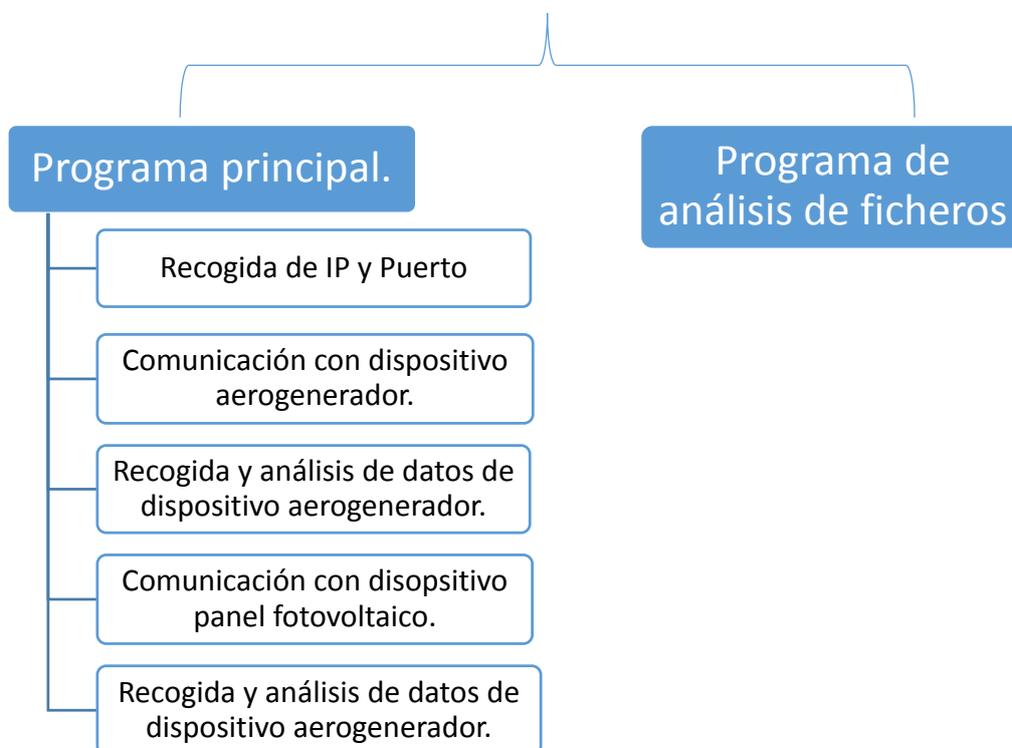
Stop y Pausa

5.3. Estructura del software de comunicación:

5.3.1. Descripción:

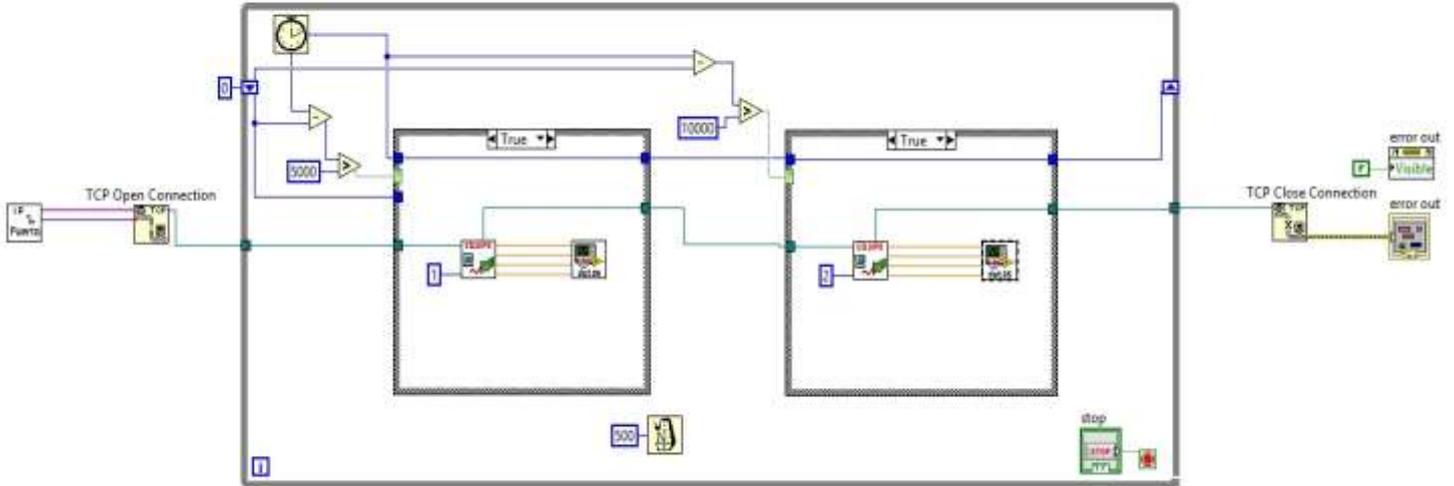
El software base del proyecto es un programa realizado en Labview, dicho programa lo he estructurado de la siguiente forma o manera:

5.3.2. Diagrama de flujo del programa:



5.3.3. Funcionamiento:

5.3.3.1. Programa principal:



Para el programa principal he creado este icono, para que así nos pueda servir para que fuera un subvi si nos hiciera falta.

Estos iconos son los correspondientes a las imágenes que he insertado para los iconos de EII y el de la Universidad de Valladolid.



Estos iconos no tienen incidencia para la compilación del programa y por ello como vemos, no se cablean.

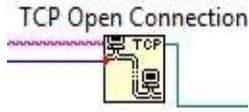
Su vista en el panel frontal es la siguiente:



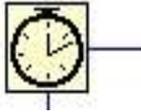
El programa principal está formado por los siguientes iconos:



Subprograma creado para la lectura de la IP y del puerto para la poder realizar la comunicación, más adelante se explica el funcionamiento y la ejecución del mismo.

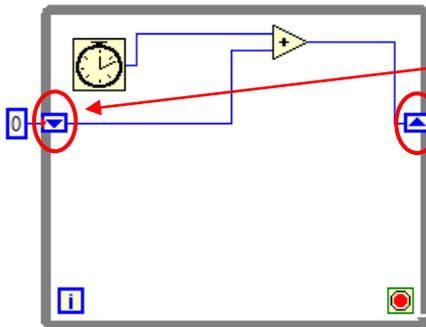


TCP Open Connection: es un icono que cableado de la forma correcta, abre la comunicación. Los datos de entrada han de ser el puerto (cable azul) y la dirección IP del/de los dispositivos que queremos comunicar (cable lila), nos devolverá un true por el cable verde cuando la comunicación se haya efectuado correctamente.



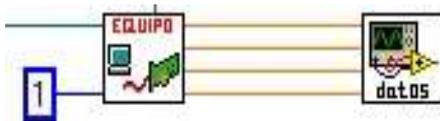
Se utiliza para contabilizar el tiempo (en este caso milisegundos), yo lo he utilizado en mi programa para establecer un criterio de comunicación y no poder comunicar todo el rato así evitar errores, es decir, en mi programa mido el tiempo con esta función y luego lo que hago es compararlo con el tiempo anterior de la siguiente manera:

Creo un registro de desplazamiento



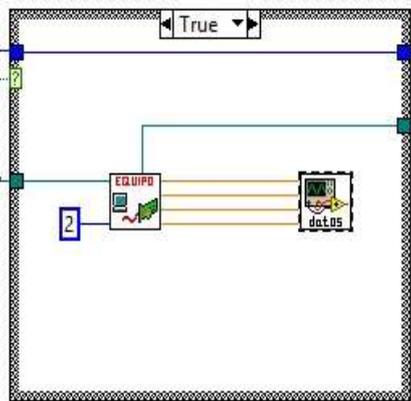
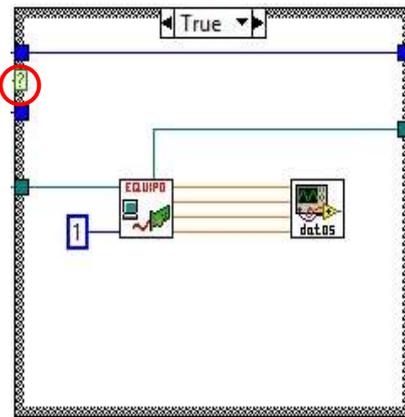
Lo que hace este registro es en la izquierda recoger el valor que se guarda en la derecha, le he creado una constante = 0, para que se inicialice en 0 y luego para este caso se suma el valor al del tiempo y ese valor es el que se guarda en el registro de desplazamiento de la derecha (y el que recoge el de la izquierda). Esta función de labview nos da mucha flexibilidad porque nos deja almacenar datos para poder utilizar más adelante, en este caso voy a contabilizar el tiempo de comunicación.

Lo que hace este registro es guardar el último valor, entonces yo cojo guardo el último valor de tiempo y luego lo comparo, de tal forma que si es mayor que un valor (500 milisegundos para el aerogenerador y 1000 milisegundos para el panel solar fotovoltaico, entonces se me activará una condición de verdadero que tengo en una secuencia estructural, que más adelante explico.

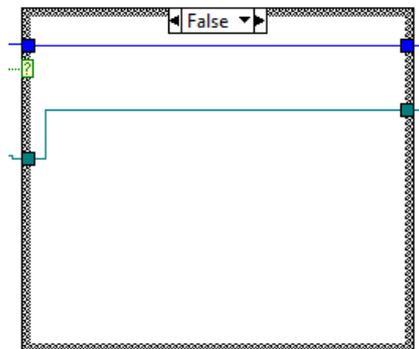


Este conjunto de subprogramas los meto dentro de una sentencia condicional, para que cuando esté en true (lo estará cuando el tiempo de medición sea inferior a 500 milisegundos para el aerogenerador y de 1000 milisegundos para el panel solar fotovoltaico), entre dentro de la sentencia de control y activen estos subvis, que más adelante explicaré sus funciones.

Da la condición de ejecución de la sentencia de control con un true, se ejecuta la parte del true y con un false, se ejecuta la parte del false, que para este caso es que no mida, simplemente que pase la comunicación y se vuelve a medir tiempo para que comunique y se mida de nuevo en los dispositivos.



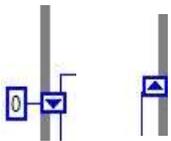
Sentencia True, mido en el equipo 2



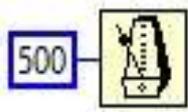
Sentencia False, no mido, pero no cierro programa.



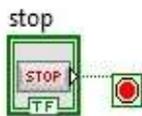
Comparo el tiempo para el panel solar fotovoltaico, si es mayor que 1000 milisegundos me devuelve un true y entonces entrará en la sentencia de control con un true, si es menor me devolverá un false y entrará en la sentencia de control con un false.



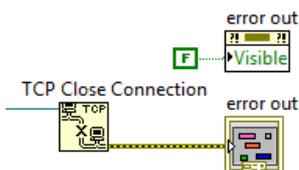
Estos iconos son los registros de desplazamiento, en el de la izquierda al iniciar el programa el valor inicial es un cero, para que en la primera iteración se guarde un cero y se compare el tiempo con un cero, el de la derecha es el valor a aguardar, es decir después de haber comunicado se mide el tiempo y se guarda y es con lo que después voy a comparar para no poder comunicar si el tiempo es mayor a un valor que yo fije que como ya he comentado es de milisegundos para el aerogenerador y de 1000 milisegundos para el panel solar fotovoltaico.



Cronómetro de tiempo esta función se utiliza en los bucles para que no haya problemas en las iteraciones y se utiliza porque lo que hace es no medir hasta un determinado tiempo que le indiques, en este caso he puesto 500 milisegundos es decir que cada 500 milisegundos ejecute el bucle y no antes, si puede ser después de ese tiempo pero no antes, así evitamos interacción de datos.



Es el botón de stop para para la ejecución del programa cuando se desee.

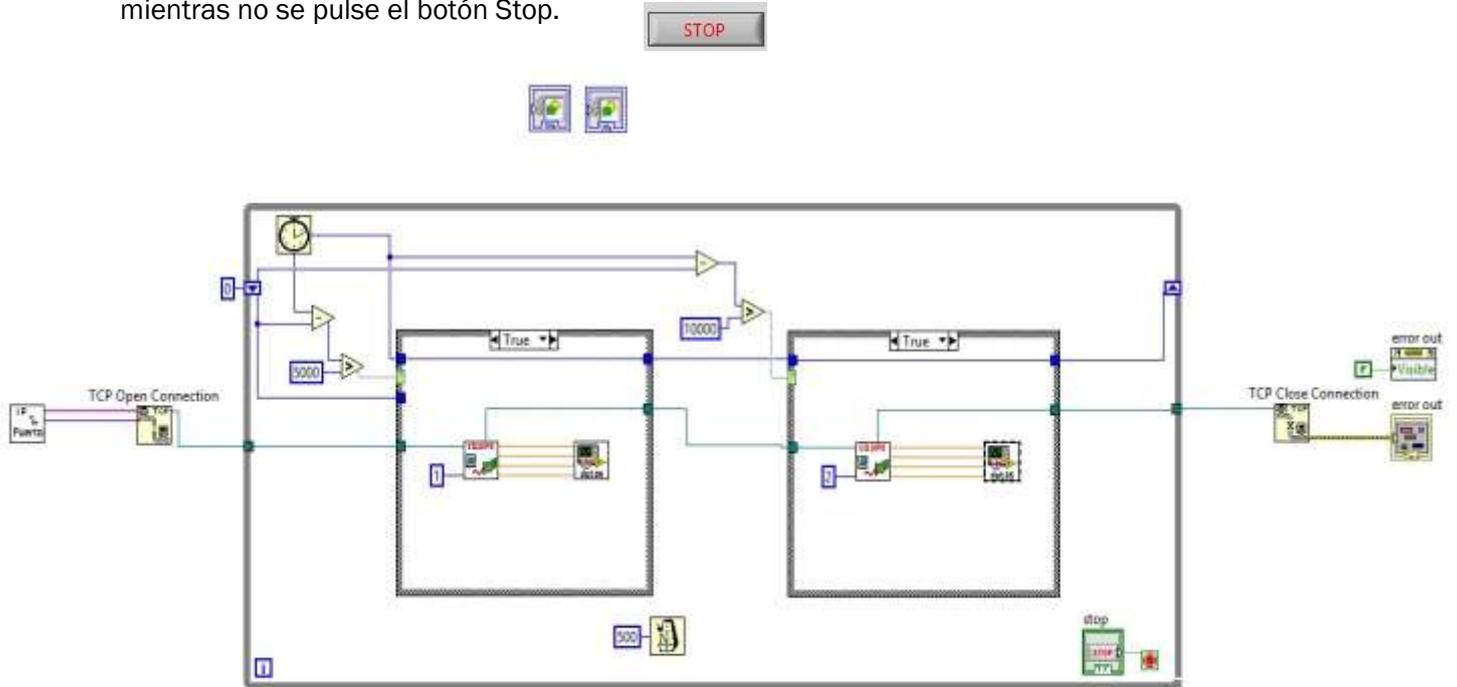


Cierre de la comunicación TCP Close Connection en esta función se cierra la comunicación, además la he añadido error out, para que si hubiera algún error en que nos lo mostrara, a este error le he puesto una propiedad la de invisibilidad, para que nos informe del error en caso de



existir, pero no salga en pantalla todo el rato error no error no, y así sucesivamente, solo cuando haya error salta y se va directamente y se ve.

El programa principal consta como se puede observar por un bucle while loop, que se ejecutará mientras no se pulse el botón Stop.



El programa se ejecuta de izquierda a derecha y va haciendo lo siguiente:

Primero entrará en el subprograma IP&Puerto, que más adelante explico y de aquí recogerá los valores de IP&Puerto de un fichero, por el cable lila irá la dirección IP como cadena de caracteres y por el cable azul irá el puerto como un número entero de precisión 16 bits., esto se manda a una función propia de labview, que lo que hace es con estos dos datos abrir una comunicación y devolvernos por el cable verde un true cuando la comunicación se abra de forma correcta.

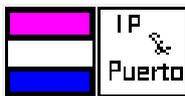
Este valor de condición de apertura de comunicación va a ir al bloque de equipo en el cual entrará este valor y el valor del periférico con el que queremos comunicar (en un caso será el 1 para el aerogenerador y en otro el 2 para el panel solar fotovoltaico). Esto sucederá como ya he dicho anteriormente cuando la sentencia de control esté en true, que será cuando el valor del tiempo medido sea inferior a 500 milisegundos para un caso y 1000 milisegundos para otro. De este bloque subvi que he creado y he llamado comunicación con equipo saldrán 4 valores los correspondientes a la tensión, intensidad de corriente, potencia y energía del equipo correspondiente en el primer caso el equipo 1 que es el aerogenerador y en el segundo caso con el equipo 2 que es el panel solar fotovoltaico. También sale la condición de que la comunicación sigue abierta con el cable verde, todo esto seguirá a la siguiente sentencia, que es lo mismo pero



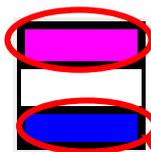
el equipo ahora es un dos, y entonces se recogerán otros datos diferentes y se guardarán en otro fichero que más adelante explico.

A la misma vez que se está ejecutando el bucle while un contador de tiempo empieza a contar y esto lo utilizo para comparar el tiempo entre mediciones, con ello podré esperar en la comunicación y así evitar errores en la misma, de este subvi llamado equipo y con el que hago la comunicación con el equipo 2 salen los mismo datos que para el equipo 1 tensión, intensidad de corriente, potencia y energía y al condición de la apertura de la comunicación, de aquí esta condición va al bloque TCP Connection Close que se encargará de cerrar la comunicación, y de este bloque no sale nada, yo he sacado la condición de error para que si hay un error en la comunicación me lo muestre.

5.3.3.1.1. Obtención de la IP y el Puerto:



Icono correspondiente al subvi en el que se obtiene la IP de los dispositivos y el puerto, a la izquierda están los terminales que explico cuales son y cómo se han de conectar.



Terminal de salida correspondiente a la dirección IP de los dispositivos con los que se desea comunicar, el formato es string o cadena de caracteres.

Terminal de salida correspondiente al puerto de los dispositivos con los que se desea comunicar, el formato es entero.

Los dos son terminales de salida puesto que cuando ejecute el programa lo que hará este es recibir información de un fichero y asignarle a uno la variable IP y a otro la variable puerto.

La variable IP será una cadena de caracteres puesto que al ser de la forma xxx.xxx.xx.xx labview no lo contempla como tipo numérico, y para la variable puerto será una variable de tipo entero, es decir, un número entero y es más será natural poruq para asignar el puerto no puede ser negativo.

La vista del programa principal en el panel frontal es la siguiente:

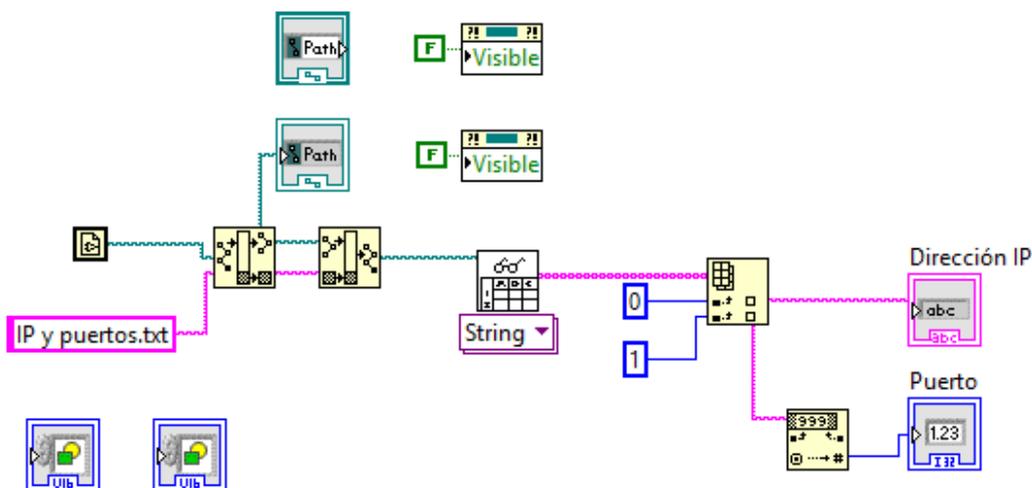
Le he puesto dos indicadores correspondientes a las variables puerto y a la variable IP.



Al ejecutar el programa lo que hará será lo siguiente:

Irá a un fichero llamado IP y puertos.txt que se encuentra en el mismo directorio que el programa principal, lo abrirá leerá y recogerá el primer dato hasta que encuentre un espacio y lo meterá en una variable llamada IP de formato cadena de caracteres o string y luego recogerá el siguiente dato que será de valor numérico, más concretamente un dato entero y lo guardará en la variable puerto. He puesto dos indicadores, para que muestre al usuario la IP y el puerto y así sepa éste si se va a hacer la comunicación correcta o por el contrario se ha podido confundir en el puerto o que alomejor se ha cambiado la IP y no es fija, aquí donde se han instalado los equipos la IP es fija y esto va a facilitar la programación, porque no hará falta cambiarlo pero también se podía haber hecho apara IP variable y este programa con solo cambiarla en el fichero IP y puerto.txt valdría y por ello he puesto indicadores para que lo muestre por pantalla.

El diagrama de bloques es el siguiente, lo explico detenidamente:





Estos iconos son los correspondientes a las imágenes que he para los iconos de EII y el de la Universidad de Valladolid.



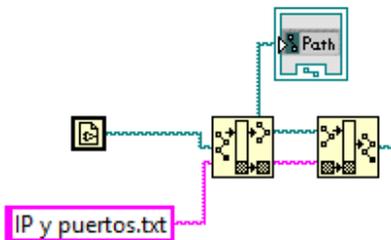
insertado

Estos iconos no tienen incidencia para la compilación del programa y por ello como vemos, no se cablean.

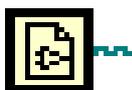
Su vista en el panel frontal es la siguiente:



Este icono lo he añadido y lo he puesto como invisible con un property nodo, para que no se utilice, porque la función de este icono es que el usuario le de la dirección de ruta donde se encuentra el archivo a leer, es decir, el archivo donde se encuentra la IP y el puerto, pero como yo lo he hecho automáticamente como explico más adelante no hace falta especificar la ruta puesto que el archivo se encontrará en la misma ubicación del programa., pero si por si se tiene un fichero que contenga estos datos en otro lugar del ordenador o incluso en un dispositivo externo como puede ser usb o un disco duro etcétera también se puede acceder simplemente pinchando y poniendo esa ruta.



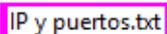
Esta parte del programa lo que hace es irse al directorio donde se encuentre el programa principal, buscar un fichero que se llame IP y puertos.txt retroceda un nivel, memoriza la ruta y luego vuelve a avanzar el nivel, así ya sabe la ruta donde está el programa principal. Los iconos y funciones de labview usadas son los siguientes:



Acude el al directorio en el que está el programa ejecutado.

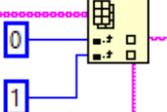


 Esta función busca el fichero IP y puertos.txt retrocede un nivel, así memorizaré la ruta más adelante.

 IP y puertos.txt

 Con este icono sumo un nivel entonces vuelvo a estar en donde está el programa principal, pero ya tengo la ruta memorizada que es lo que me interesa para poder leer el fichero.

 Lectura de fichero, te deja elegir la función a leer los datos, yo los leo todo como cadena de caracteres porque si no me da errores la leer la IP como dato numérico, y el puerto sé que es numérico por eso luego más adelante lo convertiré a dato numérico, pero como no voy a poder leer algunos datos como string y otro como enteros leo todo como string y luego convierto el segundo dato leído, que sé que es el puerto, lo convierto a entero y ya trabajo con él eso lo hace LabVIEW con una función más adelante descrita.

 Con esta función de Matlab creo un array las variables que entran por la izquierda son la cadena de caracteres que he leído anteriormente y luego una (la

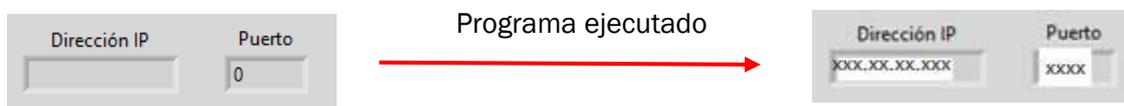
IP), la guardo en la posición cero, otra (el puerto), la guardo en la posición uno, y como se puede ver a la derecha salen esas dos cadenas de caracteres ahora si por separado y así las puedo tratar la IP la trato como cadena de caracteres o string y el puerto lo convertiré a entero con una función propia de LabVIEW que me lo permite.

 Con esta función lo que me hace es leer una cadena de caracteres y devolvérmela como dato numérico, concretamente dato entero. Lo he utilizado para convertir el puerto.

 Dirección IP Son los iconos de los indicadores de las variables dirección IP y del puerto, una vez que lo he recogido del fichero y he convertido lo necesario lo almaceno en estos indicadores y lo muestro al usuario por pantalla.

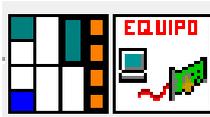
 Puerto

Su visión en el panel frontal es la siguiente:

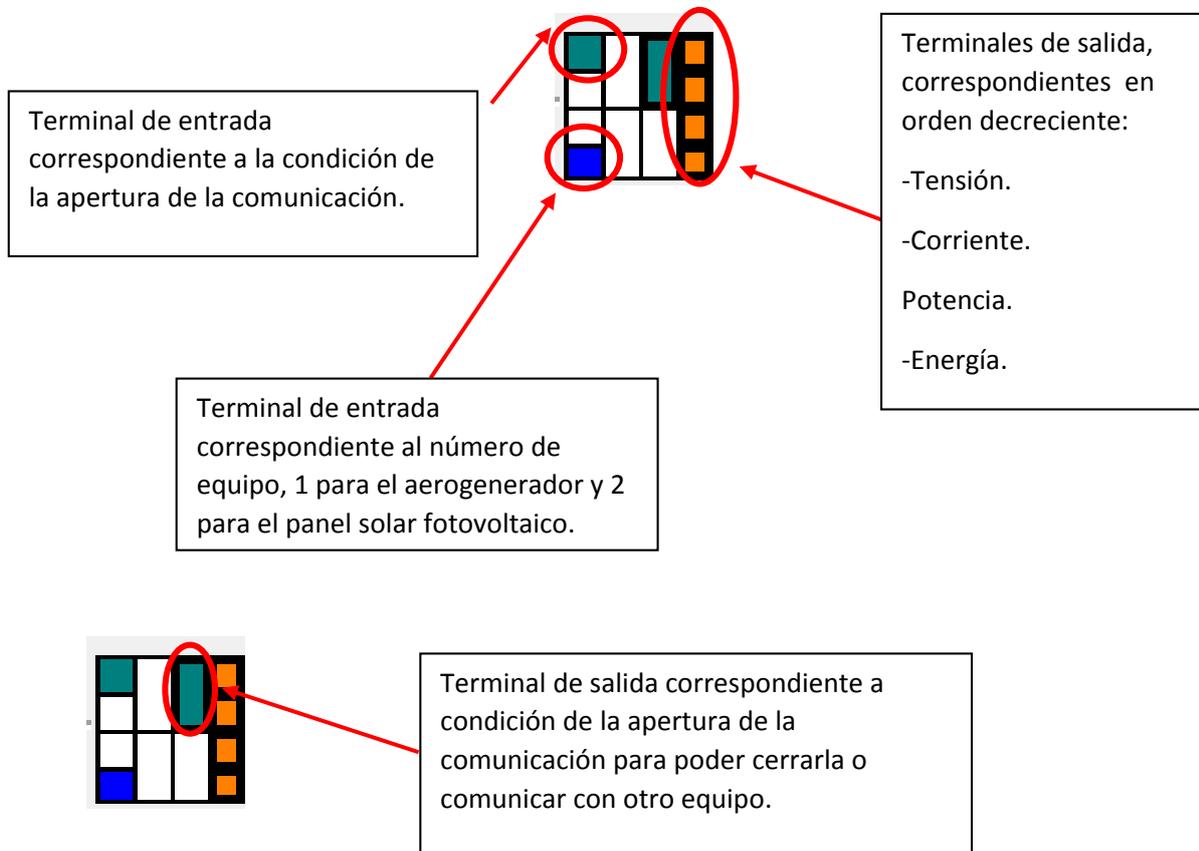


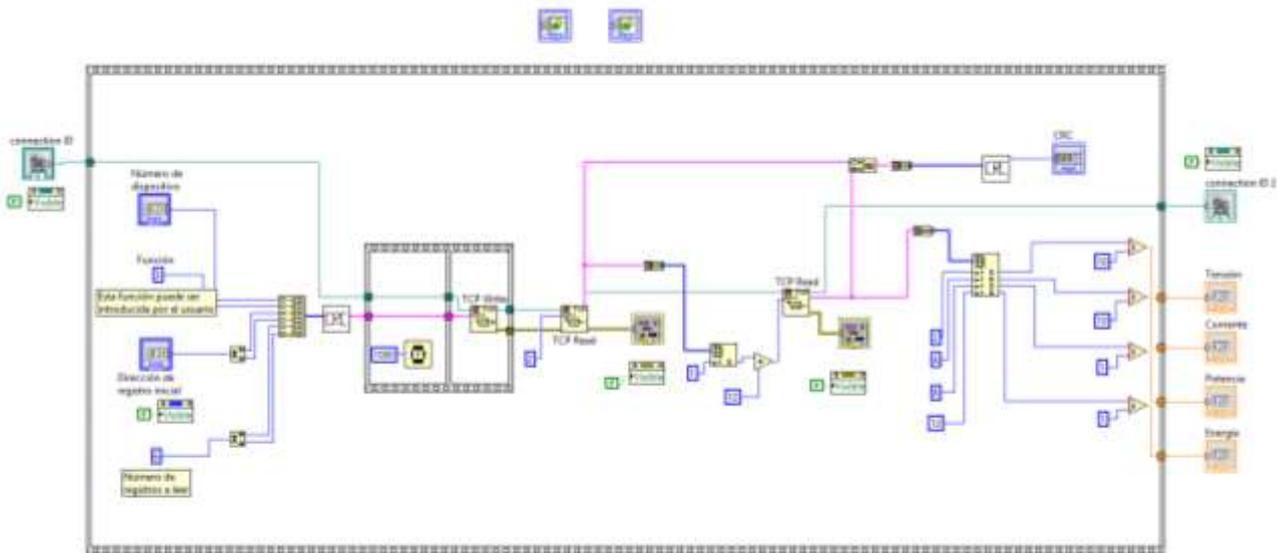


5.3.3.1.2. Comunicación y obtención de datos:



El subvi que he creado para la comunicación con un equipo (lo utilizo para los dos puesto que con el modo de comunicación Modbus RTU, se puede comunicar con hasta 32 equipos con solo dando la dirección del equipo con el que se va a comunicar, en este caso el dispositivo número 1 será el aerogenerador y el equipo número 2 será el panel solar fotovoltaico), aquí se ven los terminales, variables de entrada a la izquierda (Estado de apertura de la conexión) y variables de salida a la derecha (estado de la conexión, Tensión, Intensidad, Potencia y Energía).





El diagrama de bloques es el siguiente:

Las funciones de este subvi son las siguientes: Mediante la variable de entrada Conexcion ID, (esta variable lo que hace es enviar una afirmación de true cuando la comunicación esté abierta y un false cuando la comunicación no esté abierta halla un problema) a la función de escritura a la cual también hay que enviarla la función del cálculo del CRC.

La otra variable de entrada la he puesto con un controlador y es el número de dispositivo, con el modelo Modbus serie, se pueden comunicar has 32 equipos, para este caso solo se utilizan el número1 para un dispositivo y el número 2 para otro, pero esto se puede cambiar, si se decide montar en otro sitio y dar otra configuración a los equipos se pueden dar otro número de dispositivo y no sería necesario cambiar todo el programa, solo con cambiar correctamente el indicador nos valdría, por eso es muy útil y en el presente proyecto que tenemos dos equipos utilizo el mismo subvi y me vale para ambos equipos.

Una vez escritos los datos de los dispositivos con la función TCP write, se leen mediante la función TCP read, se deben de leer dos veces porque la primera vez que se leen solo se van a leer 8 bits y nos hacen falta más bits porque queremos leer más datos, entonces hacemos otra lectura.

Lo siguiente que hago es después de haber leído compruebo el CRC que tiene que ser igual a cero y eso lo saco en el panel frontal, más adelante lo explico, y si es igual a cero significa que la comunicación se ha realizado correctamente.

Al haber leído se me genera una cadena de caracteres que la voy a convertir en un array para que en cada posición del array aparezcan los datos y luego poder dirigirme a uno dos, tres,... o lo que me interesen y poder trabajar con ellos, en este caso y como he indicado antes con la forma de estos aparataos de mediad y de cómo recogen la información me van a interesar las



siguientes posiciones del vector que son las que recogeré (2= tensión en voltios, 4= corriente en amperios, 8=potencia en Kilwatios, 12=energía en Kilowatios por hora). Estas medias las voy guardando en un vector que le voy mostrando por pantalla y por ello se me van actualizando y cambiando los valores continuamente.

También del TCP read sale la condición del estado de apertura de la conexión.

En el panel frontal se ve lo siguiente:



Panel frontal para la comunicación con el dispositivo número 1, el cual es el aerogenerador, cuando el programa esté sin ejecutar con sale lo siguiente al momento de ejecutarlo nos saldrán los valores que tomen las variables de salida o indicadores de Tensión, Intensidad de Corriente, Potencia y Energía. Lo mismo sucederá con el programa creado para el dispositivo número 2, que como vemos son iguales y por ello la utilización de un único subvi para comunicar con los dos dispositivos no a la vez ni nunca a la vez porque no se podría, pero primero con uno y luego con el otro con solo cambiar el número de periférico, esta es una gran ventaja de este protocolo de comunicación.



El programa se está ejecutando de forma continuada a no ser que el usuario pulse el botón stop del programa principal, con el cual se detienen todos los subvi, si hiciera esto, en este panel aparecerían los datos de la última medición, sino cada vez que midiera aparecerían los datos de las mediciones que en ese momento está generando el dispositivo al cual está conectado.

El programa principal está formado por los siguientes bloques:



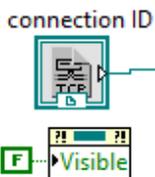
Estos iconos son los correspondientes a las imágenes que he para los iconos de EII y el de la Universidad de Valladolid.



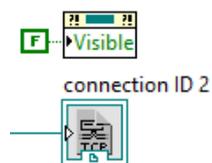
insertado

Estos iconos no tienen incidencia para la compilación del programa y por ello como vemos, no se cablean.

Su vista en el panel frontal es la siguiente:



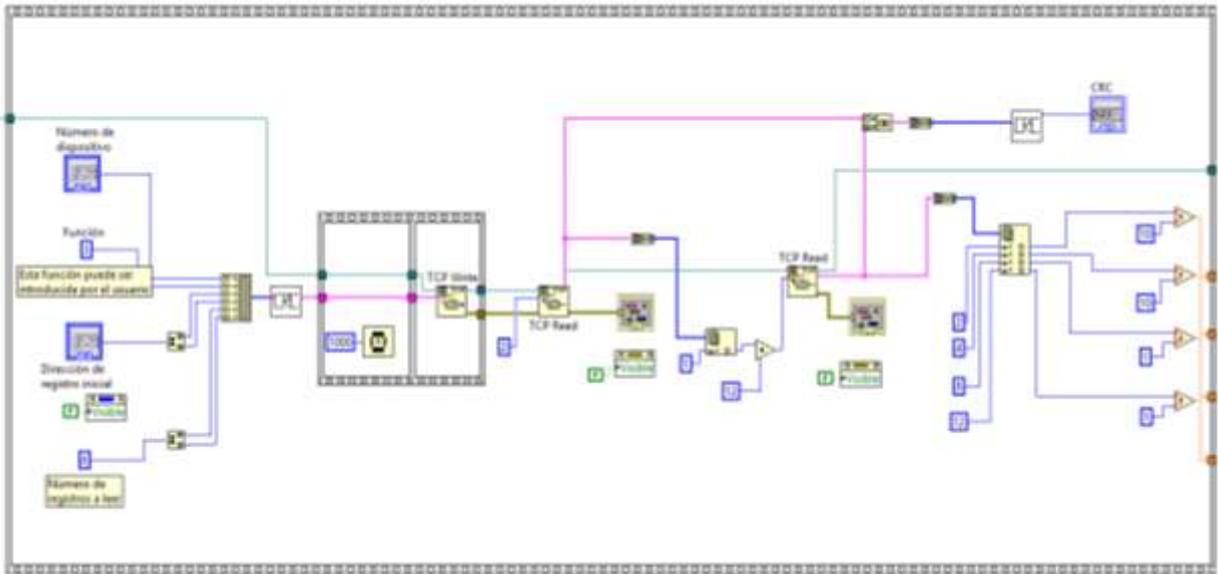
Estado de apertura o cierre de la comunicación envía un true cuando la comunicación se encuentra abierta. Es una variable de entrada por ello esta condición ya viene dada desde anteriormente por otro vi



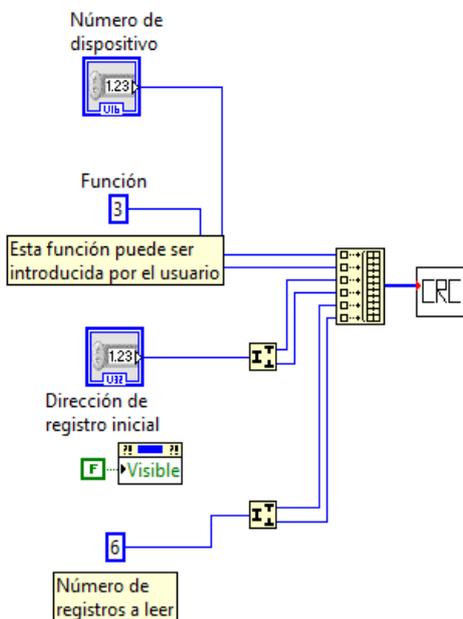
Estado de apertura o cierre de la comunicación recibe un true cuando la comunicación se encuentra abierta. Es una variable de salida, y por ello esta condición se podrá y se enviará a otro subvi o un tcp connection close para cerrarla.

En las dos variables he puesto un nodo propiedad o property node, para ponerlo invisible en el panel forntal ya que no nos va a indicar nada.

Para hacerlo de una forma más clara y sencilla de ejecutar y entender lo que he hecho es una estructura y dentro de ella he metido todo menos las variables ni de entrada que quedan fuera por la izquierda menos el número de dispositivo y las variables de salida que quedan por fuera por la parte derecha.



Para entender mejor el funcionamiento del subprograma lo explico de forma detallada cada función.



El número de dispositivo es un control para asignar el número de dispositivo que hemos configurado, ya explicado anteriormente.

El tipo de función es la 3 que como ya se ha explicado anteriormente es intrducida por el usuario que significa lectura de registros internos, lee los registros binarios que hay en el dispositivo.

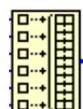
El siguiente dato es el control de dirección de registro inicial, yo le he puesto el 0 pero si quisieramos empezar a leer por otro valor se podría hacer también.

Lo último con un número 6 es el número de registros a leer.

Todo ello hace falta a labvire para construir un vector e introducirlo en un subvi creado para que calcule el CRC, pero para ello hace falta 8 bits y por ello se utiliza la siguiente función:



Con esta función de labview lo que hago es separar bits es decir cuando lo digo la dirección de registro inicial se necesitan 4 bits pero yo solo le doy 2, por que le doy el 0 que sería 00 y esta función lo que hace es separarlo a 00 00 es decir el cero pero con 4 bits ocurre lo mismo con el número de registros a leer yo le doy el 06, y el me lo divide con esa función a dos bits más 00 06.

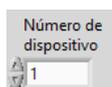


Con esta función lo que hago es crear un array de una fila y de columnas tantas como datos le meta, en este caso de 6.

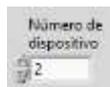
Número de dispositivo



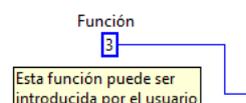
Es el control para referirnos a un dispositivo o al otro es lo que cambia de la comunicación con un equipo y con el otro. Su visión en el panel frontal es la siguiente:



Aerogenerador



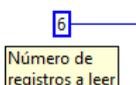
Panel solar fotovoltaico



Función leer registros internos, se lo meto como constante porque en el proyecto nos interesa leer los datos de medidas.



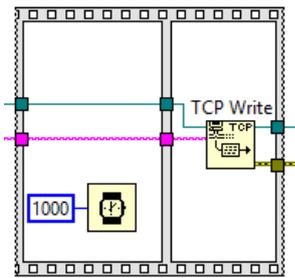
Controlador por si se quiere poner una dirección de registro inicial la que tiene por defecto que le he puesto yo es la 00 para que empiece a leer y lea todos los registros, pero si solo nos interesa un dato pues este valor se puede cambiar, para que no aparezca en el panel frontal, le he puesto un nudo propiedad o property node para que sea invisible.



Es el número de registros a leer, lo pongo como una constante y no se puede modificar solo desde el programa.

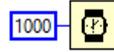


Una vez con todos estos datos se hace un array y se calcula el CRC en la comunicación. Más adelante se explica su función en el programa y su cálculo.

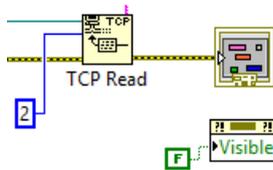


Estructura de control para que no se ponga a escribir nada más establecer la comunicación se evitan bastantes errores sobre todo de interferencias. Se esperan 1000 milisegundos y luego se escribe.

Se espera 1000 milisegundos, el programa sigue en ejecución.



Recibe la apertura de la conexión y escribe los datos que lee de los dispositivos a los que se conectan.



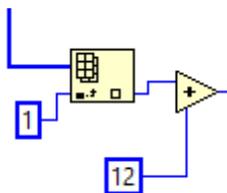
Función de lectura, se utiliza para las variables que entran son el estado de la comunicación, un true si está abierta, también entran los bites a leer que en la primera medida solo se pueden leer 2 bites, y por ello hay que hacer dos lecturas porque de una solo el software labview solo leerá dos bites.



Convierte una cadena en una matriz de bytes sin signo.

Cada byte de la matriz tiene el valor ASCII del carácter correspondiente en la cadena matriz de bytes sin signo es la matriz de salida . El primer byte de la matriz tiene el valor ASCII del primer carácter en cadena, el segundo byte tiene el segundo valor, y así sucesivamente.

Lo he utilizado para pasar de cadena de caracteres a un valor entero.



Con esta función puedo escoger de un array los datos de la posición que desee para este caso lo que quiero es que me de todos los datos que me acaba de convertir a datos numéricos le sumo 12 posiciones siendo las correspondientes a posición 1 tensión en voltios.

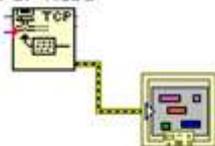


MODELO DH96 CPM MODEL			
Registros de Lectura (Códigos 03 y 04) / <i>Reading Registers (03 and 04 codes)</i>			
Variable medida / <i>measured</i>		Registro(DEC)	Register(HEX)
Voltage / <i>Voltaje</i>	V	1	00 01
Corriente / <i>Current</i>	A	2	00 02
Potencia / <i>Power</i>	kW	3	00 03
Potencia / <i>Power</i>	W	4	00 04
Energía / <i>Energy</i>	MW/h	5	00 05
Energía / <i>Energy</i>	kW/h	6	00 06
Energía / <i>Energy</i>	W/h	7	00 07
Pico Voltage / <i>Voltaje Peak</i>	wV *	8	00 08
Valle Voltage / <i>Voltaje Valley</i>	XV *	9	00 09
Pico Corriente / <i>Current Peak</i>	WA *	10	00 0A
Valle Corriente / <i>Current Valley</i>	XA *	11	00 0B
Pico Potencia / <i>Power Peak k</i>	wkW *	12	00 0C
Pico Potencia / <i>Power Peak</i>	wW *	13	00 0D
Valle Potencia / <i>Power Valley</i>	XkW *	14	00 0E
Valle Potencia / <i>Power Valley</i>	XW *	15	00 0F

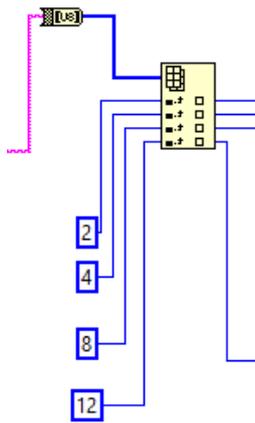
MODELO DH96 FT MODEL			
Registros de Lectura (Códigos 03 y 04) / <i>Reading Registers (03 and 04 codes)</i>			
Variable medida / <i>measured</i>		Registro(DEC)	Register(HEX)
Indicación / <i>Display</i>		1 - 2	00 01 - 00 02
Punto decimal Ind / <i>Decimal point display</i>		3	00 03
Pico Indicación / <i>Display Peak</i>	W *	4 - 5	00 04 - 00 05
Punto dec Pico Ind / <i>Dec Point Display Peak</i>		6	00 06
Valle Indicación / <i>Display Valley</i>	X *	7 - 8	00 07 - 00 08
Punto dec Valle Ind / <i>Dec Point Display Valley</i>		9	00 09

* Para resetear los valores de Pico y Valle, escribir en el registro-s correspondiente-s el valor 00, mediante el uso del código de función 06.

TCP Read

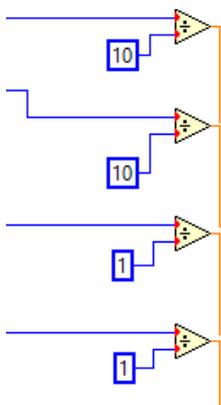


saco el error de la lectura en caso de que le hubiera.

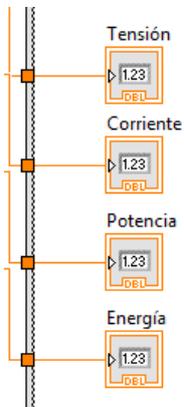


Construyo un array con los datos correspondientes, pero solo me interesan ciertas posiciones de ese array que son:

- 2 Tensión en Voltios.
- 4 Intensidad de corriente en Amperios.
- 8 Potencia en Kilowatios.
- 12 Energía en Kilowatios por hora.

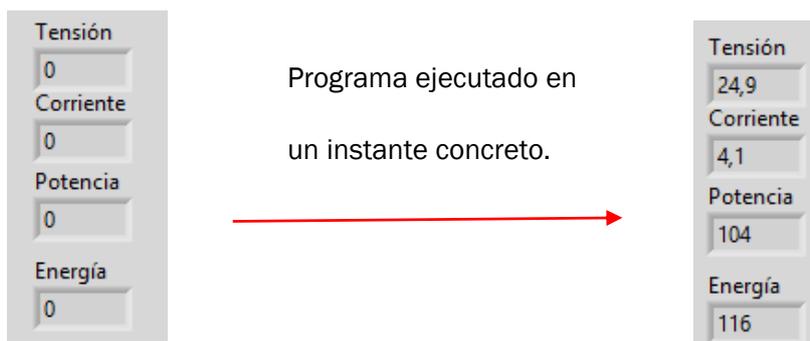


Algunas lecturas lee las variables pero su valor nos lo da multiplicado por una constante, en este caso lee el valor multiplicado por 10 caso de la tensión y corriente y por ello en algunos casos lo divido entre 10 y otros como los da correctos caso de potencia y energía los divido entre 1.



Estos datos voy pasandolos a un indicador y me va indicando los valores en cada instante que se está haciendo la comunicación, mostrándome únicamente los valores de la ultima medición por pantalla, son las variables de salida que me refería al principio del programa se me van a quedar guardadas y las utilizaré para enviarlas al siguiente subprograma en este si se crearán unos vectores que van a ser de tipo cluster y más tarde explicaré donde se me vana a guardar todos los datos.

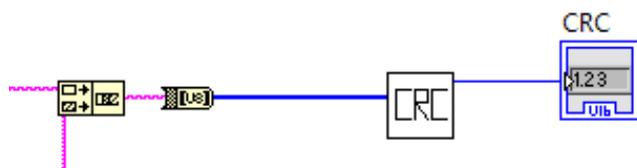
En el panel frontal se ve lo siguiente:





Todo esto se ha realizado dos veces el mismo subvi nos sirve tanto para el aerogenerador como para el panel solar fotovoltaico, sin más que cambiar el número de referencia del dispositivo a comunicar, que en este caso es el número 1 para el aerogenerador y el número 2 para el panel solar fotovoltaico, debido a la comunicación modbus RTU accederá a un dispositivo u otro y extraerá los datos pedidos.

Comprobación del CRC:

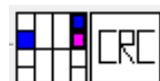
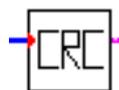


Compruebo el CRC que he calculado es decir convierto esa cadena de caracteres que he calculado y más adelante explico como, la convierto a número y calculo su CRC y le pongo un indicador, cada vez que se haga la comunicación este CRC tiene que ser cero sino estaría mal hecha y ese dato se ría erróneo, la comunicación se hace pero ese dato es erróneo.

En el panel frontal veríamos lo siguiente:

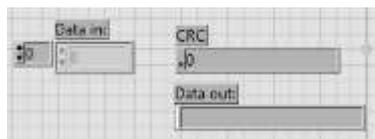


CRC:

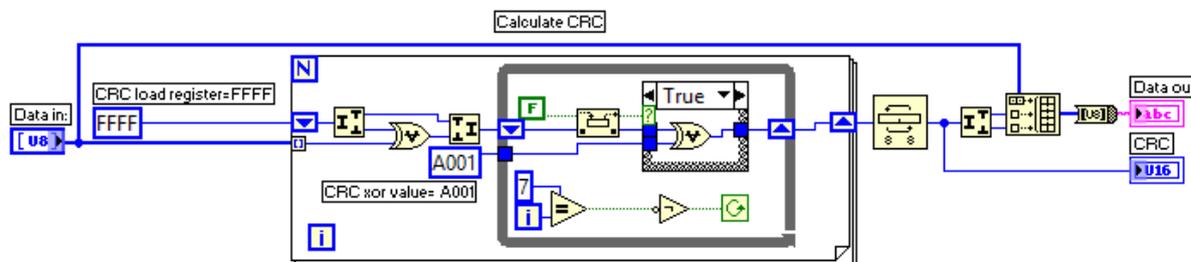


La variable de entrada para el cálculo del CRC es el vector con el número de bits correspondientes y las variables de salida son una cadena de caracteres con los datos de salida calculados para la comunicación y otro es un terminal que se llama CRC y es el valor de este CRC, que ha de ser cero para que la comunicación sea correcta y por ello lo he puesto, más adelante lo explico que lo he conectado a un indicador para que se pueda ver en cada momento el valor de este CRC y si es distinto de cero, entonces la comunicación está fallando.

En este subvi (Viene hecho porque se calcula todo igual y es un bloque que se puede descargar gratuitamente de internet), como vemos tiene data in, que es el vector de entrada, CRC que es el valor calculado para esos datos del CRC, y data out que es una cadena de caracteres con los valores de lo que se ha calculado.



Su diagrama de bloques se muestra en la figura:



Campo para el chequeo de errores de transmisión. El método utilizado es el CRC-16 (Cycling Redundancy Check). Este campo es formado por dos bytes, donde primero es transmitido el byte menos significativo (CRC-), y después el más significativo (CRC+). El cálculo del CRC es iniciado cargándose una variable de 16 bits (referenciado a partir de ahora como variable CRC) con el valor FFFFh. Después se debe ejecutar los pasos de acuerdo con la siguiente rutina:

1. Se somete al primer byte del mensaje (solamente los bits de datos - start bit, paridad y stop bit no son utilizados) a una lógica XOR (O exclusivo) con los 8 bits menos significativos de la variable CRC, retornando el resultado en la propia variable CRC;
2. Entonces, la variable CRC es desplazada una posición a la derecha, en dirección al bit menos significativo, y la posición del bit más significativo es rellenada con 0 (cero);
3. Luego de este desplazamiento, el bit de flag (bit que fue desplazado para fuera de la variable CRC) es analizado, ocurriendo lo siguiente:
 - Si el valor del bit fuera 0 (cero), nada es hecho;
 - Si el valor del bit fuera 1 (uno), el contenido de la variable CRC es sometida a una lógica XOR con un valor constante de A001h y el resultado es regresado a la variable CRC.
4. Se repiten los pasos 2 y 3 hasta que ocho desplazamientos hayan sido hechos;
5. Se repiten los pasos de 1 a 4, utilizando el próximo byte del mensaje, hasta que todo el mensaje tenga sido procesado. El contenido final de la variable CRC es el valor del campo CRC que es transmitido en el final del telegrama. La parte menos significativa es transmitida primero (CRC-) y en seguida la parte más significativa (CRC+).

La mecánica de la informática con su lenguaje binario produce unas CRC simples. Los bits representados de entrada son alineados en una fila, y el (n + 1) representa el patrón de bits del divisor CRC (llamado polinomio) se coloca debajo de la parte izquierda del final de la fila. Aquí está la primera de ellas para el cálculo de 3 bits de CRC:



```
11010011101100 <--- entrada
1011             <--- divisor (4 bits)
-----
01100011101100 <--- resultado
```

Si la entrada que está por encima del extremo izquierdo del divisor es 0, no se hace nada y se pasa el divisor a la derecha de uno en uno. Si la entrada que está por encima de la izquierda del divisor es 1, el divisor es Or exclusiva en la entrada (en otras palabras, por encima de la entrada de cada bit el primer bit conmuta con el divisor). El divisor es entonces desplazado hacia la derecha, y el proceso se repite hasta que el divisor llega a la derecha, en la parte final de la fila de entrada. Aquí está el último cálculo:

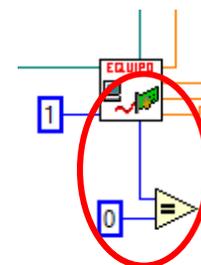
```
00000000001110 <--- resultado de la multiplicación de cálculo
      1011 <--- divisor
-----
00000000000101 <--- resto (3 bits)
```

Desde la izquierda se divide por cero todos los bits de entrada, cuando este proceso termina el único bits en la fila de entrada que puede ser distinto de cero es n bits más a la derecha, en la parte final de la fila. Estos n bits son el resto de la división, y será también el valor de la función CRC (es el CRC escogido a menos que la especificación de algún proceso posterior lo cambie).

Comprobación CRC:

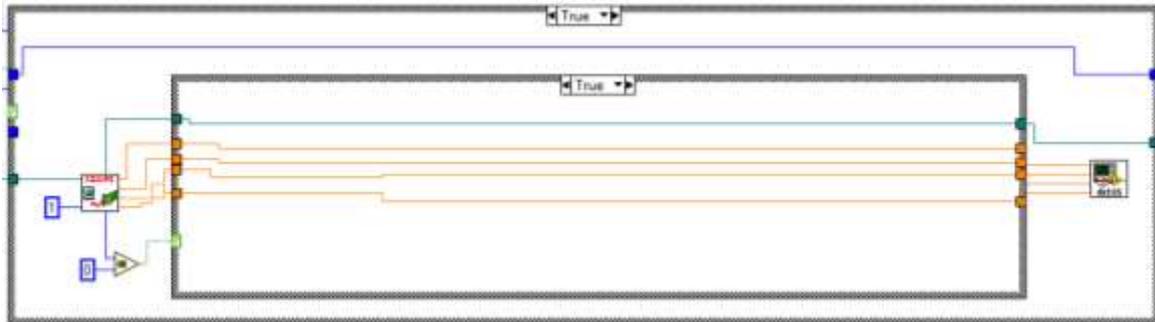
Al realizar las primeras comunicaciones con el programa una vez instalados los equipos funcionaba todo bastante correctamente, pero cuando había interferencias por culpa de la lluvia, viento u otras posibles causas, a veces las comunicaciones nos daban datos “raros”, esto era por culpa de las interferencias en red la información y los tramas se transmitían mal, esto se comprobaba calculado el CRC por ello lo muestro en pantalla, si este CRC es nulo, la comunicación se ha establecido correctamente y la información se va a transmitir de forma correcta, pero en cambio si este CRC era distinto de cero, había habido un problema en la comunicación, dependiendo de este valor el problema había sido uno u otro y la comunicación fallaba, para ello he realizado esta pequeña modificación en el software.

Lo calculo y lo saco como terminal, para compararlo con el calor cero,

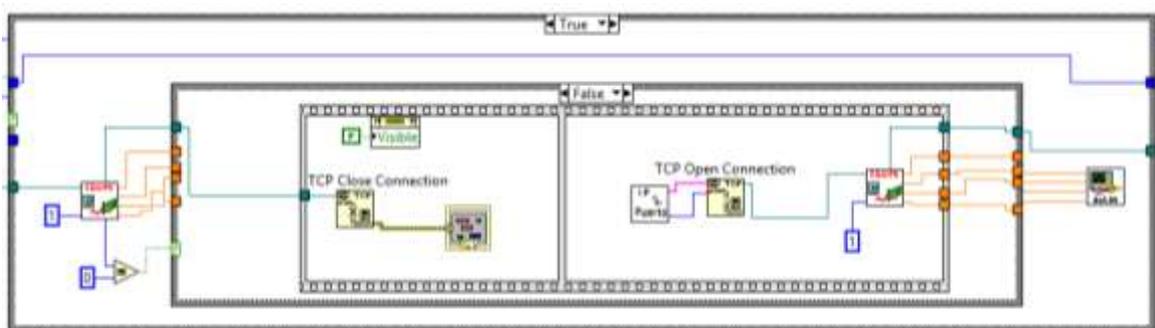




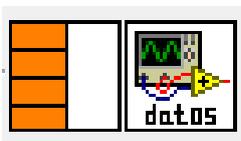
Lo que se hace es lo siguiente se pone un condicional si es igual a cero, se ha hecho bien la comunicación, con lo cual los datos son los recibidos, que se añadan al subvi datos y se grafiquen como se explica inmediatamente después.



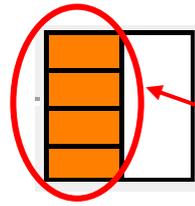
Por el contrario, si es distinto a cero, es que la comunicación se ha establecido de forma incorrecta, bien pues lo que hago es cierro la comunicación y abro otra con el mismo puerto y misma IP y lo vuelvo a intentar, así hasta que sea distinto de cero. Esto lo he realizado para los dos equipos.



5.3.3.1.3. Recogida de datos y análisis de éstos:



Este subvi, también lo voy a utilizar para ambos dispositivos puesto que de los dos voy a recoger los mismos datos que ya han sido recogidos en vectores por el subvi anterior, y por ello también hice uno para cada subvi, y ahora con este subvi hago lo que explico a continuación.

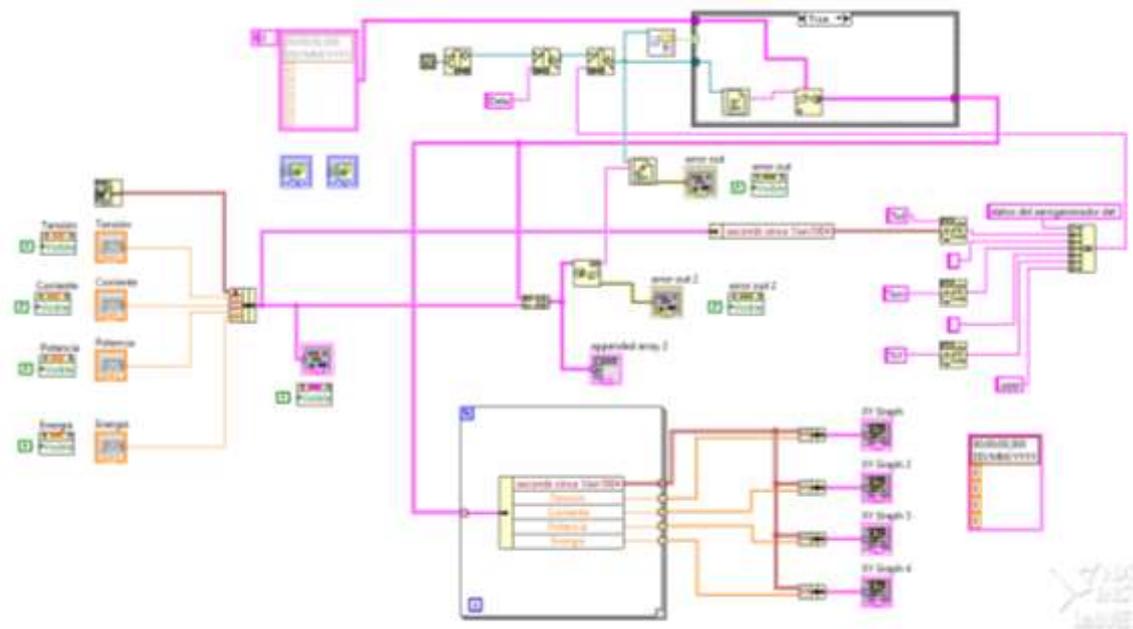


Terminales de entrada, correspondientes en orden decreciente:

- Tensión.
- Corriente.
- Potencia.
- Energía.

No presenta terminales de salida porque los datos lo que van a hacer en este subvi es almacenarse en unos ficheros, que serán del tipo día_mes_año_equipo_de_medida, y que se almacenarán en una carpeta, para que con otro programa externo, también creado en labview por mi, se podrán visualizar si se quisiera cuando se quisiera.

El diagrama de bloques es el que se muestra en la figura:



Según entran las variables de entrada tensión, corriente, potencia y energía, les he puesto el nudo propiedad para que no sean visible, como ya se pueden ver en los correspondientes subvis anteriores, no hace falta verlos ahora, si se quisieran ver se verían en los subvis correspondientes ya explicados anteriormente.

En vez de llevar estos datos a array lo que hago es llevarlos a un cluster, ¿Porqué? Por qué también necesito obtener la fecha de medición e incluirla, un cluster no es más que un array



(vector o matriz) de datos pero que no tienen por qué ser del mismo tipo todos, es decir, se pueden mezclar cadenas de caracteres con datos de tipo numérico o incluso con otros datos de otros valores, pero luego para saber sacar los datos hay que utilizar funciones propias de labview que nos los bundle y unbundle. Al meter en un cluster estos datos que anteriormente he dicho los utilizo el cluster que me los convierte todos en cadena de caracteres, para más adelante escribirlos en un fichero.

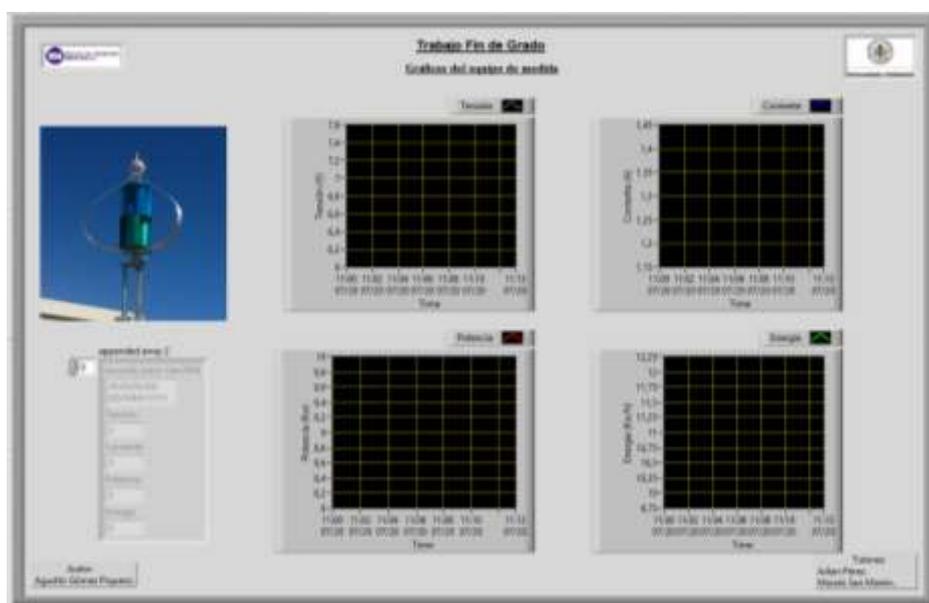
Paralelamente cuando se está ejecutando este subvi y gracias a otras funciones de labview, se me crea una carpeta en el mismo directorio donde el programa principal, se comprueba si existe o no el fichero y entonces se crea uno nuevo o si ya está creado se sobrescribirá en este mismo sin que se borren datos anteriores, por ello se ha creado la sentencia true/false para que si ya hay fichero no lo haga, sino que lo cree.

Para crear este fichero hace falta darle un nombre y eso lo hago obteniendo la fecha en la que se está ejecutando con una función propia de labview, y que más adelante explico.

Una vez que tengo los datos en los ficheros utilizo la función de lectura los leo, utilizo la función unbundle para poder separarlos y graficar cada uno por separado que es lo que hago más adelante lo represento frente al tiempo con gráficas x/y.

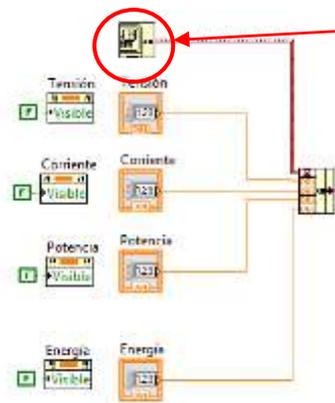
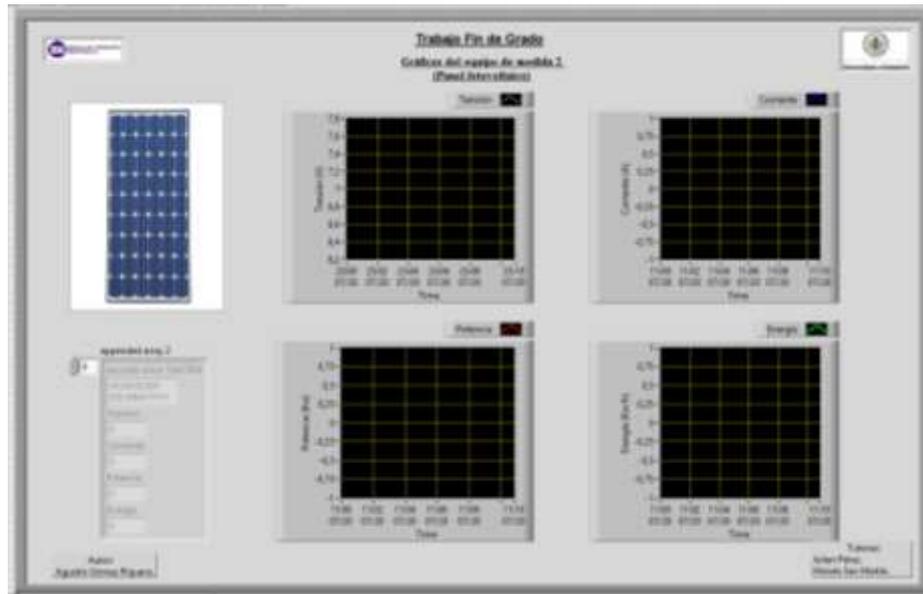
En el diagrama frontal se muestra lo siguiente:

- ✓ Aerogenerador:





✓ Panel solar fotovoltaico:



Explico detalladamente las distintas funciones de LabVIEW utilizadas en subvi:

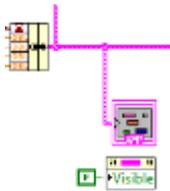
Aquí tengo las cuatro variables de entrada, que entra en un cluster, como he dicho las pongo que no sean visibles, también incorporo una función propia de LabVIEW, que nos dice la fecha en la que estamos.

Devuelve una marca de tiempo utilizando el  tiempo de la hora actual. LabVIEW calcula este sello de tiempo utilizando el número de segundos transcurridos desde 12:00a.m. , Viernes, 01 de enero 1904, Tiempo Universal.

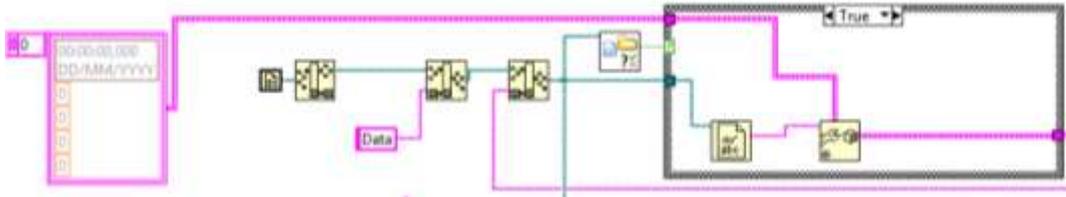


Son las variables de entrada al subvi, son vectores de dimensión 1 x n siendo n los datos que se hayan recogido ese día, el aerogenerador recogerá más datos que el panel solar fotovoltaico porque está diseñado para que recoja más datos, cada 500 milisegundos mientras que el panel solar fotovoltaico cada 1000 milisegundos.

Se les ha puesto la propiedad para que no sean visibles.



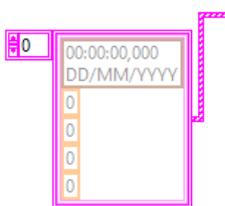
Aquí se muestra el cluster escogido donde además de las cuatro variables de entrada incluyo la función de medida del tiempo, la cual utilizaré luego para escribir el nombre de los ficheros.



Este trozo de programa se ejecuta en cuanto se ejecute el programa principal y lo que hace es lo siguiente: Le da un formato a los elementos del fichero, también nada más ejecutarse va al directorio donde se encuentra este subvi, yo lo he incluido en el mismo sitio que el programa principal, y allí me crea una carpeta llamada data, donde se añadirán todos los ficheros que se creen.

Una vez hecho esto el programa irá a la carpeta data y comprobará si existe o no un fichero con el nombre especificado en este caso el nombre es dia_mes_año_dispositivo_de_medida, si existe lo abre, lo lee y empezará a escribir a partir del último dato que hay, sino lo hay lo creará lo abrirá y empezará a escribir. Esto lo he logrado con una sentencia de control true/false para que en caso true (no hay fichero), se cree y en caso false (si hay fichero), no se me cree sino que escriba encima de éste.

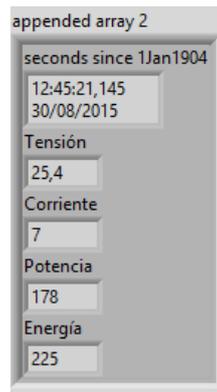
También utilzo una función de LabVIEW para encriptar los datos y que así ocupen menos, luego los descifro con su función contraria.



Es un array especial, puesto que es un array indicador, pero que muestra en cada momento y para cada elemento de este array 5 valores, primero la fecha en formato (00 (hora):00 (minutos):00 (segundos),000 (milésimas de segundo) DD (día)//MM (mes)//YYYY (año)), luego el valor de tensión luego el valor de corriente, luego el valor de potencia y luego el valor de energía.



En el panel frontal se vería de la siguiente manera:



Con esta función lo que hace el programa es ir un nivel anterior al directorio donde se encuentra el programa para poder crear la carpeta data avanzará un nivel y ya estoy en el mismo del programa y la crearé ahí, sino lo hago así el programa no sabe donde crear la carpeta. Creo la carpeta data.

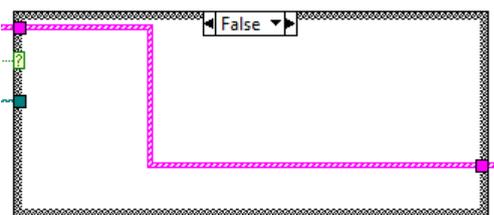
Data

Avanzo un nivel dentro de data, que es donde quiero que se me guarden los fichero con los datos que se están generando y los que estoy guardando.

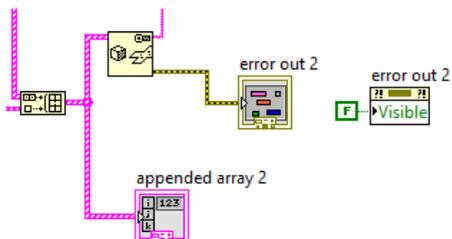
Esta función es muy importantne en el programa porque lo que hace es comprobar si existe o no un fichero de nombre específico, si existe manda un true, si no existe, manda un false.

Sentencia de control true, es decir, cuando salga un true es que no existe fichero, con esta parte del programa lo que hago es como ha mandado un true el fichero ya existe, entonces lo abro y lo leo, recojo datos para luego poder graficar lo que haya.

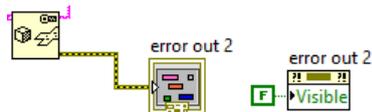
Estas son funciones de lectura, leo lo que hay y la función siguiente es la de descriptar los datos, porque los datos cuando los guardo en los fichero los guardo encriptados porque así me ocuparán menos memoria.



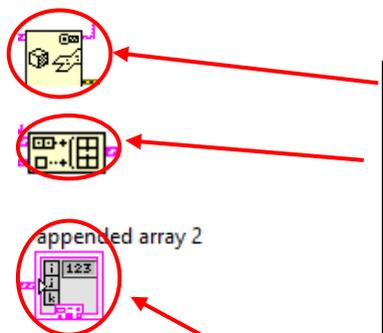
Sentencia false, el fichero no existe entonces lo tengo que crear, más adelante explico que he utilizado la misma función para crearlo.



En esta parte recojo los datos que hubiera en ese fichero en caso de existir fichero y en caso de que tuviera datos y le añado los que acabo de tomar, todo esto como cadena de caracteres para poder luego encriptarlos que es lo que hago adema de mostrarlos, además aquí he añadido un error de modo invisible para que ver si me están saliendo datos erróneos o me ha cogido del fichero datos que no corresponden etcétera.



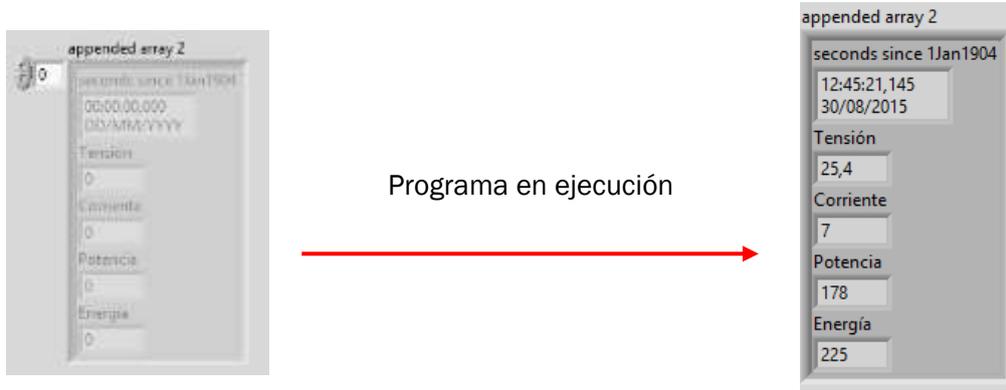
Encripto todos los datos por cuestión de ahorro de memoria y saco un error para saber si los datos se está cogiendo po no de manera adecuada.



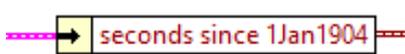
- Encripto la cadena de caracteres.
- Incorporo al array de los datos leídos del fichero, si es que ha habido fichero con datos sino estaría en blanco este array, los datos tomados del dispositivo de medida.
- Muestro por pantalla la cadena de caracteres con los valores.



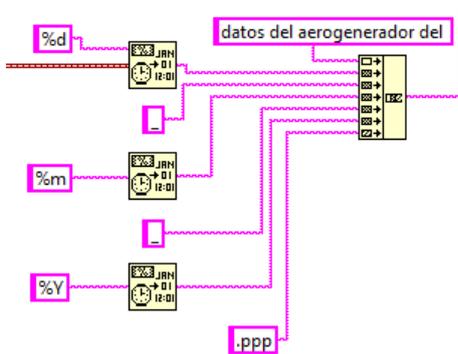
En el diagrama frontal se vería de la siguiente manera:



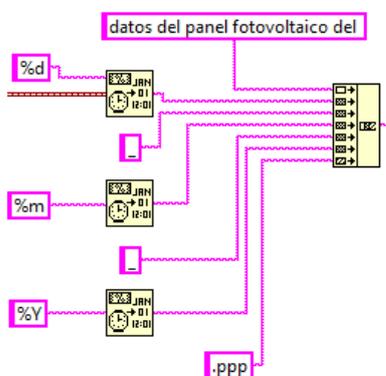
Con esta función lo que se hace es una función de escritura, escribe los datos en el fichero. También le he añadido el error para que me avise en caso de que lo hubiera.



Simplemente es un unbundle para extraer del cluster la fecha para poder introducirla en el formato de los ficheros, en el título.

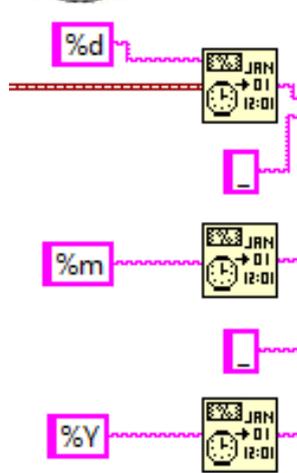


Creo un vector cadena de caracteres, el cual va a tener como nombre datos_del_equipo_de_mdedida_día_mes_año.ppp, la extensión pongo que no sea dat o txt para que los ficheros no se intenten abri, porque lo que hay en esos ficheros está todo encriptado y no se va a poder leer nada, esto lo hago para que ocupe menos, si se desea leer algo que tenemos dentro



habría que añadir ese fichero a un programa que he creado a parte para visualizar datos históricos.

Para el panel solar fotovoltaico sería similar:



La siguiente función muestra un valor de marca de tiempo

o un valor numérico como el tiempo en el formato que especifique el uso de códigos de formato de tiempo.

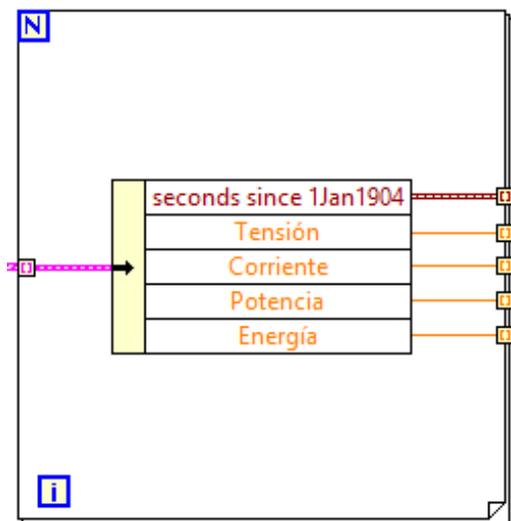
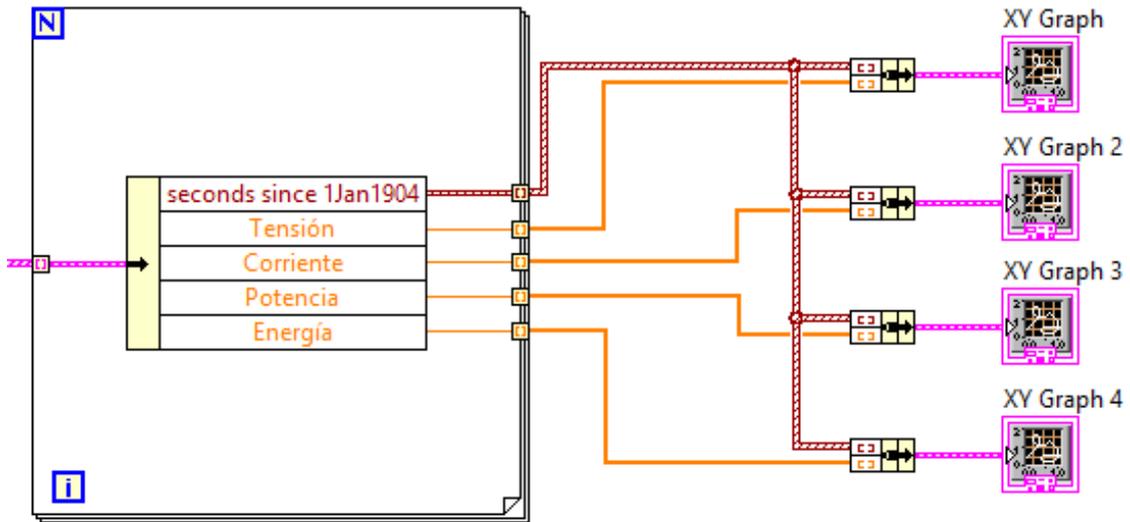
Los siguientes códigos son algunos de los códigos de formato más utilizados de tiempo: % c muestra la fecha y la configuración regional / hora; códigos de formato relacionados con el tiempo incluyen % X (tiempo específico de la localidad), % H (horas, reloj de 24 horas), % I (hora, reloj de 12 horas), % M (minutos), % S (segundos), % <dígito> u (fracciones de segundo con <dígito> precisión), y % p (am / pm bandera); códigos de formato relacionados con la fecha incluyen % x (fecha de la configuración regional específica), % y (año dentro del siglo), % Y (año incluyendo siglo), % m (número de meses), % b (nombre abreviado del mes), % d (días del mes), y un % (nombre abreviado de lunes a viernes).

Como se puede ver yo he utilizado el formato de día, mes y año porque lo que voy a recoger para cada dispositivo son los datos diarios.

El siguiente trozo de programa lo que hace es que le van llegando todos los datos correspondientes y lo va guardando, almacenando para que luego se puedan extraer los que se necesiten, para ello se utiliza un cluster cuya función es devolver los elementos del cluster cuyo nombre se especifica.

No se tiene que perder de vista el orden de los elementos dentro de la agrupación. Esta función no requiere que el número de elementos sea el mismo para que coincida con el número en el cluster, en este caso el cluster tiene 5 elementos y se sacan los 5, pero si a mi me interesa solo representar la tensión se podría sacar solo este. Después de cablear un clúster para esta función, se puede seleccionar un elemento individual de la función.

Después se extraen los datos y se grafican por separado en función del tiempo y por ello el tiempo también se iba almacenando en el cluster.



El panel conector muestra los tipos de datos por defecto para esta función polimórfica.

Bucle for para ir almacenando todos los datos en cada iteración del bucle se va a almacenar en el cluster, este bucle solo finaliza cuando se termine de ejecutar el programa y cuando se termine nos graficará todos los datos puesto que he abierto el canal para que pasen todos los datos lo que se denomina indexar en labview, así me va a devolver todos los datos y luego yo los graficaré.

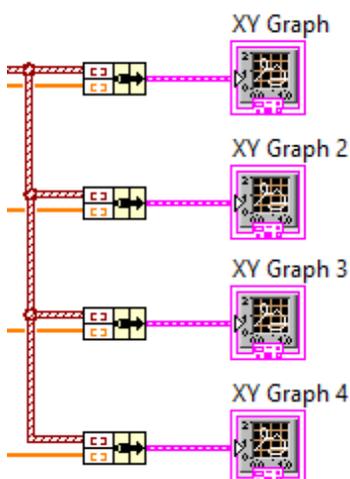
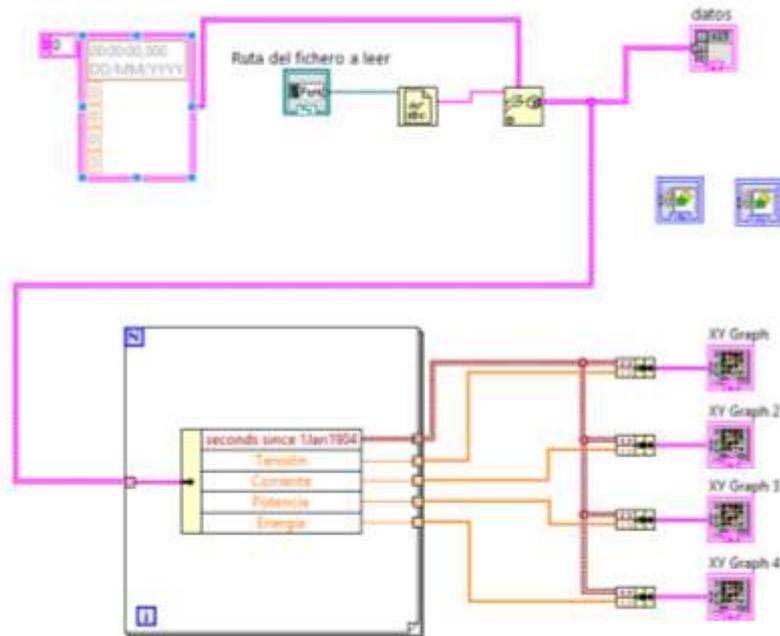
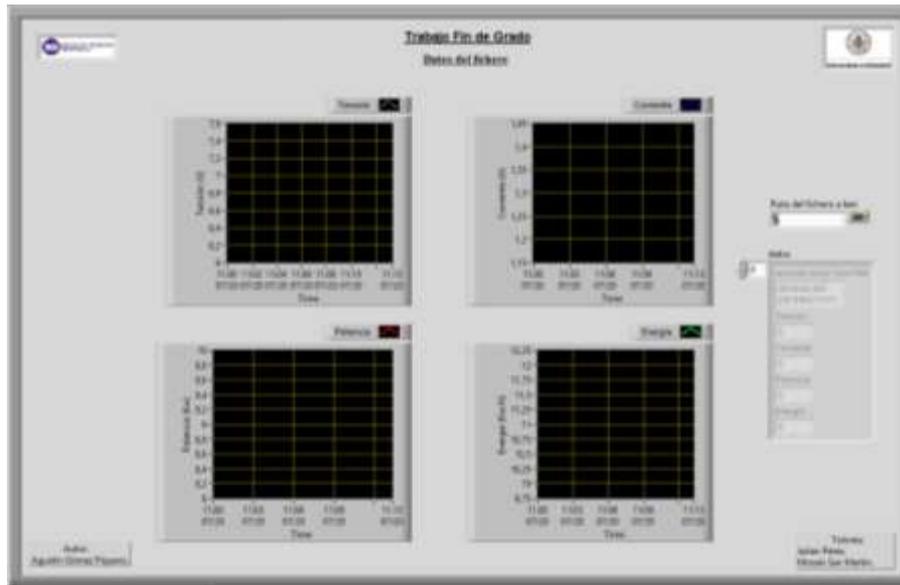


Grafico en una gráfica modelo XY donde el eje de ordenadas será en cada caso, Tensión Corriente, potencia y Energía y el eje de abcisas será el tiempo, se graficará, los datos correspondientes a esas fechas y luego en el panel frontal las graficas quedan de la siguiente manera:



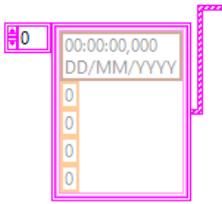
5.3.3.2. Programa de análisis de datos:

El programa para el análisis de datos es un programa que he creado a parte del programa principal, en el cual el usuario indicará únicamente (antes de la ejecución del mismo) la ruta donde se encuentra el archivo. A continuación muestro el panel frontal y diagrama de bloques procediendo a su explicación:





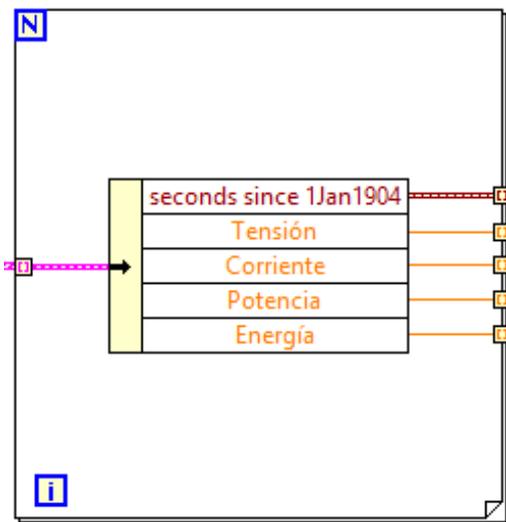
Con este icono labview permite indicar la ruta de un archivo a ejecutar por el programa examinando para encontrar el directorio de localización del archivo.



Es un array especial, puesto que es un array indicador, pero que muestra en cada momento y para cada elemento de este array 5 valores, primero la fecha en formato (00 (hora):00 (minutos):00 (segundos),000 (milésimas de segundo) DD (día)//MM (mes)//YYYY (año)), luego el valor de tensión luego el valor de corriente, luego el valor de potencia y luego el valor de energía.



Estas son funciones de lectura, leo lo que hay y la función siguiente es la de descryptar los datos, porque los datos cuando los guardo en los fichero los guardo encriptados porque así me ocuparán menos memoria.



El panel conector muestra los tipos de datos por defecto para esta función polimórfica.

Bucle for para ir almacenando todos los datos en cada iteración del bucle se va a almacenar en el cluster, este bucle solo finaliza cuando se termine de ejecutar el programa y cuando se termine nos graficará todos los datos puesto que he abierto el canal para que pasen todos los datos lo que se denomina indexar en labview, así me va a devolver todos los datos y luego yo los graficaré.

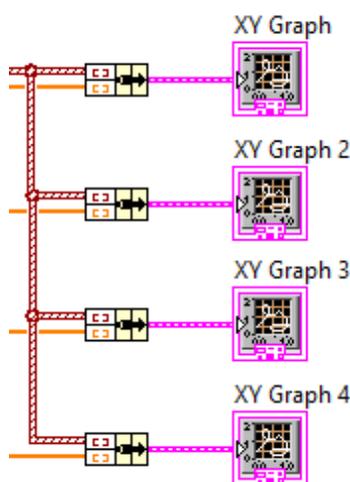
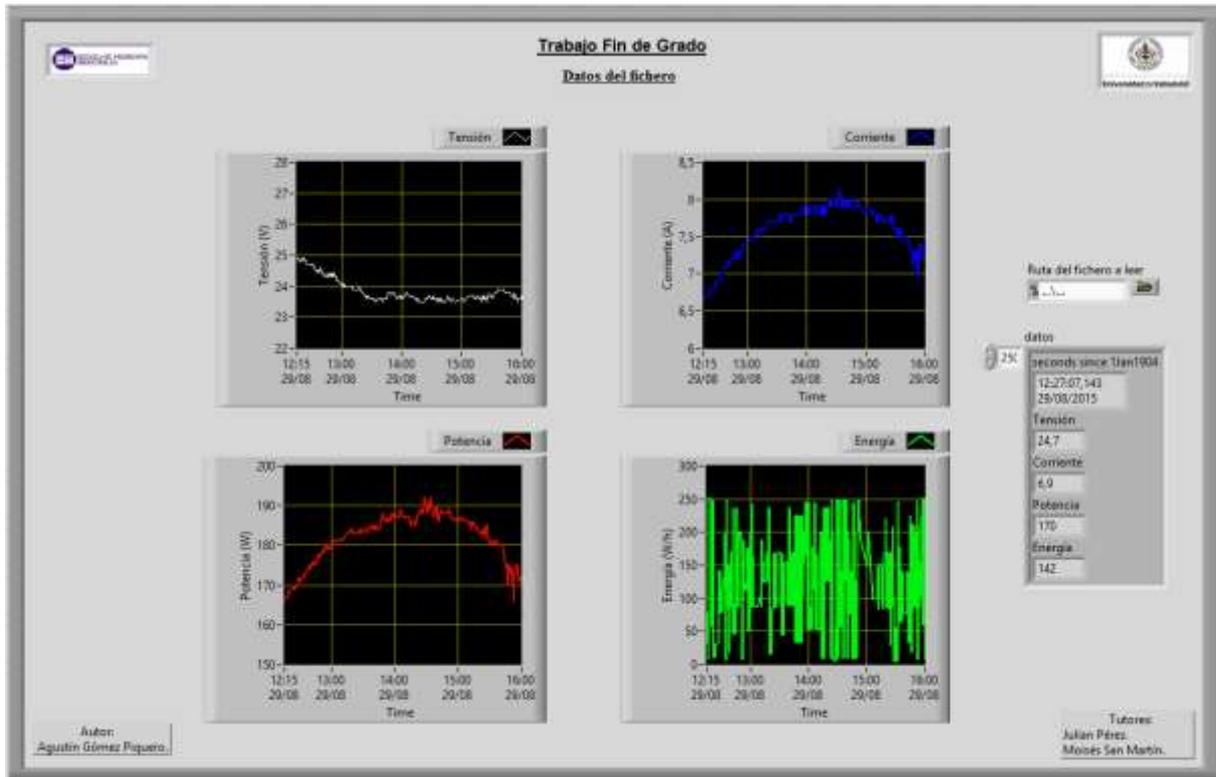


Grafico en una gráfica modelo XY donde el eje de ordenadas será en cada caso, Tensión Corriente, potencia y Energía y el eje de abcisas será el tiempo, se graficará, los datos correspondientes a esas fechas y luego en el panel frontal las graficas quedan de la siguiente manera:



5.3.4. Ejemplo de datos de generación de energía eléctrica:

Datos de generación del panel solar fotovoltaico durante las 12:15h hasta las 16:00h del día 29/08/2015.



Como se puede ver en la figura, las tensiones que se generan (para este día y para esta franja horaria, en la cual había unas condiciones de sol bastantes buenas) se puede ver que el aerogenerador está prácticamente generando (según sus hojas de características) en condiciones próximas a la nominal en torno a unos 25 voltios de tensión, 8 amperios de corriente y unos 200 watos de potencia.

Por ejemplo para la posición en el vector generado con los datos 250, nos indica la medición se ha realizado a las 12:27:07,143 y la tensión que indica el transductor es en ese instante 24,7 Voltios, una corriente de 6,9 Amperios, una potencia de 170 watos y una energía de 142 watos/hora.





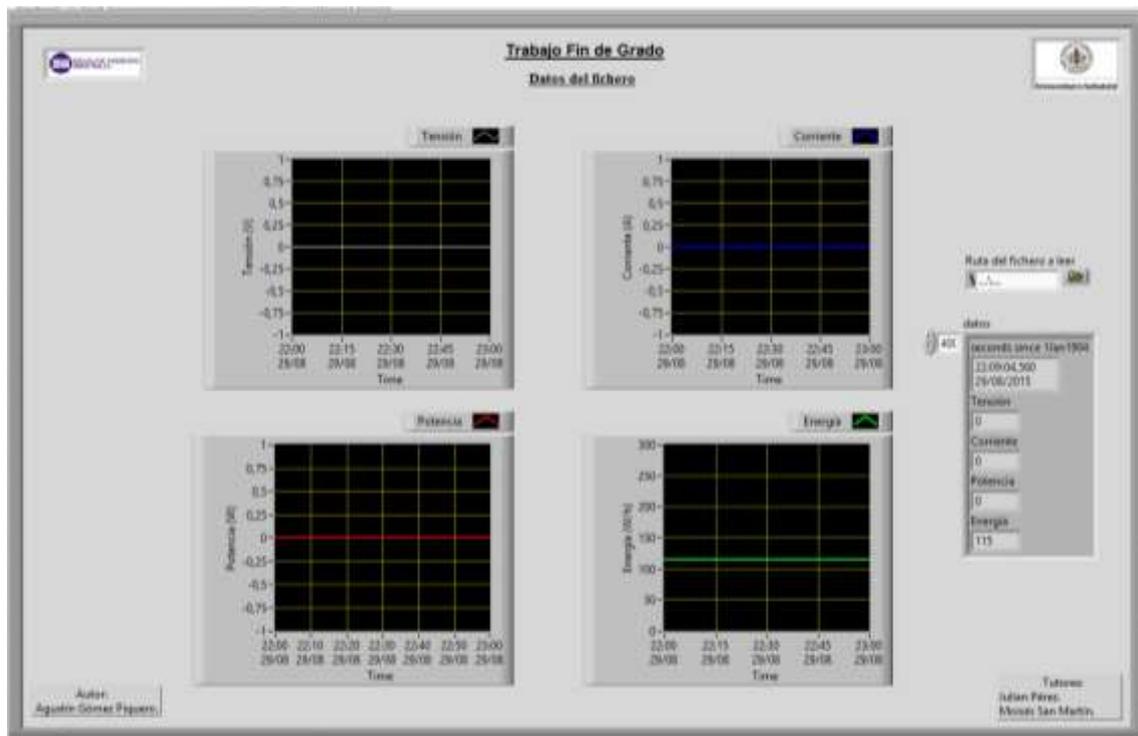
La medida del instante justamente después es la siguiente:



Una medida un poco más tardía nos indica lo siguiente:



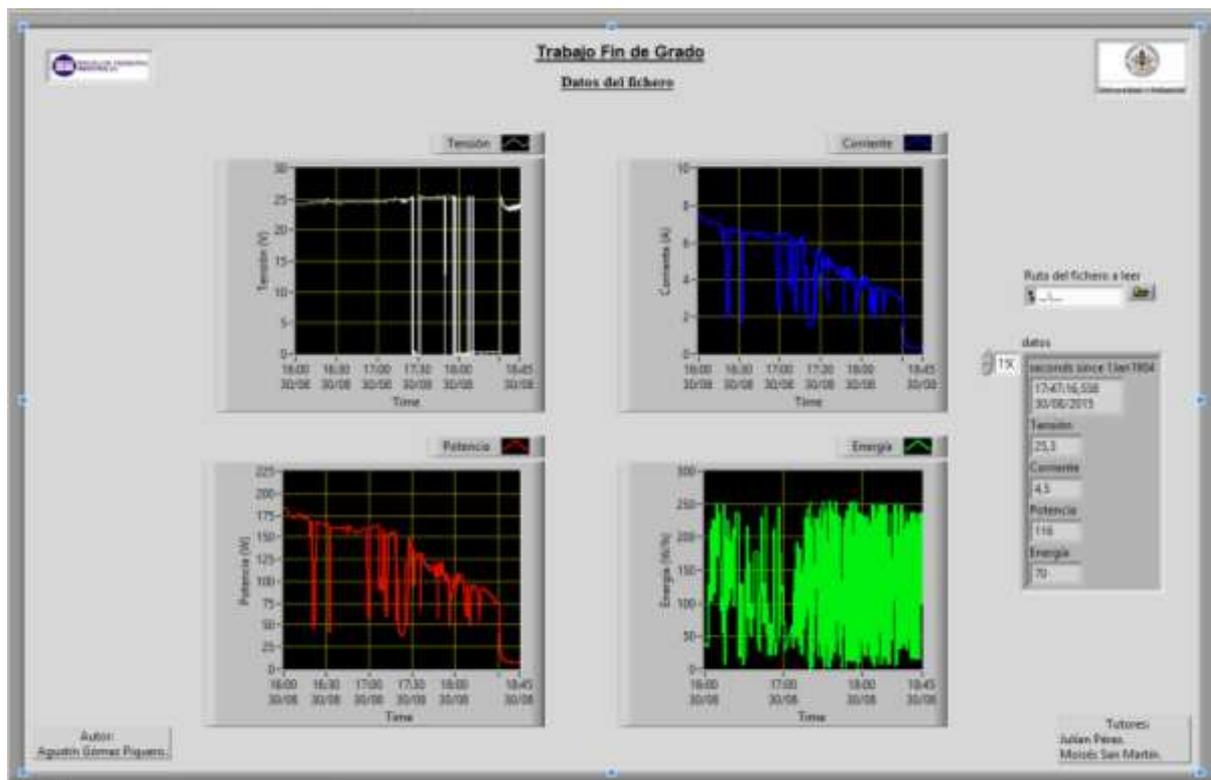
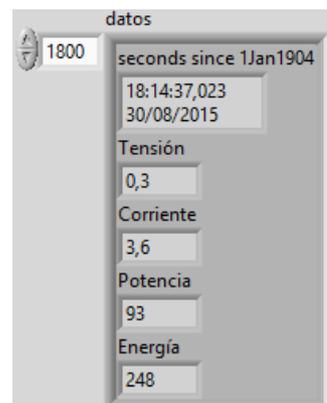
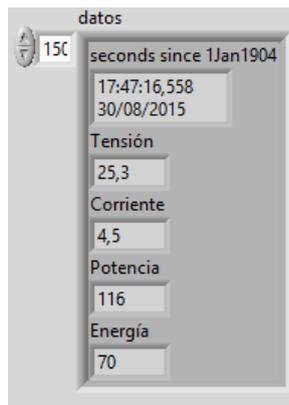
También ese mismo día se realizaron medidas a forma de prueba nocturnas, como se sabe no hay sol y por tanto las variables han de ser cero. Se muestra en la figura:



La variable de energía no es nula, porque en estos paneles debido a luz exterior (no solar) y debido a calores (sobre todo durante el verano), mucha energía se queda almacenada y desciende muy lentamente.



Estos datos han sido tomados el día 30/08/2015 donde en Valladolid hubo tormenta con nubes en algunos periodos de tiempo, Como se puede ver en la figura hay algunos instantes que o bien la tensión, o bien la corriente o bien la potencia o incluso ambas descienden y/o ascienden de forma muy rápida y es por la incidencia o no del sol sobre el panel solar en ese instante. Como se puede ver en los vectores de datos generados, para las 17:47:16,558 se estaba generando casi a plena carga, por el contrario a las 18:14:37,023, estaba el cielo nublado y apenas se producía energía.



Capítulo 6.- Análisis Económico



6. ANÁLISIS ECONÓMICO:

6.1. Introducción:

A lo largo de la presente memoria se ha realizado un análisis de la viabilidad del aspecto técnico marcado como objetivo del proyecto. Sin embargo, una vez que esta parte ha quedado analizada, desarrollada y concluida, debe estudiarse la viabilidad desde el punto de vista económico.

La valoración económica del proyecto permite cuantificar la inversión necesaria para su realización y el analizar su rentabilidad, lo cual condicionará la factibilidad del mismo. El objeto de este capítulo es definir la viabilidad del presente proyecto a través del estudio económico de las fases de desarrollo y de los costes asociados al mismo. Cabe destacar que todos los materiales necesarios y todos los costes que ello conlleva han corrido cuenta por parte de la universidad de Valladolid, por ello, cabe hacer este estudio y ver el coste total que va a suponer a la Universidad la compra y puesta en marcha de este proyecto y sus materiales.

6.2. Fases del proyecto:

El proyecto consta de una serie de fases para su desarrollo que influyen tanto de manera directa como indirecta en los costes y a su vez son de vital importancia para la viabilidad del mismo.

A continuación se hace una revisión de las distintas fases de las que consta este proyecto, pormenorizando las tareas que resulten más relevantes.

- **Concepción y desarrollo:** Esta fase es de vital importancia, ya que en ella se presentan las bases del proyecto. Las tareas fundamentales de esta fase son la descripción de la instalación y la identificación de las tareas y procedimientos a seguir.
- **Recogida de información y análisis inicial.** Debe recopilarse toda la información que sea posible en lo que a funcionamiento de la instalación se refiere. Se recopilará toda la normativa aplicable, además de hojas de especificaciones de los diferentes equipos instalados. Igualmente se lleva a cabo una primera toma de medidas, en concreto, se hizo un simulador antes de conectar a los equipos para los que se desarrolla este proyecto. Este simulador constaba o era un pequeño circuito de corriente continua formado por una fuente de tensión e intensidad variable pero o varias la tensión o varias la intensidad de corriente y una resistencia de 4 K Ω , para conocer además de la situación inicial respecto a consumos energéticos y que pudiera trabajar de forma independiente incluso llevándome el equipo a mi domicilio y con él trabajar de manera autónoma.



- Modificación física de las instalaciones: En base a la información reunida y al análisis inicial, se establece que debe llevarse a cabo ciertas actuaciones sobre las instalaciones en la azotea de la Facultad. Se pretende instalar los equipos en la azotea colocando el aerogenerador en el lugar más apropiado para la captación del viento y el panel fotovoltaico en el lugar que más horas de sol pudiese tener, ya que éste no iba a tener seguimiento. Además se plantea la posibilidad de realizar ciertas modificaciones sobre la instalación inicial.
- Montaje y manejo del software. En esta otra fase se realiza el montaje de la instalación, comprobando y verificando que todos sus elementos están perfectamente conectados antes de proceder a la toma de datos. Así también, con ayuda de manuales y documentación obtenida en la fase anterior, se procede al estudio previo del programa que servirá para la adquisición y tratamiento de los datos.
- Experimentación y adquisición de datos. Adquisición de datos e instrumentación de medida y procesamiento de datos.
- Obtención de resultados. En esta etapa una vez que los datos han sido introducidos en el programa, se procede a recopilar todos los resultados en gráficas, tablas y ficheros para su posterior estudio.
- Análisis final. Una vez obtenidos los resultados se realiza con ellos el estudio estadístico para determinar la variabilidad de los resultados, y con ello el margen de seguridad de la predicción de la producción energética que se realiza.
- Redacción del proyecto. Una vez obtenidas las conclusiones del estudio realizado en este proyecto, en esta etapa se elaborará el informe detallado de todos los pasos a seguir hasta la conclusión del mismo.
- Presentación del proyecto. Esta última fase es muy importante, ya que se presentará ante el solicitante del proyecto los resultados obtenidos en el mismo, describiendo las soluciones elegidas y los medios propuestos para su visto bueno. En caso de disconformidad, se volverá a la fase inicial de planteamiento del proyecto para redefinir los aspectos no conformes.

6.3. Equipo de proyecto:

Para el desarrollo de este proyecto, se estima que deberá formarse un equipo de personas que sean capaces de llevar a cabo el desarrollo de las siguientes funciones:

- Director de proyecto, es la persona encargada de integrar los esfuerzos del equipo y también los recursos externos a éste, con el objetivo de dirigirlos hacia la ejecución exitosa del proyecto. Deberá ser capaz de supervisar, organizar y ajustar las tareas de todos los demás miembros del equipo.



- Ingeniero industrial, será el encargado de llevar a cabo el análisis inicial de la instalación, la concepción y diseño de soluciones adaptadas a las necesidades del centro, y el análisis de los resultados obtenidos. Será quien realice la redacción del proyecto y deberá revisar el cumplimiento de la normativa vigente y de las especificaciones previamente fijadas.
- Programador, deberá ser capaz de dar forma a las soluciones justificadas y elegidas por el ingeniero, programándolas de manera adecuada para cumplir con las directrices dadas por éste y sin perder de vista los objetivos finales.
- Técnico, será la persona encargada de ejecutar los cambios necesarios en la instalación, llevando a cabo las modificaciones que se le requieran o la incorporación de equipos que se considere precisa.
- Administrativo, es el encargado de llevar a cabo la búsqueda de información y normativa necesarias para el desarrollo del proyecto. Deberá buscar y comparar entre los diferentes fabricantes del mercado los equipos y modelos concretos solicitados por el ingeniero, inventariar el material requerido y elaborar los informes previos a la elaboración y redacción del proyecto.

6.4. Recursos empleados durante el proyecto:

Los equipos físicos necesarios así como la infraestructura del hardware, software conformarán los recursos para la elaboración del proyecto, y serán aportados por la Universidad de Valladolid y por el proyectista.



SOFTWARE	Sistema Operativo: Microsoft Windows 8.
	Paquete ofimático: Microsoft Office 2013.
	Programa de análisis matemático y representación gráfica: Labview 2013.
	Adobe Acrobat 6.0
HARDWARE	PC Sony VAIO 64 bits, 8 GB Ram, 500
	GB disco duro.
	Impresora de inyección de tinta.
MATERIALES INSTALACIÓN	Caja o cuadro de medidas.
	Inversor para aerogenerador.
	Aerogenerador.
	Transductor
	Módulo fotovoltaico.
	Inversor para módulo fotovoltaico
	Cable principal para inversor.
	Tapón hermético.
	Transductores de medida DH 96CMP
	Resistencias Shunt
	Convertor RS485-Ethernet.
MATERIAL FUNGIBLE	Fotocopias. Folios.
	Cartuchos de tinta.
	Otros consumibles, como CD´s, Pen drive, etc...

Tabla 6.1. Recursos empleados en la realización del proyecto.



6.5. Costes del proyecto:

Para cuantificar la inversión necesaria para la elaboración del proyecto, se requiere la estimación de los costes que permiten su posible implantación y ejecución. El análisis de su rentabilidad condicionará la viabilidad del mismo.

El coste total del proyecto se puede dividir en dos tipos de costes:

1. *Costes directos*: Son los costes correspondientes a las etapas de la realización.

Dentro de estos costes, tendremos que evaluar:

- ✚ Coste de personal.
- ✚ Costes amortizables de programas y equipos.
- ✚ Coste de los materiales directos empleados.

2. *Costes indirectos*: Son los costes derivados del proyecto que son necesarios pero no indispensables para la consecución del mismo. Dentro de estos costes, tendremos que evaluar:

- ✚ Coste del consumo eléctrico.
- ✚ Coste del consumo telefónico.

6.5.1. Costes directos:

Coste del personal: Para el cálculo del coste directo de personal se contabilizan las horas empleadas en la realización del proyecto. Para ello calcularemos primeramente los días y horas efectivas en un año, como se indica en la Tabla 6.2.

Índice	Concepto	Días
A	Días totales anuales	365 días
B	Fines de semana	104 días
C	Festivos	14 días
D	Vacaciones	30 días
E	Asuntos propios y libre disposición	5 días
Total días efectivos = A-(B+C+D+E)		212 días
Total horas efectivas anuales (8h/días)		1696 horas

Tabla 6.2. Horas efectivas anuales.



A continuación en la Tabla 6.3 se procederá a calcular el coste efectivo por hora de trabajo.

	Salario Bruto (€)	35% de cotización a la seguridad social (€)	Total Anual (€)	Horas/año	Total €/hora
Ingeniero	36.550,00€	12.792,50€	49.342,50€	1696	29,09€

Tabla 6.3. Coste efectivo por hora de trabajo.

Para el cálculo coste horario unitario (€/hora) se emplea la ecuación 6.1. a partir de los costes totales anuales y de las horas trabajadas al año:

$$\text{Coste unitario} = \frac{\text{Total anual}}{\text{Horas/año}}$$

Ecuación 6.1.

A continuación se muestran las etapas del proyecto y el desglose del número de horas empleadas en cada fase tanto en la Figura 1, como en la Tabla 4.

A	Preparación y planificación del proyecto
B	Documentación previa
C	Análisis de la instalación
D	Estudio y planteamiento de la colocación de los aparatos
E	Preparación del software para el desarrollo de la programación y aprendizaje de su manejo
F	Desarrollo de la táctica de programación
G	Implantación de la estrategia de control de la comunicación
H	Análisis de la nueva instalación y resultados obtenidos
I	Conclusiones y valoración económica
J	Redacción de la memoria



	ETAPAS										Total
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	
Distribución de horas por fase del proyecto	18	62	30	7	55	150	100	14	7	195	638

Tabla 6.4. Distribución de horas por fase del proyecto.



Figura 6.1. Distribución de horas por fase.

Una vez realizados todos los cálculos previos se procede a calcular el coste del personal multiplicando el coste por hora por el número de horas dedicadas, tal y como se observa en la Tabla 6.5.

	Total horas	€/hora	Coste en €
Ingeniero	638	29,09	18.559,42
Tutor de proyecto 1	100	29,09	2909
Tutor de proyecto 2	100	29,09	2909
Ayudante	50	29,09	1.454,50

Tabla 6.5. Coste del personal.

El coste total del personal corresponde a un valor de: **25.831,92 €**.



Costes amortizables de programas y equipos: Estos costes son los derivados de los materiales necesarios para la elaboración del proyecto amortizables a lo largo de su vida. Conocida la inversión inicial se realizará una amortización lineal. Se considera material amortizable el equipo informático utilizado, su período de amortización variará en función del valor de inversión inicial y la vida útil asignada al equipo.

En la *Tabla 9.6* se muestra la amortización de los equipos empleados para el tratamiento de la información con un coeficiente máximo del 25% anual. Como la duración contemplada para la elaboración del proyecto es de 638 horas, el coeficiente de amortización máximo aplicado será de 9,58%.

Equipo	Unidades	Precio (€)	Importe (€)	Amortización 9.58% (€)
Caja o cuadro de medidas.	1	155,35 €	155,35 €	14,88 €
Inversor para aerogenerador.	1	198,00€	198,00€	18,96
Aerogenerador.	1	323,00 €	323,00 €	30,94
Transductor aerogenerador	1	27,90 €	27,90 €	2,67
Módulo fotovoltaico.	1	267,87 €	267,87 €	25,66
Inversor para módulo fotovoltaico	1	137,87 €	137,87 €	13,20
Cable principal para inversor.	1	14,20 €	14,20 €	1,36
Tapón hermético.	1	10,08 €	10,08 €	0,96
Transductores de medida DH 96CMP	2	312,00 €	624,00	59,77
Resistencias Shunt.	2	25,00 €	50,00	4,79
Convertor RS485-Ethernet.	1	332,00 €	332,00 €	31,80
Ordenador Personal	1	679 €	679 €	65,05
Impresora de inyección	1	69 €	69 €	8,85
Coste total de los equipos				259,93



Tabla 6.6. Amortización de los equipos.

El coste total de los equipos corresponde a un valor de: **259,93 €**.

Para el software, se considera un coeficiente de amortización anual del 50% anual. Como la duración contemplada para la elaboración del proyecto es de 638 horas, el coeficiente de amortización máximo aplicado será de 19,16%:

Equipo	Importe (€)	Amortización 12.82% (€)
Microsoft Windows 8	119,99	22,99
Microsoft Office 2013	71,77	19,75
Labview 2013	2000	383,20
Adobe Acrobat 6.0	600	114,96
Coste total de los equipos		540,9

Tabla 6.7. Amortización Software.

El coste total del software corresponde a un valor de: 540,90 €.

Coste total amortizables de programas y equipos = 259,93+540,90 = **800,73 €**

Costes de los materiales directos empleados o material fungible: Están incluidos todos los costes necesarios para el estudio, desarrollo, informe final y presentación del proyecto. En la Tabla 8, se desglosa el importe de estos gastos.

Material fungible	Importe (€)
Folios y cartuchos de tinta	153,5
Fotocopias y encuadernaciones	280,75
CD's	15,5
Coste total	449,75 €

Tabla 6.8. Coste material fungible.



El coste total directo será la suma de los costes anteriores, el coste de personal, el coste total amortizables de programas y equipos y el coste de material fungible.

$$\text{Costes Directos totales} = 25.831,92 \text{ €} + 800,73 \text{ €} + 449,75\text{€} = 27082,40 \text{ €}$$

6.5.2. Costes Indirectos:

Dentro de los costes indirectos se incluyen los gastos que ha conllevado la realización del proyecto que no pueden ser clasificados como directos, como se muestran en la Tabla 9.

Costes Indirectos	Importe (€)
Consumo de electricidad	285,5
Consumo telefónico	40,3
Consumo Internet	150
Coste total	475,8

Tabla 6.9. Costes indirectos.

$$\text{Costes Indirectos totales} = 475,8 \text{ €}.$$

6.5.3. Costes Totales:

Los costes totales de este proyecto, se calculan a partir de la suma de los costes directos e indirectos.

$$\text{Suma de costes directos e indirectos} = 27082,40 \text{ €} + 475,8 \text{ €} = 27.558,20 \text{ €}.$$

A estos costes se le debe añadir los gastos generales (13%) y el beneficio industrial (6%) de la Suma de Costes Directos e Indirectos, a esta cantidad se denomina el total parcial.

Para obtener el presupuesto total del proyecto, faltará añadirle el Impuesto de valor añadido (I.V.A.).

A continuación en la Tabla 10 se procederá a mostrar un desglose de los gastos anteriormente citados.

Costes Indirectos	Importe (€)
Suma de costes Directos e Indirectos	27.558,20 €



Análisis económico



Gastos Generales 13%	3.582,56
Beneficio industrial 6%	1.653,49
Total Parcial	32.794,25
Impuesto sobre el Valor Añadido (I.V.A) 21%	6.886,79
Costes Totales del Proyecto	39.681,04

Tabla 6.10. Costes totales.

El *Coste Total* corresponde a un valor de: 39.681,04 €.

El presupuesto de ejecución material asciende a la cantidad de: TREINTA Y NUEVE MIL SEISCIENTOS OCHENTA Y UN EUROS con CUATRO céntimos.

Capítulo 7.- Análisis Medioambiental



7. ANÁLISIS MEDIOAMBIENTAL:

El análisis ambiental tiene como objetivo identificar, describir y valorar los efectos previsibles que el proyecto en sí puede provocar sobre los recursos naturales y el medio ambiente. Para ello se evaluarán los posibles impactos en todas las fases del proyecto.

7.1. Fase de planificación y diseño:

Desde la fase de concepción del aerogenerador se han de tener en cuenta ciertos aspectos que pueden causar efectos importantes durante la fase de explotación u operación. Uno de los efectos negativos que producen los aerogeneradores consiste en el ruido que hacen cuando están en funcionamiento, por eso, se tienen que buscar diseños de palas y elementos mecánicos de transmisión que no produzcan mucho ruido.

Dentro de esta fase, se ha de buscar un emplazamiento óptimo tal que no genere un impacto visual ni un impacto derivado de las sombras que produce el aerogenerador así como que respete la avifauna existente en la zona. Es obvio que obtener un impacto nulo es imposible, así pues se buscarán emplazamientos donde éste sea mínimo.

Para el panel fotovoltaico el análisis ambiental no es necesario, puesto que será un pequeño panel que en el lugar en el que se ha ubicado no presenta ningún problema ni de sombras ni a la fauna.

7.2. Fase de construcción:

Durante la fase de construcción existe un impacto considerable sobre la flora de la zona donde se vaya a instalar debido a movimientos de tierra, cimentaciones, accesos, caminos, etc. En el caso de un aerogenerador de baja potencia, como es el caso, las consecuencias de su instalación serán mínimas aun así es conveniente una vez realizada la instalación dejar el terreno lo más parecido posible al entorno natural, pero en este caso como se ha instalado en la azotea y el suelo estaba recubierto por gravilla y la torre donde se ha colocado el aerogenerador se ha unido a la caseta, las modificaciones del terreno han sido mínimas, casi nulas.

7.3. Fase de operación:

La fase de operación es una de las más importantes en cuanto a impacto medio ambiental se refiere ya que se tienen que considerar diversos aspectos, tales como la avifauna, el impacto visual, el impacto derivado del ruido y el impacto de la sombra que produce el aerogenerador.



7.3.1. Avifauna:

En referencia a los efectos sobre la avifauna, existen casos puntuales de colisiones de aves con turbinas eólicas. Aun así debe tenerse en cuenta las rutas de migración y zonas peculiares con alto número de especies sensibles o en peligro de extinción. De todas formas al tratarse de un aerogenerador de tamaño pequeño y el lugar de emplazamiento los efectos sobre las aves son mínimos.

7.3.2. Impacto Visual:

Respecto al impacto visual, cabe destacar la dificultad de evaluación del mismo, ya que si es verdad que los aerogeneradores atraen la atención, no es menos cierto que la reacción que provoca en los observadores es subjetiva y difícil de cuantificar.

7.3.3. Impacto derivado del ruido:

El impacto derivado del ruido que hacen los aerogeneradores durante su funcionamiento puede dividirse en dos tipos en función de la naturaleza de su fuente: ruido mecánico procedente del generador, caja multiplicadores y elementos de transmisión y ruido aerodinámico producido por el movimiento de las palas.

El primero se puede reducir mejorando los diseños. En cambio el segundo depende del número de palas, de la formas de las mismas y de las turbulencias locales. Al aumentar la velocidad del viento, aumenta la velocidad de rotación y por tanto el ruido se intensifica, por lo que se recomienda diseños en los que la velocidad del rotor no sea excesiva.

A pesar de estas recomendaciones de cara a disminuir este efecto, es importante asegurar que el aerogenerador no supere los límites permisibles de ruido.

7.3.4. Impacto derivado de las sombras:

Los aerogeneradores, al igual que el resto de estructuras altas, proyectan sombra en las áreas vecinas cuando el Sol esta visible. En este caso lo que más nos interesa es que el aerogenerador no de sombras a los paneles fotovoltaicos que ya hay instalados.

Capítulo 8.- Normativa de Aplicación



8. NORMATIVA DE APLICACIÓN:

- R.D. 2818/1998 de 23 de diciembre, sobre producción de energía eléctrica por instalaciones abastecidas por recursos o fuentes de energía renovables, residuos y cogeneración.
- Reglamento de Actividades Molestas, Insalubres, Nocivas y Peligrosas, aprobado por Decreto de la Presidencia del Gobierno 2414/1961, de 30 de noviembre. (BOE 24/04/61).
- Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto de 2002, Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.
- Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo, aprobado por Orden de 9 de marzo de 1971, del Ministerio de Trabajo.
- Real Decreto 773/1997, de 30 de mayo, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual (B.O. del Estado de 12-VI-1997).
- Ley 11/1990, de 13 de julio, de Prevención del Impacto Ecológico

Capítulo 9.- Bibliografía



9. BIBLIOGRAFÍA:

- Moreno Alfonso, Narciso. Instalaciones de energía fotovoltaica. Madrid: Garceta, 2010.
- Tobajas Vázquez, Manuel. *Energía solar fotovoltaica*. 3ª ed. Barcelona: CEYSA, 2008.
- Méndez Muñiz, Javier María; Cuervo García, Rafael. *Energía solar fotovoltaica*. 3ª ed. Madrid: Fundación Confemetal, 2008.
- IDAE, *Energía solar fotovoltaica*. Madrid: Cinco días, 1996.
- Bayod Rújula, Ángel Antonio. *Sistemas fotovoltaicos: energías renovables*. Zaragoza: Prensas Universitarias de Zaragoza, 2009.
- Lorenzo Pigueiras, Eduardo. Radiación solar y dispositivos fotovoltaicos, volumen II. 1ª ed. Sevilla: PROGNSA, 2006.
- Apuntes de asignatura Energías Renovables 4º curso de Grado de Ingeniería eléctrica, Universidad de Valladolid, apuntes año lectivo 2014/2015.
- Apuntes asignatura informática industrial 3º curso de Grado en Ingeniería eléctrica, Universidad de Valladolid, apuntes año lectivo 2013/2014.
- Apuntes asignatura sistemas de producción y fabricación de 2º curso de Grado en Ingeniería eléctrica, Universidad de Valladolid, apuntes año lectivo 2012/2013.
- Apuntes asignatura simulación y monitorización en sistemas eléctricos de 4º curso de Grado en Ingeniería eléctrica, Universidad de Valladolid, apuntes año lectivo 2014/2015.
- Guía técnica de aplicación para instalaciones de energías renovables.
http://www.agenergia.org/files/resourcesmodule/@random49914e4ed9045/1234263307_GuiaFotovoltaicaGobCan.pdf Fecha de consulta: 11/06/2015.
- Módulos fotovoltaicos. [en línea]. <http://oretano.iele-ab.uclm.es/~carrion/Bibliografia/M%C3%B3dulos%20Fotovoltaicos.pdf> Fecha de consulta: 10/07/2015.
- Instalación solar fotovoltaica conectada a red sobre la azotea de una nave industrial. PFC: Universidad Carlos III de Madrid. [en línea] http://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/6063/PFC_Israel_Blanco_Sardinero.pdf?sequence=1 Fecha de consulta: 15/06/2015.
- Estudio de la variabilidad de la generación eólica en España: [en línea] <http://www.google.fr/url?url=http://zaguan.unizar.es/record/6705/files/TAZ-PFC-2011-716.pdf&rct=j&frm=1&q=&esrc=s&sa=U&ved=0CBoQFjABahUKewiD-9DkpJbGAhWJ1xQKHxJ2AAg&usq=AFQjCNEUQCvDeRoHRrYrkEvNar3XHbXcVw> Fecha de consulta: 12/07/2015.



- PFC - Diseño de un aerogenerador de baja potencia. Escuela Técnica superior de Ingenierías industriales de Barcelona. [en línea] <http://hdl.handle.net/2099.1/2763>
Fecha de consulta: 10/06/2015.
- Manuales y tutoriales de los distintos dispositivos y aparatos de medida de la instalación, marca circutor [en línea] <http://circutor.es/es> Fecha de consulta: durante la instalación de los aparatos y redacción de la memoria.
- Modbus. Monitoreo de la red empleando Labview. Universidad industrial de Santander PFC [en línea]:
<http://repositorio.uis.edu.co/jspui/bitstream/123456789/3638/2/118154.pdf> Fecha de consulta: 16/07/2015.
- Transparencias Modbus: [en línea]
<http://iaci.unq.edu.ar/materias/laboratorio2/transparencias%5Cmodbus.pdf> Fecha de consulta: 18/07/2015.
- Estructura de una trama Modbus: [en línea] <http://www.xmcarne.com/blog-tecnico/trama-modbus/> Fecha de consulta: 18/07/2015.
- Normas de Comunicación en Serie: RS-232, RS-422 y RS-485 [en línea]:
<http://www.unilibre.edu.co/revistaingeniolibre/revista-11/art13.pdf> Fecha de consulta: 15/07/2015.
- Comunicación con RS-485 y MODBUS. PFC. Universidad de Alicante [en línea]:
<http://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/18990/1/AA-p3.pdf> Fecha de consulta: 18/07/2015.
- Comunicaciones industriales. PFC. Universidad de Ovideo. [en línea]
<http://isa.uniovi.es/docencia/iea/teoria/comunicacionesindustrialesdocumento.pdf>
Fecha de consulta: 15/07/2015.
- Conexión TCP/IP entre dos estaciones usando labview 7 [en línea]:
https://www.google.es/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CCEQFjAAahUKEwjlo_b95NDHAhVCWxQKHf3iD8E&url=http%3A%2F%2Fincludemecatronica.jimdo.com%2Fapp%2Fdownload%2F5637294413%2FCONEXION%252520TCP_IP%252520ENTRE%252520DOS%252520ESTACIONES%252520USANDO%252520LABVIEW%2525207%252520EXPRESS.pdf%3Ft%3D1322254564&ei=h_TiVYjEMsK2Uf3Fv4gM&usg=AFQjCNHyOXiR5anNWV61dCcZurfPJ7GudA&cad=rja Fecha de consulta: 20/06/2015.
- “Control de PLCs Siemens S7-1200 mediante el protocolo MODBUS a través del programa LABVIEW para realización de prácticas de comunicación industrial”. [en línea]
<http://academica-e.unavarra.es/handle/2454/6711> Fecha de consulta: 22/06/2015.



Bibliografía



- Creación de un sistema de control en labview para un banco de ensayos.
PFC. Universidad Carlos III Madrid. [en línea] http://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/10680/PFC_David_Perez_Calleja.pdf?sequence=2 Fecha de consulta: 15/07/2015.
- Tutorial Labview: [en línea]:
<http://www.ie.itcr.ac.cr/einteriano/control/Labview/ParaAprender/Curso%20LabVIEW6i.pdf> Fecha de consulta: descarga archivo y durante varia parte de la realización del proyecto.
- Tutorial Labview: [en línea]:
http://www.ib.edu.ar/FisicaExperimental/images/3/33/2012_-_Introduccion_Labview_01.pdf Fecha de consulta: descarga archivo y durante varia parte de la realización del proyecto.

Capítulo 10.- Anexos



10. ANEXOS:

10.1. Anexo I:



Shunts

serie SH

Shunt para la medida de corriente continua de grandes amperajes



Descripción

- Shunt para la medida de corriente continua 1 A c.c. hasta 20000 A c.c., según tipo
- Clase 0,5 de precisión
- Todos los tipos se suministran con cables de 1,5 m de longitud y 1,5 mm² de sección
- La tensión de salida estándar es de ...60 mV. Otras relaciones bajo pedido. (ver tabla de codificación)

Aplicación

Usado en líneas eléctricas de corriente continua para obtener una señal de tensión de relación proporcional a la corriente que pasa por el shunt

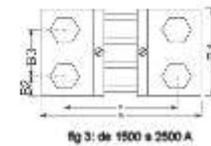
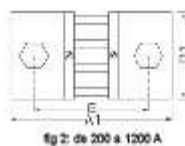
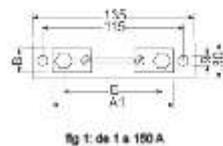
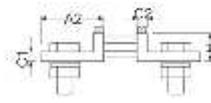
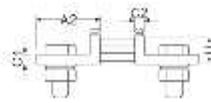
Características

Caída de tensión	...60 mV ó ...150 mV	
Clase de precisión	0,5 del 0 al 120% de I_n	
Sobrecargas	Permanente	1,2 I_n
	Durante 5 s	10 I_n , si 10 A ≤ I_n ≤ 500 A 5 I_n , si 600 A ≤ I_n ≤ 2000 A 2 I_n , si 2500 A ≤ I_n
Temperatura de funcionamiento	-25...+60 °C	
Características constructivas	Varillas de manganina Terminales de latón	
Normas	DIN 43783, IEC 61, VDE 410, BS 88	

Dimensiones

Caída tensión mV/V _n	Alcance A ₁	Fig.	a1	a2	b1	b2	b3	c1	c2	e	h	Peso (kg)	N.º empalmes de corriente	Empalmes de corriente			Empalmes de tensión
														Tornillo hexagonal DIN 933	Arandela DIN 125	Tuerca DIN 934	
60	1-1, 5-2, 5-4-6-10-15-25	1	90	28	20	-	-	8	-	78	-	0,15	2 x 1	M5 x 12	5,3	-	2 Tornillos M5 x 8 DIN 94 y 2 arandelas 5,3 DIN 433
	30-40-50-100-150		100	33	20	-	-	8	-	80	-	0,13	2 x 1	M5 x 16	8,4	-	
	250	2	145	55	30	15	-	10	10	105	30	0,54	2 x 1	M12 x 40	13	M12	
	400-600		40	20	-	-	-	-	-	-	-	0,78	2 x 1	M16 x 45	17	M16	
	1000-1200		60	30	-	-	-	-	-	-	-	1,49	2 x 1	M20 x 50	21	M20	
	1500		65	30	-	-	-	-	-	-	-	1,95	2 x 2	M16 x 45	17	M16	
2500	120	30	60	10	10	115	30	3	2 x 2	M20 x 50	21	M20					
150	1-1, 5-2, 5-4-6-10-15-25	1	90	25	20	-	-	8	-	78	-	0,18	2 x 1	M5 x 12	5,3	-	2 Tornillos M5 x 8 DIN 94 y 2 arandelas 5,3 DIN 433
	40-60-100-150		225	33	25	-	-	8	-	205	-	1,14	2 x 1	M5 x 16	8,4	-	
	250	2	270	55	30	15	-	10	10	230	60	0,80	2 x 1	M12 x 40	13	M12	
	400-600		40	20	-	-	-	-	-	-	-	1,38	2 x 1	M16 x 45	17	M16	
	1000		65	30	-	-	-	-	-	-	-	2,55	2 x 1	M20 x 50	21	M20	
	1500		70	35	-	-	-	-	-	-	-	2,55	2 x 1	M20 x 50	21	M20	

(1) Todos los shunts se suministran con cables de conexión de 1,5 m de longitud y 1,5 mm² de sección.





Shunts
serie SH

Shunt para la medida de corriente continua de grandes amperajes

Referencias



Relación	SH		SHB		SHP	
	Tipo	Código	Tipo	Código	Tipo	Código
1 A / 60 mV	-		SHB 1	M71221	-	
1,5 A / 60 mV	-		SHB 1,6	M71222	-	
2,5 A / 60 mV	-		SHB 2,5	M71223	-	
4 A / 60 mV	-		SHB 4	M71224	-	
5 A / 60 mV	-		SHB 6	M71225	-	
6 A / 60 mV	-		SHB 8	M71226	-	
10 A / 60 mV	-		SHB 10	M71227	-	
15 A / 60 mV	-		SHB 15	M71228	-	
25 A / 60 mV	-		SHB 25	M71229	-	
30 A / 60 mV	SH 30	M71231	SHB 30	M7122A	SHP 30	M71211
40 A / 60 mV	SH 40	M71232	SHB 40	M7122B	SHP 40	M71212
50 A / 60 mV	SH 60	M71233	SHB 60	M7122C	SHP 60	M71213
60 A / 60 mV	SH 80	M71234	SHB 80	M7122D	SHP 80	M71214
75 A / 60 mV	-		-		SHP 75	M71216
80 A / 60 mV	SH 80	M71236	SHB 80	M7122E	-	
100 A / 60 mV	SH 100	M71236	SHB 100	M7122F	SHP 100	M71218
150 A / 60 mV	SH 160	M71237				
200 A / 60 mV	SH 200	M71238				
250 A / 60 mV	SH 250	M71239				
300 A / 60 mV	SH 300	M7123A				
400 A / 60 mV	SH 400	M7123B				
500 A / 60 mV	SH 600	M7123C				
600 A / 60 mV	SH 800	M7123D				
750 A / 60 mV	SH 750	M7123E				
800 A / 60 mV	SH 800	M7123F				
1000 A / 60 mV	SH 1000	M7123G				
1200 A / 60 mV	SH 1200	M7123H				
1500 A / 60 mV	SH 1600	M7123J				
2000 A / 60 mV	SH 2000	M7123K				
2500 A / 60 mV	SH 2600	M7123L				
3000 A / 60 mV	SH 3000	M7123M				
4000 A / 60 mV	SH 4000	M7123N				
5000 A / 60 mV	SH 6000	M7123P				
6000 A / 60 mV	SH 8000	M7123Q				
7500 A / 60 mV	SH 7600	M7123R				
8000 A / 60 mV	SH 8000	M7123S				
10000 A / 60 mV	SH 10 000	M7123T				
12500 A / 60 mV	SH 12 600	M7123U				
15000 A / 60 mV	SH 16 000	M7123V				
18000 A / 60 mV	SH 18 000	M7123Z				
20000 A / 60 mV	SH 20 000	M7123O				

Tabla de codificación

Shunts	M	7	X	X	X	X	0	0	X
	Código						Código interno		↑
	Entrada						Estándar .../60 mV		0
							.../50 mV		1
							.../100 mV		2
							.../150 mV		3
							.../200 mV		4
.../300 mV							5		
.../400 mV		6							



10.2. Anexo II:

Instrumentación digital y convertidores de medida

M.2

Instrumentación digital

serie DH

Instrumentación digital para panel



Descripción

- Equipo digital diseñado para mostrar por display el valor programado de una variable eléctrica o señal de proceso, según tipo. También útil para regulación si se usa con tarjetas de salida de relés (alarmas)
- Totalmente programable: escala, relación de transformación, relés de alarma, comunicaciones, etc.
- Medida de V, A, Hz y señal de procesos (impulsos, peso, temperatura, presión, etc.)
- Medición en verdadero valor eficaz (TRMS), tipos en C.A.
- Multitud de opciones con módulos de expansión
- 4 dígitos de alta luminosidad
- Alta precisión
- Instalación en panel 96 x 48 mm

Aplicación

- Visualizador digital de 4 dígitos, de alta luminosidad, la tensión, la corriente, la frecuencia, etc., definir alarmas para los distintos parámetros medidos.
- Convertidor visualizador de parámetros medidos a señal analógica para PLC's
- Visualizador y comunicación del dato medido mediante bus RS-485 / RS-232 para integración en software o PLC.

Características

Círculo de alimentación	230 V c.a. (-15 ... +20%)
Consumo	4 V-A (sin tarjeta), 7 V-A (con tarjeta)
Frecuencia	45...65 Hz
Círculo de medida	
Sobrefensión (permanente / durante 10 s)	1,2 U_N / 2 U_N
Sobrecarga (permanente / durante 10 s)	1,2 I_N / 5 I_N
Margen de medida	2 ... 120 %
N.º conversiones por ciclo	32
Display	7 segmentos de 14 mm, rojo
Punto decimal	Programable
Indicador exceso escala	~ . . . ~
Aislamiento	
Tensión de prueba	3 kV, 50 Hz, 1 min
Test de impulsos	4 kV (1,2 / 50 s)
Condiciones ambientales	
Temperatura de almacenamiento	-40 ... +70 °C
Temperatura de uso	-10 ... +65 °C
Altitud	2000 m
Características constructivas	
Material Caja	ABS VO, antracita gris
Grado de protección	Caja y bornes: IP 20 / Frontal: IP 54
Peso	550 g
Normas	
En los tipos A, C, P: IEC 1010, IEC 348, IEC 684, VDE 0110, VDE 0435	
En los otros tipos: IEC 1010, IEC 348, IEC 684, EN 60081-1, EN 60082-1	

Referencias

DH96 Amperímetro o Voltímetro

Medida	Parámetros	Rango	Escala	Precisión	Display	Tipo	Código
C.C.	A ó V	200 V C.C. ó 200 mA	200 mA ó 50, 100, 200 V	0,2 % (± 1 dig)	4 dígitos	DH 96 C	M20411
C.A.	A ó V	600 V C.A. ó ... / 5 A	... / 5 A ó 150, 300, 600 V	0,5 % (± 1 dig)	4 dígitos	DH 96 A	M20412

Instrumentación digital

serie DH

Instrumentación digital para panel



Referencias

DH86 Amperímetro

Medida	Parámetros	Rango / Escala	Precisión	Display	Tipo	Código
C.A.	A	...10 A	0,5 % (± 1 díg.)	4 dígitos	DH 86 A (10 A)	M20413
C.A.	A	... / 5 A (arranque motores 5 *, durante 10 s)	0,5 % (± 1 díg.)	4 dígitos	DH 86 A (... / 5 A)	M20414

DH86 Amperímetro y voltímetro (a través de shunt ...60 mV)

Medida	Parámetros	Rango / Escala	Precisión	Display	Tipo	Código
C.C.	A y V	Programable: V y A Rango de V: 1 a 100 V Rango de A: Mediante shunt ...60 mV	0,2 % (± 1 díg.)	4 dígitos	DH 86 A V	M2041C *

* No admite tarjeta de expansión

DH86 Central de medida

Medida	Parámetros	Rango	Escala	Precisión	Display	Tipo	Código
C.C.	V, A, kW, kWh	Rango de V: hasta 800 V cc Rango de A: ...60 mV	Programable: Selecc. V: 100 / 300 / 800 V cc.	0,2 % (± 1 díg.)	4 dígitos	DH 86 CPM	M20419

DH86 Indicador universal de proceso

Medida	Parámetros	Rango Escala	Precisión	Display	Tipo	Código
C.C.	-	± 20 mA, ± 1 mA, ± 120 mV, ± 500 mV, ± 10 V	0,2 % (± 1 díg.)	4 dígitos	DH 86 P	M20416

DH86 Frecuencímetro y tacómetro

Medida	Parámetros	Rango / Escala	Precisión	Display	Tipo	Código
-	Hz, r/min	0,1 ... 20000 Hz	-	5 dígitos	DH 86 FT	M20417

DH86 Cronómetro y cuentapulsos

Medida	Parámetros	Rango / Escala	Precisión	Display	Tipo	Código
-	s, min, h, N.º impulsos	Programable para medir tiempo e impulsos	-	5 dígitos	DH 86 CT	M20418

DH86 Temperatura

Medida	Parámetros	Rango / Escala	Precisión	Display	Tipo	Código
-	°C	Sonda RTD y termopar	0,2 % (± 1 díg.)	5 dígitos	DH 86 TMP	M2041E

10.3. Anexo III:

M.5 Analizadores de redes CVM

accesorios

Convertor TCP2RS+

Convertor RS-232 / RS-485 a Ethernet modbus

Descripción

TCP2RS+ es una pasarela orientada a la conversión del medio físico Ethernet a RS232 ó RS485 o viceversa. El equipo está dotado de un Servidor Web, desde el cual el usuario puede parametrizar íntegramente los parámetros de configuración del dispositivo.

Polifun

TCP2RS+ es una pasarela desarrollada íntegramente en la factoría CIRCUTOR incorporando las últimas tecnologías de integración en redes ethernet, y con una alta fiabilidad, estabilidad y robustez de uso. TCP2RS+ puede trabajar en modo IP Fija, e incluso en modo DHCP a través de identificación mediante nombre.

Versátil

TCP2RS+ está diseñada para trabajar en múltiples modos de comunicación, tan sólo seleccionando la opción deseada a través del Servidor Web de configuración. En función maestro-esclavo, el puerto ethernet del equipo puede trabajar en modo UDP o TCP a un puerto configurable, o bien en modo Modbus/TCP al puerto 502. Además, el equipo dispone de funciones routing con el objetivo de desarrollar topologías RS232/485 sobre infraestructuras ethernet existentes.

La selección del protocolo de red serie (RS232 ó RS485) y otros parámetros de red se realiza mediante página web de configuración.

Industrial

TCP2RS+ es la única pasarela del mercado con alimentación multi rango y en una envolvente tipo DIN de tan sólo 2 módulos. Su fuente conmutada le permite alimentar el dispositivo desde 85 hasta 290 voltios en corriente alterna, y desde 120 hasta 410 voltios en corriente continua.

- Fácil programación IP mediante programa IP setup (windows)
- Fácil acceso al Servidor Web de configuración una vez conocida su IP
- Interface RS232 ó RS485 seleccionable mediante Internet Explorer
- Múltiples protocolos de comunicación: UDP, TCP, Modbus/TCP o funciones routing
- Conexión ethernet RJ45 10/100BaseTX
- Conexión de hasta 32 equipos en el bus (RS485)
- Compatible con cualquier aplicación de mercado (PowerStudio / PowerStudio SCADA)

Aplicación

Convertir señal RS-232 o RS-485 a Ethernet, o viceversa.



Características

Protocolos de red	TCP / UDP / MODBUS TCP / HTTP
Ethernet	10BaseT / 100BaseTX autodelectable (RJ45)
Puerto serie	RS485/RS232 tres cables (A/B/GND) (RX/TX/GND)
Velocidad puerto serie	4800...115.200 bps
Bits de datos puerto serie	7 / 8
Bits de parada puerto serie	1 / 2
Paridades puerto serie	par, impar, ninguna
Configuración	HTTP / JSON / DHTML
Firmware	Actualizable desde página web
LEDs de diagnóstico	Power / RX / RT / FULL/HALF (Ethernet) / ACTIVITY / 10M/100M / LINK
Alimentación versátil	85...290 VAC / 120...410 VDC
Conexión alimentación	Bornes metálicos con tornillos «posidraft»
Características constructivas	
Caja	Polycarbonato autoextinguible UL94 PVD
Grado de protección	IP20
Fijación	Acoplable a riel DIN 46277 (2 módulos)
Condiciones ambientales	
Temperatura estándar	-10 / 60 °C B
Temperatura de almacenamiento	-40 / 85 °C
Humedad sin condensación	5...95%
Seguridad	
Categoría de instalación Clase III / EN61010 Protección al choque eléctrico por doble aislamiento clase II. El equipo debe conectarse a un circuito de alimentación protegido con fusibles tipo gI según IEC 269 o tipo M, con valores comprendidos entre 0,5 y 1A. Debe estar provisto de un interruptor magnetotérmico, o equivalente, para poder desconectar el equipo de la red de alimentación. La sección mínima del cable de alimentación será de 1mm ² .	
Normas	
IEC 60664, VDE 0110, UL 94, EN61010-1, EN55011, EN 61000-4-2, EN 61000-4-3, 61000-4-11, EN 61000-6-4, EN 61000-6-2, EN 61000-6-1, EN 61000-6-3, EN 61000-4-5 CE	

Referencias

Tipo	Código
TCP2RS+, Convertor Ethernet a RS232 / RS485	M64033



10.4. Anexo IV:

ENERGIZING LIFE TOGETHER 

MÓDULOS SOLARES DE ALTO RENDIMIENTO

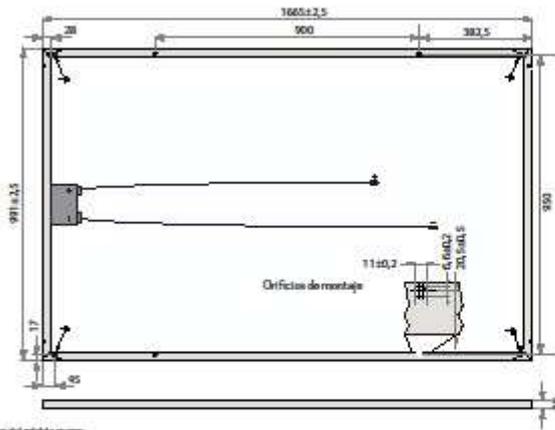
REC PEAK ENERGY SERIES

Los módulos REC Peak Energy Series son la mejor elección: aúnan calidad duradera con una potencia fiable de salida. REC combina un diseño de alta calidad y las normas más exigentes de producción para elaborar módulos solares de alto rendimiento con una calidad insuperable.

- **MÁS ELECTRICIDAD POR M²**
- **DISEÑO DURA DERO Y ROBUSTO**
- **TIEMPO DE RETORNO DE LA ENERGÍA EQUIVALENTE A UN AÑO**
- **OPTIMIZADO PARA TODAS LAS CONDICIONES DE LUZ SOLAR**



REC PEAK ENERGY SERIES



Dimensiones del módulo en mm.

PARÁMETROS ELÉCTRICOS @ STC	REC235PE	REC240PE	REC245PE	REC250PE	REC255PE	REC260PE
Potencia nominal- P_{MPP} (Wp)	235	240	245	250	255	260
Clasificación de la clase de potencia (W)	0/+5	0/+5	0/+5	0/+5	0/+5	0/+5
Tensión nominal- V_{MPP} (V)	29,5	29,7	30,1	30,2	30,5	30,7
Corriente nominal- I_{MPP} (A)	8,06	8,17	8,23	8,30	8,42	8,50
Tensión circuito abierto- V_{OC} (V)	36,6	36,8	37,1	37,4	37,6	37,8
Corriente corto circuito- I_{SC} (A)	8,66	8,75	8,80	8,86	8,95	9,01
Eficiencia del módulo (%)	14,2	14,5	14,8	15,1	15,5	15,8

Los datos analizados demuestran que el 99% de los módulos tienen una tolerancia de corriente y tensión del ±3% respecto al valor nominal. Valores en condiciones estándares de medida STC (raya de aire AM1,5; irradiancia 1000W/m²; temperatura de la célula 25°C). En bajas irradiancias de 200W/m² y condiciones STC (1,5AM) Temperatura de célula de 25°C en posición horizontal, al menos el 97% de la eficiencia.

PARÁMETROS ELÉCTRICOS @ NOCT	REC235PE	REC240PE	REC245PE	REC250PE	REC255PE	REC260PE
Potencia nominal- P_{MPP} (Wp)	179	183	187	189	193	197
Tensión nominal- V_{MPP} (V)	27,5	27,7	28,1	28,3	28,5	29,0
Corriente nominal- I_{MPP} (A)	6,51	6,58	6,64	6,68	6,77	6,81
Tensión circuito abierto- V_{OC} (V)	34,2	34,4	34,7	35,0	35,3	35,7
Corriente de corto circuito- I_{SC} (A)	6,96	7,03	7,08	7,12	7,21	7,24

Temperatura nominal de la célula (NOCT) 800W/m² AM1,5; velocidad del viento 1m/s; temperatura ambiente 20°C.

CERTIFICADOS



IEC 61215 y IEC 61730; IEC 62716 (resistencia al amarillamiento) & IEC 61701 (corrosión en presencia de ácido sulfúrico - nivel B).



Miembro del PV Cycle

GARANTÍA

10 años de garantía de producto
25 años de garantía de la potencia nominal lineal (máxima degradación de rendimiento del 0,7% p.a.)

15,8% EFICIENCIA

10 AÑOS DE GARANTÍA DE PRODUCTO

25 AÑOS DE GARANTÍA DE LA POTENCIA NOMINAL LINEAL

PARÁMETROS TÉRMICOS

Temp. de operación nominal de la célula (p _{oc})	45,7°C (±2°C)
Coefficiente de temperatura para P _{MPP}	-0,40%/°C
Coefficiente de temperatura V _{OC}	-0,98%/°C
Coefficiente de temperatura I _{SC}	2,10mA/°C

η₀ = 0,34 ohmios

DATOS GENERALES

Tipo de célula:	60 células policristalinas REC PE
	3 cadenas de 20 células con diodos de derivación
Cristal:	Vidrio solar de 3,2mm con tratamiento antirreflejante
Lámina posterior:	Doble capa de políster de alta resistencia
Marco:	Aluminio anodizado
Caja de conexiones:	IP67
	Cable solar 4mm ² , 0,90m + 1,20m
Conectores:	MCA (4 mm ²)
	Conexión MCA (4 mm ²)
	Rador de cierre por torsión (4 mm ²)

LÍMITES OPERATIVOS

Margen de temperatura del módulo:	-40 ... +80°C
Voltaje máximo del sistema:	1000V
Máxima carga de nieve:	550 kg/m ² (5400 Pa)
Máxima carga de viento:	244 kg/m ² (2400 Pa)
Capacidad máxima del fusible:	25A
Máxima Corriente Inversa:	25A

DATOS MECÁNICOS

Dimensiones:	1665 x 991 x 38 mm
Área:	1,65 m ²
Peso:	18 kg

Atención! Las especificaciones están sujetas a cambios sin notificación previa.

Rev. P - 01/2013. Esta ficha técnica se publica en forma de PDF.

REC es una empresa líder global que suministra soluciones de electricidad solar. Con casi dos décadas de experiencia, ofrecemos productos renovables de alto rendimiento, servicios y oportunidades de inversión para empresas electrónicas y solares. Junto a nuestros socios creamos valor ofreciendo soluciones que mejor se ajustan a las crecientes necesidades globales de electricidad. Nuestros 2.300 empleados en todo el mundo generaron ingresos por más de 7 mil millones de coronas noruegas en 2012, aproximadamente 1000 millones de Euros o 1300 mil millones de dólares.



www.recgroup.com



10.5. Anexo V:

Enphase Microinverters

Enphase® M215



The **Enphase Energy Microinverter System** improves energy harvest, increases reliability, and dramatically simplifies design, installation, and management of solar power systems.

The Enphase System includes the microinverter, the Envoy Communications Gateway,[™] and Enlighten,[®] Enphase's monitoring and analysis software.

PRODUCTIVE

- Maximum energy production
- Resilient to dust, debris, and shading
- Performance monitoring

RELIABLE

- System availability greater than 99.8%
- No single point of system failure

SMART

- Quick and simple design, installation, and management
- 24/7 monitoring and analysis

SAFE

- Low-voltage DC
- Reduced fire risk





Enphase® M215 Microinverter // DATA

INPUT DATA (DC)	M215-60-230-S22
Recommended input power (STC)	190 - 270 W
Maximum input DC voltage	45 V
Peak power tracking voltage	22 V - 36 V
Operating range	16 V - 36 V
Min./Max. start voltage	22 V / 45 V
Max. DC short circuit current	15 A
Max. input current	10.5 A

OUTPUT DATA (AC)	
Rated output power	215 W
Nominal output current	0.94 A
Nominal voltage/range	230 V
Nominal frequency/range	50.0 Hz
Power factor	>0.96
Maximum units per branch circuit	17 (Ph + N), 27 (3Ph + N)

EFFICIENCY	
EN 50530 (EU) efficiency	95.4%
Static MPPT efficiency (weighted, reference EN50530)	99.6%
Dynamic MPPT efficiency (fast irradiation changes, reference EN50530)	99.3%
Night time power consumption	50 mW

MECHANICAL DATA	
Ambient temperature range	-40°C to + 65°C
Operating temperature range (internal)	-40°C to + 85°C
Dimensions (WxHxD)	172x164x25 mm
Weight	1.6 kg
Cooling	Natural convection - No fans
Enclosure environmental rating	Outdoor - IP67

FEATURES	
Compatibility	Pairs with most 60-cell PV modules
Communication	Power line
Monitoring	Free lifetime monitoring via Enlighten software
Transformer design	High frequency transformers, galvanically isolated
Compliance	VDE-0126-1-1, DK5940, C10/11, EN62109-2, CEI_0-21, EN50438, G83/1-1, G59/2, AS4777

To learn more about Enphase microinverter technology, visit enphase.com.



© 2013 Enphase Energy. All rights reserved. All trademarks or brands in this document are registered by their respective owner.