



# Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán

---

## **Diseño de Control Automático para Electro Generación Dual en Radiobase Celular Remota**

**TESIS**

Que para obtener el título de:

**Ingeniero Mecánico Electricista**

Presenta:

**José Armando Montes Rodríguez**

Asesor de Tesis:

**Ing. Luis Raúl Flores Coronel**

**Cuautitlán Izcalli, Estado de México, 2020**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN  
SECRETARÍA GENERAL  
DEPARTAMENTO DE EXÁMENES PROFESIONALES

U. N. A. M.  
FACULTAD DE ESTUDIOS  
SUPERIORES-CUAUTITLÁN

ASUNTO: VOTO APROBATORIO

M. en C. JORGE ALFREDO CUÉLLAR ORDAZ  
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLÁN  
PRESENTE

ATN: I.A. LAURA MARGARITA CORTAZAR FIGUEROA  
Jefa del Departamento de Exámenes Profesionales  
de la Facultad de Estudios Superiores Cuautilán.



Con base en el Reglamento General de Exámenes, y la Dirección de la Facultad, nos permitimos comunicar a usted que revisamos el: **Trabajo de Tesis**

**Diseño de Control Automático para Electro Generación Dual en Radiobase Celular Remota**

Que presenta el pasante: **JOSÉ ARMANDO MONTES RODRÍGUEZ**

Con número de cuenta: **08438123-7** para obtener el Título de la carrera: **Ingeniería Mecánica Eléctrica**

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el **EXAMEN PROFESIONAL** correspondiente, otorgamos nuestro **VOTO APROBATORIO**.

ATENTAMENTE

“POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU”

Cuautilán Izcalli, Méx. a 23 de Octubre de 2019.

**PROFESORES QUE INTEGRAN EL JURADO**

	NOMBRE	FIRMA
<b>PRESIDENTE</b>	Ing. Leonardo Sergio Lara Flores	
<b>VOCAL</b>	Ing. Luis Raúl Flores Coronel	
<b>SECRETARIO</b>	Ing. Óscar Carmona Islas	
<b>1er. SUPLENTE</b>	M. en I. César Sinhué Moreno Varela	
<b>2do. SUPLENTE</b>	Ing. Selene Martínez Moreno	

NOTA: los sinodales suplentes están obligados a presentarse el día y hora del Examen Profesional (art. 127).

## Agradecimientos

¿Después de este trayecto a quién dar las gracias?

Iniciemos con la profesora Bertha de primer grado, a quien recuerdo perfectamente, al igual que la primera calificación en el cuaderno astro de color caoba en su forro, que mis padres compraron con la imagen de un astronauta en perfil de tinta negra, para asistir ese primer día de clases, esa primer calificación de 6, que me hizo sentir muy mal, apenas empezaba el juego y ya estaba duro el partido. Al pasar los días mejoré mi desempeño y así a lo largo de esos 6 años, en compañía de la profesora Carmelita de 2°, Socorro de 3° y al profesor Esteban de 4°.

A una gran maestra que siempre dio lo mejor de sí, que siempre enseñaba más de lo que el programa pedía, mi maestra de 5° y 6°, Laura Larios Santana, que desde ese tiempo me aseguro que mi destino estaría en algo de ciencias o ingeniería si mantenía el 9.9. A mis maestros de primaria, ¡muchas gracias por su dedicación!



Grandes momentos de vida compartidos con Hector y Edith, Victoria y Armando, Rosa Isela y Raúl, que diversión, exquisita niñez vivida en la escuela pública Laura Méndez de Cuenca, distantes años vividos del 1974 al 1980.

A mis profesoras de Ingles, Olimpia Cisneros, Gloria y Silvia Fierro, increíble la paciencia para con sus alumnos y motivar el aprendizaje del idioma de Jim Morrison. Muchas gracias pues lo aprendido en sus clases siempre me ha facilitado el camino.

A mis profesores de Biología; Huranga, a la profesora Mota, excelentes motivadores para el adolescente que poco a poco habría de descubrir de que están hechos los animales y los hombres.

A mis maestros de Geografía, Civismo e Historia, primos de Ernesto y de Fidel, ellos provocaron la crítica, la rebeldía, el continuar la revolución del conocimiento y aportar lo propio para lograr un mejor país.

A mi profesora de español, Pilar, que múltiples acentos me ayudo adecuadamente a usar, nunca poesía, siempre en mí la narrativa.

Al profesor de Electronica, Alfonso Llamas, recuerdo la mañana que entro al salón para invitarnos a su clase y descubrir la tecnología que se aplicaba, seguro que fue uno de los culpables de mis males terminales, cuanto cariño por su vocación, y el imborrable momento de esconderme de su vista a la sombra del compañero delante de mí, pues la respuesta a la pregunta demandada, no la recordaba.

Rodolfo Cáceres, profesor de matemáticas, gran guía, gran tutor de grupo, siempre directo pocas veces tierno, su clásica entrada a cada clase, “suma mental”, que sufrimiento pues nadie quiere equivocarse en público siempre formal y severo, así lo recuerdo, “Tu promedio de 7.9 no es suficiente para entrar a la Normal”. A mis maestros de secundaria, muchas gracias por su dedicación.

Grandes momentos de vida compartidos con en la etapa de post niño, pre adolescente, o la nomenclatura que se prefiera para esa etapa transcurrida del 1980 al 1983, tantas mañanas de cabello mojado, de tantos amigos, Ruben y Xochitl, Martha y Daniel, escuela secundaria pública No 111, Alejandro Von Humboldt.

Mi gran partido inició a las 10:00 de un día de verano del 1983, escenario, estadio Azteca, miles de contrincantes y solo unos pocos ganadores, de entre todos ellos tuve la fortuna de salir ganador y días posteriores presentarme, en la Escuela Nacional Preparatoria, escuchar a Vivaldi por primera vez y así coronar el éxito del inicio de un gran nuevo reto, mañanas frías, mediodías cálidos, tardes de futbol, momentos que aun recuerdo con emoción. Algo extraño, apenas llegan a mi memoria algunos profesores, Padilla de Física, Catalina de Matemáticas, de lo mucho disfrutado en los paseos provocados por el maestro de Dibujo constructivo y de lo sufrido en su clase, desde ese tiempo sabía que en el futuro se inventaría una solución al tedio del trazo. Perdido entre epicúreos y estoicos, entre Aristóteles y Platón, extrañamente los recuerdos académicos son tan vagos y los recuerdos de emociones son tan

presentes. Mis amigos Mauro Zavaleta, Cristal Órnelas, Ruben Páez, Jaime, Oclica, Bucio, Luis Montes, De Gremmi.



Me queda claro que con la música de “Every little thing she does is magic”, “Summer of 69”, “Cuanto Gane Cuanto Perdí”, pasaron grandes, grandísimos años preparatorianos. Y es que son estos 3 años donde la convivencia con la comunidad estudiantil representa para mí, la viva imagen de la universalidad del conocimiento, pues el futuro abogado discute con el médico, el filósofo diserta con el ingeniero y el artista baila y ríe pues no le cree nada a nadie. Hoy revivo el último momento como preparatoriano cuando el profesor de Fútbol Americano, siempre conocido como el chino, me dijo, ¡has reprobado tu extraordinario de Calculo Diferencial!, ¡preséntate al próximo examen, el próximo ciclo, el próximo año!, a punto de las lagrimas estaba, pues no lo había logrado, fue un instante, el instante que el profesor como lección me dio, pues después del trago amargo, la miel del trabajo realizado fue coronada con la frase, ¡has pasado, solo estaba bromeando!, ¡anda lárgate de aquí!. Esa noche tuve una celebración de un solo participante, estaba listo para el siguiente paso, sabía que esa noche terminaba el bachiller e iniciaba el universitario, sabía que ya estaba por llegar

a mi meta. Gracias profesores de mi querida Escuela Nacional Preparatoria No 8, Miguel E Schulzt.

Suena el teléfono, esperado sonido, pues siempre indica una posibilidad de negocio en el taller de electricidad y plomería que tenía mi padre, en esa ocasión no era negocio alguno, era mi madre al otro lado de la línea y con la noticia de que había llegado un sobre de la UNAM, le dije que leyera completo el documento, pero que no me dijera nada excepto el nombre de la carrera, pasaron breves segundos y pronuncio, “Ingeniería Mecánica Eléctrica”.

Metro Toreo, anden K, L, M, N, O, P, para llegar día a día, a la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, mí odisea de 4 horas diarias, para alcanzar la meta. Bien lo decía el profesor de Introducción a la Ingeniería, esta no es una carrera de velocidad, es un maratón de resistencia, ¡pues vaya que si lo corrí completo!

Bruma de mañana, puesta de sol en la tarde, difícil decir que disfrutaba más, posiblemente era la fiesta y en otras la clase, ahora me doy cuenta que el viaje de la vida era el que disfrutaba, aunque no siempre me pude dar cuenta, ¿que si lo repetiría?, ¡claro que sí!, pues era en ese momento que estaba puliendo la primera pieza de la escultura de mi vida, de mi vida profesional.



Estática ó Dinámica , Diseño Lógico o Control Analógico , Hector Roa ó Nicolás Calva, sería injusto citar materia o profesor favorito, al igual que amigos en la escalera, Maruri, Rene, Javier, Nora, Patricia, Leticia, Alfredo, Jesús, Puga , claro que el tiempo poco a poco borra los nombres, pero sus rostros así como los sonidos de esos momentos, “The Whole of The Moon”, “Forever Young”, es la música e imagen de por siempre joven que continua en mí de ese gran viaje realizado en la ingeniería, en la ingeniería de mi querida Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán.

Gracias por el apoyo recibido del ingeniero Luis Raul Flores Coronel, mi asesor de tesis, y de la ingeniera Selene Martinez Moreno, en este proceso último.

Gracias al chofer y al policía, a la cocinera y a la tamalera, al campesino y al obrero, al médico y al contador, que con su trabajo día a día y en forma honesta, continúan la búsqueda de mejores condiciones de vida para todos, gracias a los mexicanos que visualizaron la educación pública como la llave maestra para hacer de México un mejor país, al pueblo de México, ¡gracias!



Por último las gracias a las personas más importantes en mí vida, la familia, mi esposa Verónica Moreno López, mi hijo Armando Tenoch Montes Moreno, mi hija Avril Malinalli Montes Moreno, mi padre Armando Montes Nava y mi madre María Trinidad Rodriguez Delgado, pues siempre han sido mi apoyo y motivación para mantenerme en la búsqueda de mi desarrollo personal y académico, pero sobre todo han hecho de mí un hombre pleno y feliz.

Por mi raza hablará el espíritu, México 2020.



## ÍNDICE

Objetivos .....	8
Introducción.....	9
Capítulo 1. Estructura del sistema.....	11
Sistema de generación.....	11
Sistema fotovoltaico .....	12
Operación del sistema dual.....	30
Capítulo 2. Arquitectura de control .....	34
Controlador lógico programable .....	34
Comunicación.....	48
Auxiliares del sistema de control.....	55
Capítulo 3. Pantalla táctil .....	59
Interfaz hombre máquina.....	59
Programa pantalla .....	61
Pantalla usuario .....	67
Descargar datos del sistema.....	74
Capítulo 4. Monitoreo remoto.....	81
Configuración de aplicación.....	85
Capítulo 5. Funcionamiento general del sistema de control dual .....	86
Conclusiones.....	88
Bibliografía .....	89

## Objetivo

En la operación de sistemas de radiobase remotas para enlace telefónico celular, se ha utilizado en principio, un equipo de generación eléctrica mediante una planta diesel de operación continua, sin embargo dado que el desarrollo tecnológico de los sistemas fotovoltaicos ha alcanzado niveles de eficiencia y costo convenientes, se ha decidido implementar un sistema fotovoltaico, que funcione como sistema eléctrico principal y que la generación secundaria o de respaldo, sea soportada por generación mediante diesel.

Por lo cual el presente proyecto tiene como objetivo 3 puntos:

- 1.-Utilizar energía solar en la operación eléctrica de la radiobase.
- 2.-Reducir el uso de diesel en la generación eléctrica.
- 3.-Monitoreo remoto y local de variables críticas del sistema.

## **Introducción**

En la operación de sistemas de telecomunicaciones es indispensable tener un adecuado suministro de energía eléctrica para la operación de la misma, esto ha sido solucionado en áreas urbanas con la infraestructura de CFE. Sin embargo en sitios rurales o aislados, es necesaria la implementación de pequeños sistemas generadores, comúnmente con plantas de emergencia que usan combustible fósil o energía solar (sistemas fotovoltaicos).

Los sistemas fotovoltaicos han mejorado su eficiencia y costo de implementación, por lo cual los proyectos han tomado ventaja de ambos sistemas de suministro de energía.

Para que ambos sistemas operen adecuadamente es necesario diseñar el control automático y así la toma de decisión corresponda adecuadamente a las condiciones de disponibilidad eléctrica existentes y el sistema funcione en forma continua alimentado a la radio base.

Es necesario recordar que al inicio del siglo XXI, las radiocomunicaciones y en particular los sistemas de radio enlace móvil celular, incrementaron la disponibilidad de servicio telefónico celular en áreas urbanas, la empresa preponderante TELCEL mantenía la mayor cobertura y empresas como IUSACEL tenían una participación marginal a nivel nacional.

Con la llegada a México de la empresa MOVISTAR se tuvo un reacomodo en los participantes del sector telefónico móvil y aunado a la clara decisión de tomar liderazgo en el servicio de telefonía móvil, llegó inversión en radio bases en todo el territorio, principalmente en áreas urbanas.

Al aumentar la disponibilidad de servicio en área urbana, la respuesta de TELCEL se reflejó en disponibilidad de servicio en área urbana y rural.

Poblados rurales, carreteras, playas, sitios remotos en general fueron los nuevos puntos de de enlace que la cobertura TELCEL permitía a sus usuarios, el slogan México es territorio TELCEL, se convirtió en un estandarte para mantener e incrementar clientes vs competidores.

Para lograr la cobertura en sitios remotos, ver imagen 1, donde la disponibilidad eléctrica de CFE resulta costosa o inexistente, se necesitó desarrollar sistemas alternos de generación eléctrica. El desarrollo del proceso de control, así como los procedimientos mínimos de operación del sistema de generación eléctrica dual para proveer de energía suficiente a la radio base remota, es el alcance del proyecto a desarrollar.



Imagen 1.0 Sistema dual en sitio remoto.

## Capítulo 1. Estructura del sistema

### Sistema de generación

La radiobase se alimenta mediante 2 sistemas, un sistema fotovoltaico y un sistema diesel.

El sistema fotovoltaico toma la energía eléctrica generada por el panel solar y la entrega a un banco de baterías. El banco de baterías será el encargado de almacenar la energía y tenerla disponible conforme al requerimiento de la radiobase.

Durante el proceso de generación, se utiliza un controlador de carga que administra la energía generada por los módulos solares, protegiendo el banco de baterías contra una sobre carga.

El inversor de corriente realiza el acondicionamiento de la energía almacenada en los bancos de baterías y entrega corriente alterna para alimentar la carga del sitio.

En la temporada con días nublados, la planta Diesel entra en operación un mayor tiempo, en comparación con la temporada de días soleados en la que disminuirá el mismo.

El sistema utiliza un controlador lógico programable, PLC TWDM20DRT, que realizará la función de evaluar que planta de generación utilizar, controlar el paro y arranque de la planta correspondiente, registrar las variables del sistema fotovoltaico, las alarmas de detección de invasión en área de módulos solares y en caseta de control, de bajo nivel de combustible y falla de equipos (controlador de carga, arreglo de módulos, inversores y planta diesel).

La interfaz hombre máquina realiza la visualización y ajuste de variable requeridas para la correcta operación del sistema y permite disponer la información y dar seguimiento del proceso de manera local y remota.

## Sistema fotovoltaico

El sistema de generación fotovoltaico es conformado por:

- Panel solar
- Controlador de carga
- Baterías
- Inversor de voltaje

Una celda fotovoltaica convierte directamente la luz solar en electricidad. Los materiales fotoeléctricos absorben la luz solar y entregan energía cinética al electrón quien al recibirla, le permite moverse a otro nivel energético dentro del mismo material, recordemos que el movimiento de electrones en un material es finalmente lo que nos permite obtener como resultado un flujo eléctrico. Actualmente los materiales semiconductores con base en sílice, son los principales componentes de las celdas fotovoltaicas, aunque existen investigaciones en materiales de polímeros orgánicos en curso que prometen nuevas soluciones. La primera célula solar producida se atribuye a Charles Fritts en el año de 1883, este era un dispositivo que convertía la luz solar en electricidad, con una eficiencia menor al 1%. El proceso de manufactura ha mejorado enormemente y actualmente los niveles de eficiencia en el rango del 16% para células mono cristalinas y 8% en poli cristalinas.

- Panel Solar

El modelo YGE60CELL es el panel utilizado en el proyecto y tiene las características conforme a tabla 1.0

Parámetros eléctricos en condiciones de prueba estándar		
Potencia de salida	W	235
Tension	V	31.0
Intensidad	A	8.90
Tension en circuito abierto (máximo voltaje al trabajo)	V	37.9
Intensidad en corto circuito (máxima corriente al trabajo)	A	9.35

Tabla 1.0 Valores principales de fotovoltaico YGE60.

## CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS

### Parámetros eléctricos en condiciones de prueba estándar (STC)

Tipo de módulo			YLxxxP-29b (xxx=P <sub>max</sub> )					
Potencia de salida	P <sub>max</sub>	W	275	270	265	260	255	250
Tolerancias de potencia de salida	ΔP <sub>max</sub>	W	0 / + 5					
Eficiencia del módulo	η <sub>m</sub>	%	16.8	16.5	16.2	15.9	15.6	15.3
Tensión en P <sub>max</sub>	V <sub>mp</sub>	V	31.0	30.7	30.5	30.3	30.0	29.8
Intensidad en P <sub>max</sub>	I <sub>mp</sub>	A	8.90	8.80	8.70	8.59	8.49	8.39
Tensión en circuito abierto	V <sub>oc</sub>	V	37.9	37.9	37.8	37.7	37.7	37.6
Intensidad en cortocircuito	I <sub>sc</sub>	A	9.35	9.27	9.18	9.09	9.01	8.92

STC: 1000 W/m<sup>2</sup> de irradiación, 25°C de temperatura de célula, espectro AM1.5g conforme a la EN 60904-3. Reducción media de la eficiencia relativa de 3,3% a 200 W/m<sup>2</sup> según la EN 60904-1.

### Parámetros eléctricos a temperatura operativa nominal de la célula (TONC)

Potencia de salida	P <sub>max</sub>	W	200.6	196.9	193.3	189.7	186.0	182.4
Tensión en P <sub>max</sub>	V <sub>mp</sub>	V	28.2	28.0	27.8	27.6	27.4	27.2
Intensidad en P <sub>max</sub>	I <sub>mp</sub>	A	7.12	7.04	6.96	6.87	6.79	6.71
Tensión en circuito abierto	V <sub>oc</sub>	V	35.0	35.0	34.9	34.8	34.8	34.7
Intensidad en cortocircuito	I <sub>sc</sub>	A	7.56	7.49	7.42	7.35	7.28	7.21

TONC: temperatura operativa del módulo en circuito abierto a 800 W/m<sup>2</sup> de irradiación, 20°C de temperatura ambiente y 1m/s de velocidad del viento.

## CARACTERÍSTICAS TÉRMICAS

Temperatura operativa nominal de la célula	TONC	°C	46 +/- 2
Temperatura coeficiente de P <sub>max</sub>	γ	%/°C	-0.42
Temperatura coeficiente de V <sub>oc</sub>	β <sub>Voc</sub>	%/°C	-0.32
Temperatura coeficiente de I <sub>sc</sub>	α <sub>Isc</sub>	%/°C	0.05

## CONDICIONES OPERATIVAS

Tensión máxima del sistema	1000V <sub>dc</sub>
Valor máximo del fusible en serie	15A
Limitación de corriente inversa	15A
Rango de temperatura de funcionamiento	-40°C to 85°C
Máxima carga estática frontal (ej. nieve)	5400Pa
Máxima carga estática posterior (ej. viento)	2400Pa
Max. impacto por granizo (diámetro/velocidad)	25mm / 23m/s

## MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

Cubierta frontal (material / espesor)	Vidrio templado de bajo contenido en hierro / 3,2 mm
Célula solar (cantidad / tipo / dimensiones / número de busbar)	60 / silicio multicristalino / 156.75 mm x 156.75 mm / 4 o 5
Marco (material/color/color de anodizado/sellado de bordes)	Aluminio anodizado
Caja de conexiones (grado de protección)	≥ IP67
Cable (longitud / sección transversal)	1000mm / 4mm <sup>2</sup>
Conector (tipo / grado de protección)	MC4 / IP68 o YT08-1 / IP67 o Amphenol H4 / IP68 o Forsol SIKE4 / IP68 o Renhe RH05-6 / IP67

Un acercamiento al proceso de fabricación de un panel solar se resume en los siguientes puntos.

1. Es necesario obtener silicio, el cual es abundante en la tierra y está disponible por ejemplo en la arena de la playa, se necesita obtener una pureza del 99.99%, para que sea útil, esto se logra colocando toneladas de arena en enormes crisoles a temperatura de 1,000 °C y separar el silicio de otros componentes de la arena.
2. Se agrega un material que le dará polaridad positiva al silicio, este material es boro.
3. Obtención de lingotes de silicio
4. Cortar en obleas con espesor de 200 micras.
5. Reducir reflectividad de la oblea de silicio del 30% al 10% mediante un texturizado que asemeja a pequeñas pirámides, las cuales permiten capturar eficientemente la luz solar.
6. Agregar fósforo a alta temperatura, esto se realiza en la sección posterior y borde de la oblea y se colocan los contactos metálicos en la superficie frontal y posterior de la misma, lo cual nos permitirá recoger los electrones generados por el silicio.
7. Al tener nuestra celda solar (oblea solar), se colocan 48, 60 o 72 de ellas para realizar un arreglo colocando las obleas en medio de 2 láminas transparentes de acetato, (Etilvinilacetato) y una lámina posterior al panel como soporte para las celdas solares, ver imagen 1.1, agrupadas entre los acetatos y en la zona perimetral un marco de aluminio y vidrio para mantener los componentes aislados de factores contaminantes.
8. Para el acabado es necesario sellar el marco con adhesivo resistente al agua.
9. Colocar la caja de conexión en la parte posterior del panel para obtener la conducción del flujo eléctrico generado por las celdas solares.
10. Continuar con los procesos de conexión al controlador de carga, banco de baterías, inversor, y así, tener disponibilidad de voltaje.



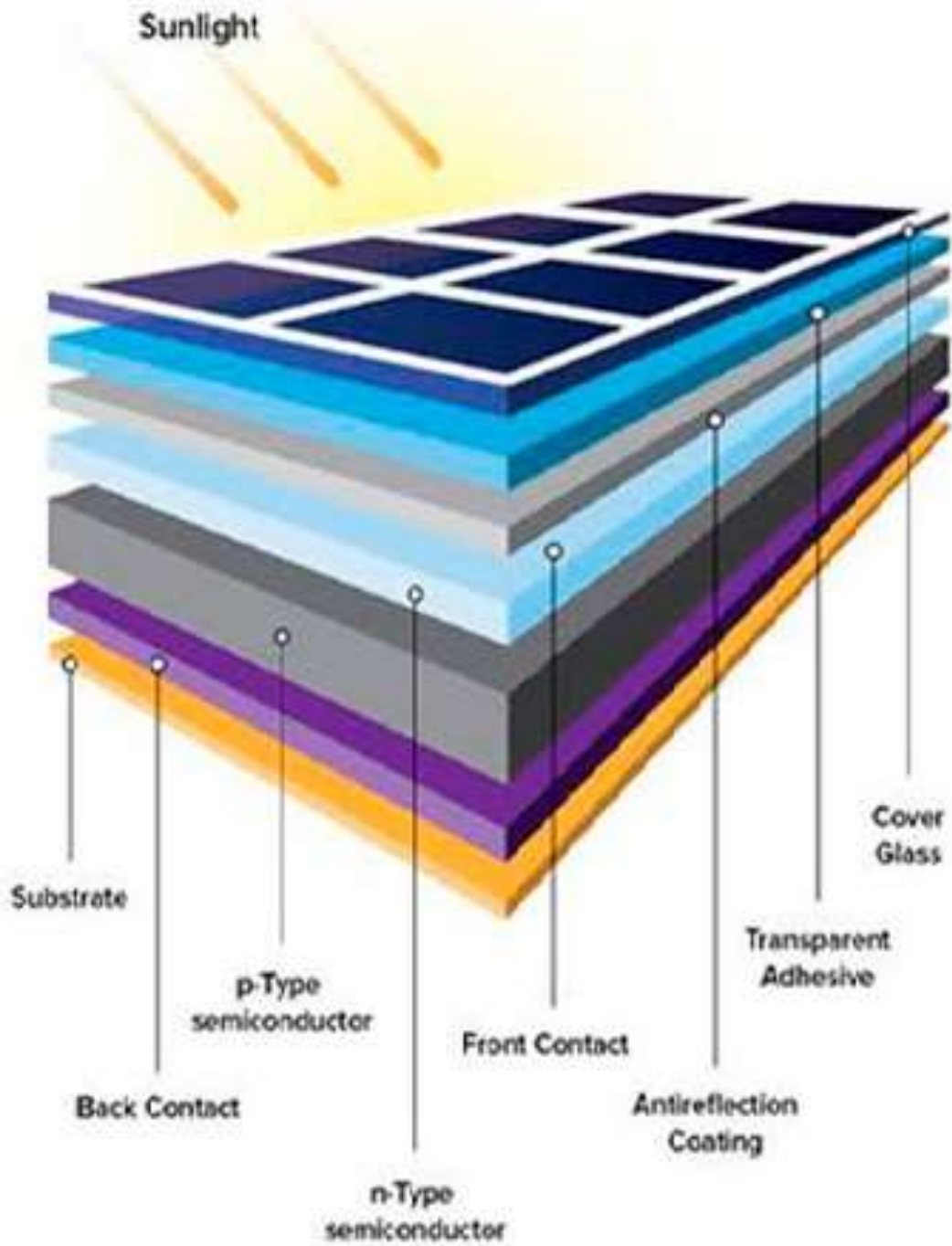


Imagen 1.1 Capas de un panel solar.

Para el proyecto se utiliza:

- 36 paneles solares de 235 W divididos en 4 arreglos formados por 9 módulos cada uno, para entregar un voltaje de 88.5 V C.D.
- Los módulos se conectan en serie e interconectados en paralelo para sumar la corriente y llevarla al banco de baterías, a través del controlador de carga.
- Cada módulo entrega 7.97 A máximo.
- Se obtiene de los controladores de carga una corriente pico de hasta 320 A.

Estos módulos son instalados en una estructura soporte, la cual está instalada con una altura aproximada de 1.20 metros en la parte más baja y 3.6 metros la parte más alta. Ver imagen 1.2



Imagen 1.2 Arreglo fotovoltaico para pruebas.

## Banco de Baterías

EnerSys Power Safe DDmm125-27, el arreglo de las celdas se soluciona en disposición de 3x4, lo que nos permite disponer de 1,625 Ah en voltaje de 24 V C.D. El arreglo de las baterías resulta en un ensamble de 121 kg, que en su conjunto contiene 20 litros de electrolito y 5.7 litros de ácido, las dimensiones del arreglo son de 135 x 198 cm y un peso de 131.5 kg. Ver hoja técnica 1.1 banco de baterías.

## GENERAL SPECIFICATIONS

PowerSafe® DDm Battery Type	Nominal Capacity (Ah)		Nominal Dimensions							
	10hr. rate	8hr. rate	Length		Height		Can Depth		Module Depth	
	1.80Vpc @ 20°C	1.75Vpc @ 77°F	mm	in	mm	in	mm	in	mm	in
2DDm35-07	105	105	112	4.4	165	6.5	333	13.1	366	14.4
2DDm50-09	200	200	188	7.4	165	6.5	333	13.1	366	14.4
2DDm50-13	300	300	265	10.4	165	6.5	333	13.1	366	14.4
DDm50-17	400	400	176	6.9	165	6.5	333	13.1	366	14.4
2DDm85-13	510	510	265	10.4	165	6.5	519	20.4	554	21.8
2DDm85-15	595	595	303	11.9	165	6.5	519	20.4	554	21.8
DDm85-21	850	850	214	8.4	165	6.5	519	20.4	554	21.8
DDm85-25	020	1020	252	9.9	165	6.5	519	20.4	554	21.8
DDm85-27	1105	1105	271	10.7	165	6.5	519	20.4	554	21.8
DDm85-33	1360	1360	328	12.9	165	6.5	519	20.4	554	21.8
DDm100-21	1000	1000	214	8.4	165	6.5	590	23.2	624	24.5
DDm100-25	1200	1200	252	9.9	165	6.5	590	23.2	624	24.5
DDm100-27	1300	1300	271	10.7	165	6.5	590	23.2	624	24.5
DDm100-33	1600	1600	328	12.9	165	6.5	590	23.2	624	24.5
DDm125-25	1500	1500	252	9.9	226	8.9	562	22.1	597	23.5
DDm125-27	1625	1625	271	10.7	226	8.9	562	22.1	597	23.5
DDm125-33	2000	2000	328	12.9	226	8.9	562	22.1	597	23.5

Hoja de técnica 1.1 DDmm-125-27.

En la imagen 1.3, se muestra el arreglo de conexiones de cada batería para obtener un banco de baterías que entregue 1,625 Ah.

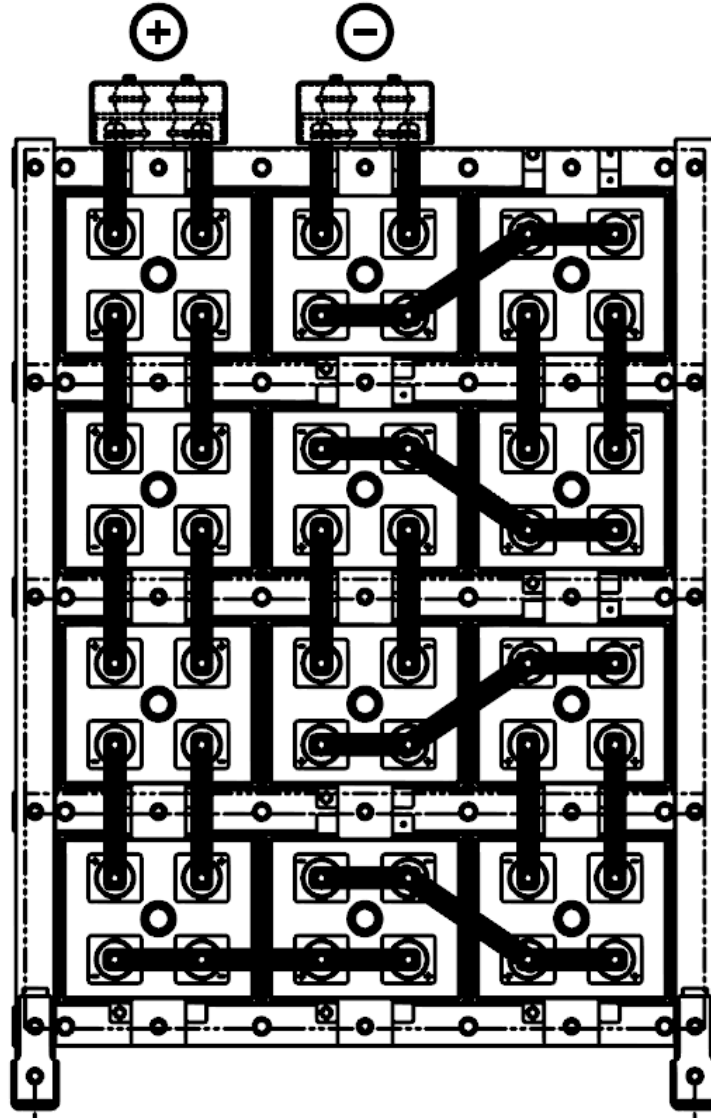


Imagen 1.3 Conexión del banco de baterías (1,625 Ah).

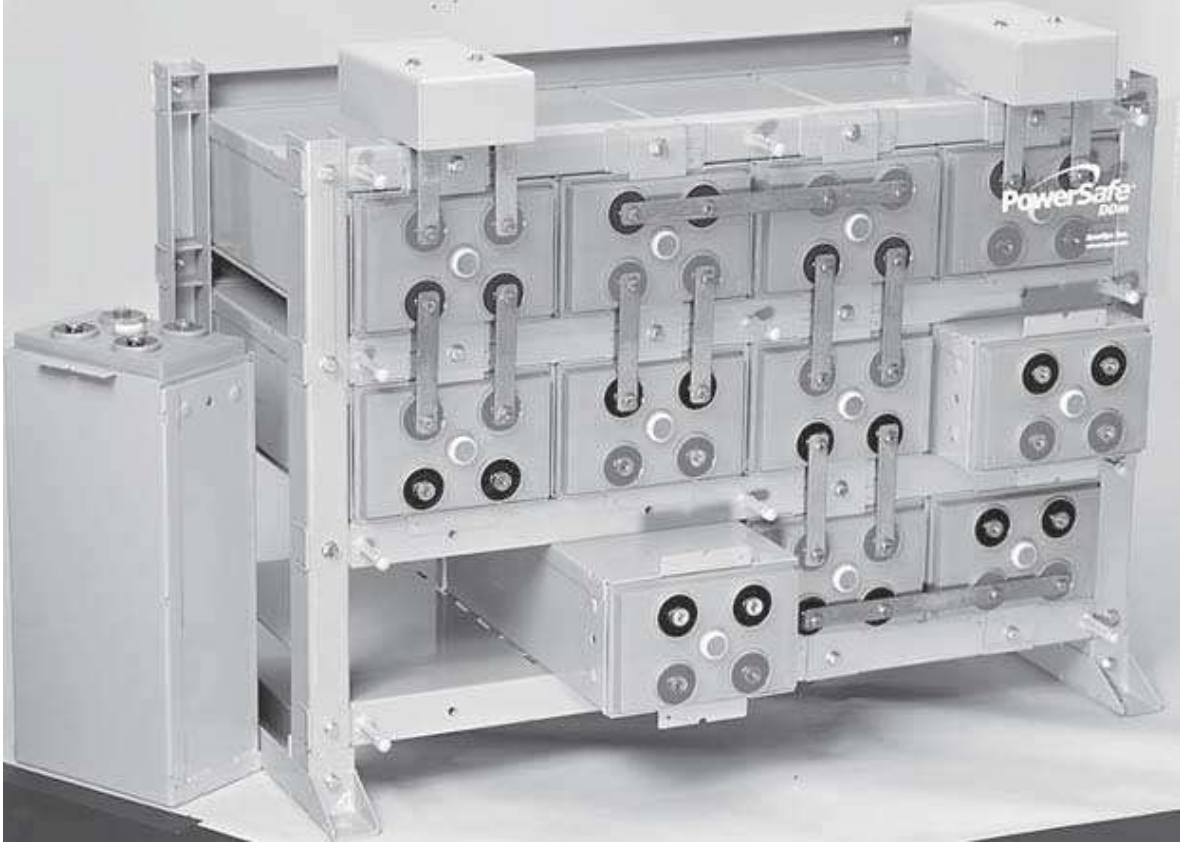


Imagen 1.4 Arreglo de baterías Power Safe.

Líneas arriba se muestra la imagen 1.4, con el acomodo y conexionado parcial de baterías en el rack de soporte para las mismas.

## Controlador de Carga

El controlador de carga protege al banco de baterías para operar dentro del rango de condiciones normales de diseño, evitando la sobrecarga o descarga excesiva.

Se implementan 4 controladores de carga OutBack Flexmax 80, con capacidad de corriente de hasta 80 amperes, los cuales recibirán la energía de los módulos, en la imagen 1.5 se pueden ver 2 controladores de carga

El controlador se encargará de efectuar las siguientes funciones:

- Recarga de baterías mediante un sistema de seguimiento del punto de máxima potencia continuo, el cual busca la máxima potencia disponible en los arreglos solares.
- Cuenta con medidores digitales, de corriente para los arreglos solares y voltaje de baterías, integrados en cada controlador.
- Registra los datos de funcionamiento de los últimos 120 días para su revisión.



Imagen 1.5 Controladores de carga Flexmax 80.

Las características del controlador se pueden revisar en la hoja técnica 1.2 mostrada a continuación.

Models:	FLEXmax 80 (FM80-150VDC)
<b>Nominal Battery Voltages</b>	12, 24, 36, 48, or 60VDC (Single model, selectable via field programming at start-up)
<b>Maximum Output Current</b>	80A @ 104°F (40°C) with adjustable current limit
<b>NEC Recommended Solar Maximum Array STC Nameplate</b>	12VDC systems: 1000W / 24VDC systems: 2000W 48VDC systems: 4000W / 60VDC systems: 5000W
<b>PV Open Circuit Voltage (VOC)</b>	150VDC absolute maximum coldest conditions / 145VDC start-up and operating maximum
<b>Standby Power Consumption</b>	Less than 1W typical
<b>Power Conversion Efficiency</b>	97.5% @ 80ADC in a 48VDC System (typical)
<b>Peak Efficiency</b>	60VDC Input w/48V battery at 53.1VDC (98.44%)
<b>Charging Regulation</b>	Bulk, absorption, float, silent and equalization
<b>Voltage Regulation Set points</b>	13 to 80VDC user adjustable with password protection
<b>Equalization Charging</b>	Programmable voltage setpoint and duration, automatic termination when completed
<b>Battery Temperature Compensation</b>	Automatic with optional RTS installed / 5.0mV per °C per 2V battery cell
<b>Voltage Step-Down Capability</b>	Down convert from any acceptable array voltage to any battery voltage. Example: 72VDC array to 2-
<b>Programmable Auxiliary Control Output</b>	12VDC output signal which can be programmed for different control applications (maximum of 0.2A)
<b>Status Display</b>	3.1" (8 cm) backlit LCD screen, 4 lines with 80 alphanumeric characters total
<b>Remote Display and Controller</b>	Optional MATE3, MATE or MATE2
<b>Network Cabling</b>	Proprietary network system using RJ-45 modular connectors with CAT5 cable (8 wires)
<b>Data Logging</b>	Last 128 days of operation: amp-hours, watt-hours, time in float, peak watts, amps, solar array w and kWh of production
<b>Operating Temperature Range</b>	-40 to 60°C (power automatically derated above 40°C)
<b>Environmental Rating</b>	Indoor Type 1
<b>Conduit Knockouts</b>	One 1" (25.4mm) on the back; One 1" (25.4mm) on the left side; Two 1" (25.4mm) on the bottom
<b>Warranty</b>	Standard 5-year / Available 10-year
<b>Weight (lb/kg)</b>	Unit: 12.20 / 5.53 Shipping: 15.5 / 7
<b>Dimensions H x W x D (in/cm)</b>	Unit: 16.25 x 5.75 x 4.5 / 41.3 x 14.6 x 11.4 Shipping: 19 x 9.5 x 8.5 / 48.3 x 24.1 x 21.6
<b>Options</b>	Remote Temperature Sensor (RTS), HUB4, HUB10.3, MATE, MATE2, MATE3
<b>Menu Languages</b>	English & Spanish
<b>Certifications</b>	ETL Listed to UL1741, CSA C22.2 No. 107.1

Hoja de técnica 1.2 Flexmax 80.

## Inversores

Cada inversor instalado tiene una capacidad de 3500 W, ver imagen 1.6, con un voltaje de operación de 24 V C.D, alimentado desde los bancos de baterías, entregando a la salida 120/240 V C.A.

Estos inversores a la entrada están protegidos a través de un interruptor termo magnético de 250 A, y a la salida con un interruptor termo magnético de 50 A. En la hoja técnica 1.3, referenciada en la página 18, se pueden confirmar los valores electricos.



Imagen 1.6 Inversores VFX3524 instalados en sitio.



<b>Models:</b>	<b>VFXR3524A</b>
<b>Instantaneous Power (100ms)</b>	6000VA
<b>Surge Power (5 sec)</b>	5400VA
<b>Peak Power (30 min)</b>	4000VA
<b>Continuous Power Rating (@ 25°C)</b>	3500VA
<b>Nominal DC Input Voltage</b>	24VDC
<b>AC Output Voltage (selectable)</b>	120VAC (100-130VAC)
<b>AC Output Frequency (selectable)</b>	60Hz (50Hz)
<b>Continuous AC Output Current (@ 25°C)</b>	29.2AAC
<b>Idle Power</b>	Off: ~3W
<b>Typical Efficiency</b>	92%
<b>CEC Weighted Efficiency</b>	90.5%
<b>Total Harmonic Distortion</b>	<5%
<b>Output Voltage Regulation</b>	±2.5%
<b>AC Input Voltage Range (MATE3 Adjustable)</b>	85 to 140VAC
<b>AC Input Frequency Range</b>	54 to 66Hz (45 to 55Hz)
<b>Grid-Interactive Voltage Range</b>	106 to 132VAC
<b>Grid-Interactive Frequency Range</b>	59.3 to 60.5Hz
<b>Maximum AC Input Current</b>	60AAC
<b>Continuous Battery Charge Output</b>	82ADC
<b>Maximum Battery Charging</b>	AC: 20AAC DC: 82ADC Power: 2230VA
<b>Advanced Battery Charging</b>	and flow chemistry
<b>DC Input Voltage Range</b>	21 to 34VDC

Hoja técnica 1.3 VFX3524.

## Sistema Diesel

El sistema de generación Diesel es conformado por:

- Motor Diesel
- Alternador Leroy
- Controlador Deepsea

Motor Perkins 404D-22G

4 cilindros en línea aspiración natural, a 1800 rpm, enfriado por agua, con un sistema eléctrico en 12 o 24 V C.D. que incluye motor de arranque y alternador para carga de baterías.

Es montado en marco de acero que en su base contiene el depósito de combustible, el motor y el alternador están acoplados por discos flexibles de acero para asegurar correcta alineación entre ellos.

El consumo de combustible es de 7.3 L/hora en operación momentánea y de 6.4 L/hora en operación continua, el gobernador del motor es mecánico.

El flujo de aire para la combustión es de 1.74 m<sup>3</sup>/min, el flujo de escape 4.7 m<sup>3</sup>/min.

El aceite total 10.6 L, refrigerante total 3.6 L.

Las alarmas disponibles son:

Baja presión de aceite, alta temperatura de refrigerante, bajo nivel de combustible, bajo y alto voltaje en baterías, falla del alternador de carga baterías. Ver imagen 1.7 y hoja técnica 1.4



Imagen 1.7 Motor Perkins 404D.

## Engine Features Características del Motor

<b>Engine Brand</b>		<b>Aspiration</b>	
Motor Marca .....	Perkins	Aspiración .....	Naturally Natural
<b>Model</b>		<b>Cylinder Configuration</b>	
Modelo .....	404D-22G	Configuración de los Cilindros .....	L
<b>RPM</b>		<b>Bore, in (mm)</b>	
RPM .....	1800	Diámetro, in (mm) .....	3.3 (84)
<b>Frequency, Hz</b>		<b>Stroke, in (mm)</b>	
Frecuencia, Hz .....	60	Carrera, in (mm) .....	3.9 (100)
<b>Standby Rating, kWm</b>		<b>Displacement, Cylinder, L</b>	
Potencia Standby, kWm .....	23.9	Desplazamiento, Cilindro, L .....	0.5
<b>Standby Rating, bhp</b>		<b>Displacement, Total, L</b>	
Potencia Standby, bhp .....	32.0	Desplazamiento, Total, L .....	2.2
<b>Prime Rating, kWm</b>		<b>Air Filter Type</b>	
Potencia Prime, kWm .....	21.6	Tipo de Filtro de Aire .....	Dry Element/Elemento Seco
<b>Prime Rating, bhp</b>		<b>Combustion Air Flow, m<sup>3</sup>/min</b>	
Potencia Prime, bhp .....	28.9	Flujo de Aire para Combustión, m <sup>3</sup> /min .....	1.74
<b>Number of Cylinders</b>			
Número de Cilindros .....	4		
		<b>Coolant Capacity Without Radiator, L</b>	
<b>Exhaust Gas Flow, m<sup>3</sup>/min</b>		Capacidad de Refrigerante Sin Radiador, L .....	3.6
Flujo de Gas de Escape, m <sup>3</sup> /min .....	4.7	<b>Oil Capacity, Total, L</b>	
<b>Compression Ratio</b>		Capacidad de Aceite, Total, L .....	10.6
Relación de Compresión .....	23.3:1		
<b>Governor Type</b>			
Tipo de Gobernador .....	Mechanical/Mecánico		
<b>Starter, Rated Voltage, V</b>			
Arranque, Voltaje Nominal, V .....	12		

## Fuel Consumption Consumo de Combustible

<b>Fuel Consumption @ 100% Load - Diesel Standby</b>	<b>Liters / Hour</b>
Consumo de Combustible @ 100% Carga - Diesel Standby .....	Litros / Hora .....
<b>Fuel Consumption @ 100% Load - Diesel Prime</b>	<b>Liters / Hour</b>
Consumo de Combustible @ 100% Carga - Diesel Prime .....	Litros / Hora .....

Hoja técnica 1.4 Motor Perkins 404D.

## Alternador

Leroy Somer LSA40M5, es el alternador acoplado a la máquina diesel, que transforma el movimiento mecánico angular en energía eléctrica con frecuencia ajustable en 50 o 60Hz, voltaje en un rango de 220 VCA y hasta 480 VCA en 3 fases, regulación de voltaje 0.5%, armónicos totales  $\leq 5\%$ .

En operación momentánea la potencia es de 20 KW, 25 KVA, 66 A.

En operación continua la potencia es de 18 KW, 22.5 KVA, 59 A , con posibilidad de 10% de sobrecarga.

Las alarmas disponibles son:

Bajo y alto voltaje, baja y alta frecuencia, sobrecarga por corriente, cortocircuito, inversión de secuencia de fases, sobrecarga por potencia y control de carga no esencial. Ver figura 1.8 y hoja técnica 1.5.



Imagen 1.8 Leroy Somer LSA40 MSA.

## Alternator Features

### Características del Generador

---

<b>Alternator Brand</b>		<b>Insulation</b>	
Generador Marca .....	Leroy Somer	Aislamiento .....	H
<b>Model</b>		<b>Air Flow, m<sup>3</sup>/s</b>	
Modelo .....	LSA40M5	Flujo de Aire, m <sup>3</sup> /s .....	0.18
<b>Frequency, Hz</b>		<b>Voltage Regulation</b>	
Frecuencia, Hz .....	60	Regulación de Voltaje .....	0.5%
<b>Phases</b>		<b>Total Harmonic TGH/THC (%)</b>	
Fases .....	3	Total de Armónicos TGH/THC (%) .....	<=3%

## Output Amperage

### Amperaje de Salida

---

220/127V, 3ø, 0.8 pf (fp) Standby .....	20 kW .....	66 Amp.
220/127V, 3ø, 0.8 pf (fp) Prime .....	18 kW .....	59 Amp.

Hoja técnica 1.5 Leroy Somer LSA40 MSA

## Controlador

Deepsea DS 7320, es el controlador que permite principalmente la operación manual o automática del sistema Diesel, tomando como variables de control los valores de la red primaria.

El controlador incluye una pantalla LCD al frente que permite la lectura de múltiples valores del proceso de generación eléctrica.

VARIABLES PERTENECIENTES AL MOTOR QUE PUEDEN VISUALIZARSE COMO TEMPERATURA, PRESIÓN DE ACEITE, VELOCIDAD, NIVEL DE COMBUSTIBLE, VOLTAJE DE BATERÍA, VOLTAJE DE ALTERNADOR, HORAS DE OPERACIÓN, NÚMERO DE ARRANQUES.

VARIABLES PERTENECIENTES AL ALTERNADOR VISIBLES COMO VOLTAJE ENTRE FASES Y NEUTRO, CORRIENTE, FRECUENCIA, POTENCIA ACTIVA, POTENCIA REACTIVA, POTENCIA APARENTE,  $\cos \phi$ , CONTADOR DE ENERGÍA ACTIVA.

Dispone de entradas y salidas configurables reloj en tiempo real, puerto de comunicación RS232, RS485 y Ethernet, protocolo MODBUS, mensajes SMS, y hasta 16 arranque-paro programados por semana. Ver imagen 1.9 y características en la hoja técnica 1.6.



Imagen 1.9 Deep Sea 7320.

- Fuel and start outputs configurable when using CAN
- 6 configurable DC outputs
- 2 configurable volt-free relay outputs
- 6 configurable analogue/digital inputs
- Support for 0 V to 10 V & 4 mA to 20 mA sensors
- 8 configurable digital inputs
- Configurable 5 stage dummy load and load shedding outputs
- CAN, MPU and alternator frequency speed sensing in one variant
- Real time clock
- Manual and automatic fuel pump control
- Engine pre-heat and post-heat functions
- Engine run-time scheduler
- Engine idle control for starting & stopping
- Fuel usage monitor and low fuel level alarms
- Simultaneous use of RS232 and RS485 communication ports
- True dual mutual standby using RS232 or RS485 for accurate engine hours balancing.
- MODBUS RTU support with configurable MODBUS pages.
- Advanced SMS messaging (additional external modem required)
- Start & stop capability via SMS messaging
- 3 configurable maintenance alarms
- Compatible with a wide range of CAN engines, including tier 4 engine support
- Uses DSE Configuration Suite PC Software for simplified configuration
- Licence-free PC software
- IP65 rating (with supplied gasket) offers increased resistance to water ingress
- Modules can be integrated into building management systems (BMS) using MODBUS RTU

#### **KEY BENEFITS**

- Automatically transfers between mains (utility) and generator (DSE7320 MKII only) for convenience.
- Hours counter provides accurate information for monitoring and maintenance periods
- User-friendly set-up and button layout for ease of use
- Multiple parameters are monitored & displayed simultaneously for full visibility
- The module can be configured to suit a wide range of applications for user flexibility
- PLC editor allows user configurable functions to meet user specific application requirements.

## Operación del sistema dual

La operación del sistema dual nos permite proveer suministro eléctrico a la radiobase para su funcionamiento.

El funcionamiento se realiza conforme a las condiciones siguientes:

- Diurno
- Nocturno
- Nublado
  
- Diurno

Al amanecer cada controlador está cerrado, cuando el voltaje que genera el arreglo fotovoltaico se eleva desde cero hasta el punto en que excede el voltaje de las baterías, los controladores de carga permiten el flujo de corriente de estos hacia las baterías.

Conforme avanza la mañana la corriente del arreglo solar se eleva, siendo posible entregar hasta 80 amperes en cada arreglo, parte de la corriente se usa en alimentar la carga y otra parte se dirige a recargar las baterías de la descarga ocurrida durante la noche anterior.

Las baterías están siendo cargadas hasta que el voltaje del banco llega alrededor de los 28 volts, en este momento, la corriente de carga se reduce y el voltaje de batería baja ligeramente, por medio de esta carga se puede llegar a la capacidad máxima del banco de baterías, evitando que se tenga gasificación.

- Nocturno

Durante la noche, la estación es alimentada directamente de los bancos de baterías ya que no existe generación solar, por lo que, las baterías se descargarán. Cuando el voltaje del banco de baterías llegue a un valor mínimo establecido, arrancará la planta Diesel con el inversor en su función como cargador.

Al día siguiente, la operación descrita se repite: el arreglo solar alimenta a la estación y al mismo tiempo recarga al banco de baterías de la descarga de la noche anterior.

- Nublado

En esta condición, la corriente generada por los módulos solares es muy pequeña, aproximadamente 5 a 15% de la corriente máxima, por lo que no pueden generar energía suficiente para reponer la carga en los bancos de baterías y a su vez cubrir con la energía necesaria para alimentar la estación. En estas condiciones, entrará en operación la planta diesel con el inversor en su función de cargador para recargar el banco de baterías.



Una vez que el banco de baterías alcanzó el voltaje requerido, la planta diesel se detendrá, y el interruptor de transferencia regresará a la posición del sistema fotovoltaico. El valor del voltaje en baterías que arranca ó para la planta diesel es ajustable entre 23.5 VCD y 28.1 VCD en el menú de la pantalla ubicada en el gabinete, así como el tiempo de retardo de arranque de planta. Ver imagen 1.10.

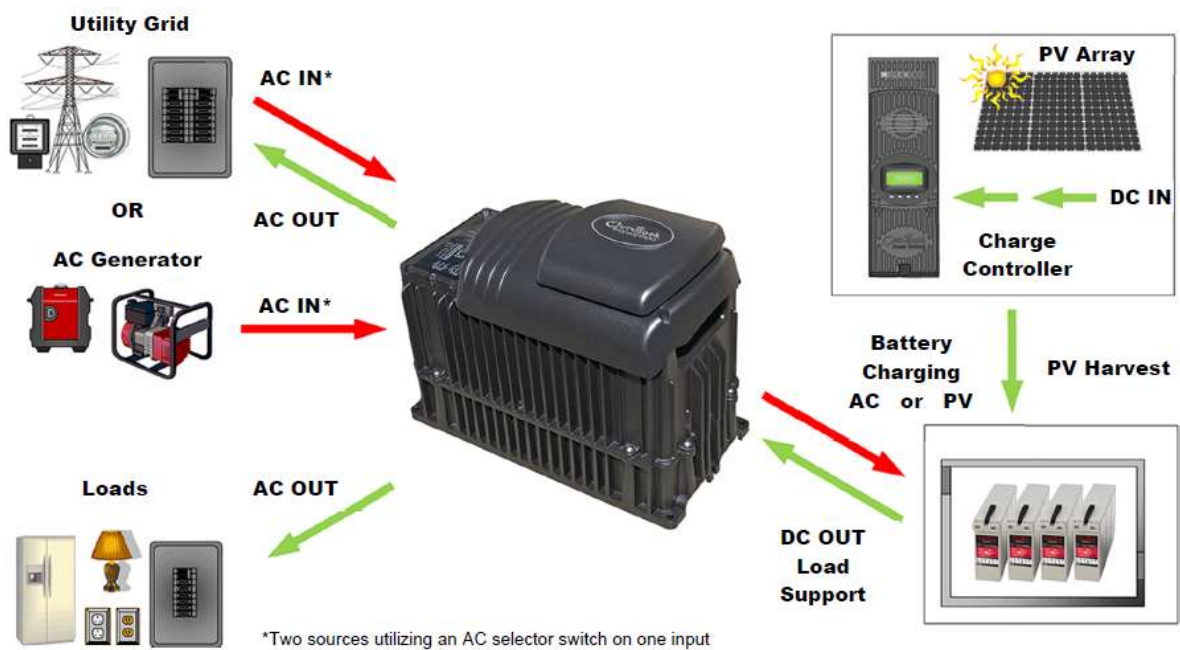


Imagen 1.10 Componentes del sistema de generación eléctrica.

## Componentes principales del sistema dual

<b>Componente</b>	<b>Característica</b>
Arreglo fotovoltaico	Yingli Solar 36 módulos de 235W
Estructura para Módulos	De acero y aluminio para montaje de módulos
Controlador de carga	OutBack Flexmax 80 (4 unidades)
Inversores	OutBack VFX3524 (2 unidades)
Gabinete	Rittal
Planta diesel de 20KW	Generac PLY20 con Motor Perkins
Banco de baterías	2 bancos de baterías, 24 celdas Enersys de 1625 Ah DDm125-27
Caseta en Multipanel	Multipanel para cuarto de baterías.
Controlador Lógico Programable	Telemecanique Twido TWDLMDA20DRT, TM2DMM8RT, TM2AM8HT
Interfaz Hombre Máquina	Schneider Magelis HMISTU855
Convertidores de señal	Marca ABB: CC-U/V, CC-U/STD y CC-U/TC
Sensores infrarrojos para protección de robo de módulos	Telemecanique XUB2APANM12T y 2R
Sensor infrarrojo para protección de cuarto de máquinas	Telemecanique XUB2APANM12T y 2R
Sensor de nivel de combustible	Marca Carlo Gavazzi UAX30
Sensor de temperatura de cuarto de baterías	Termopar tipo "J"
Extractor de aire	Soler & Palau HXM 250 127V
Accesorios de instalación	Tubería, Cable, etc.

Tabla 1.1 Componentes principales del sistema dual

El diagrama de bloques que se muestra en la página 27, muestra la lógica del sistema de generación dual remoto.

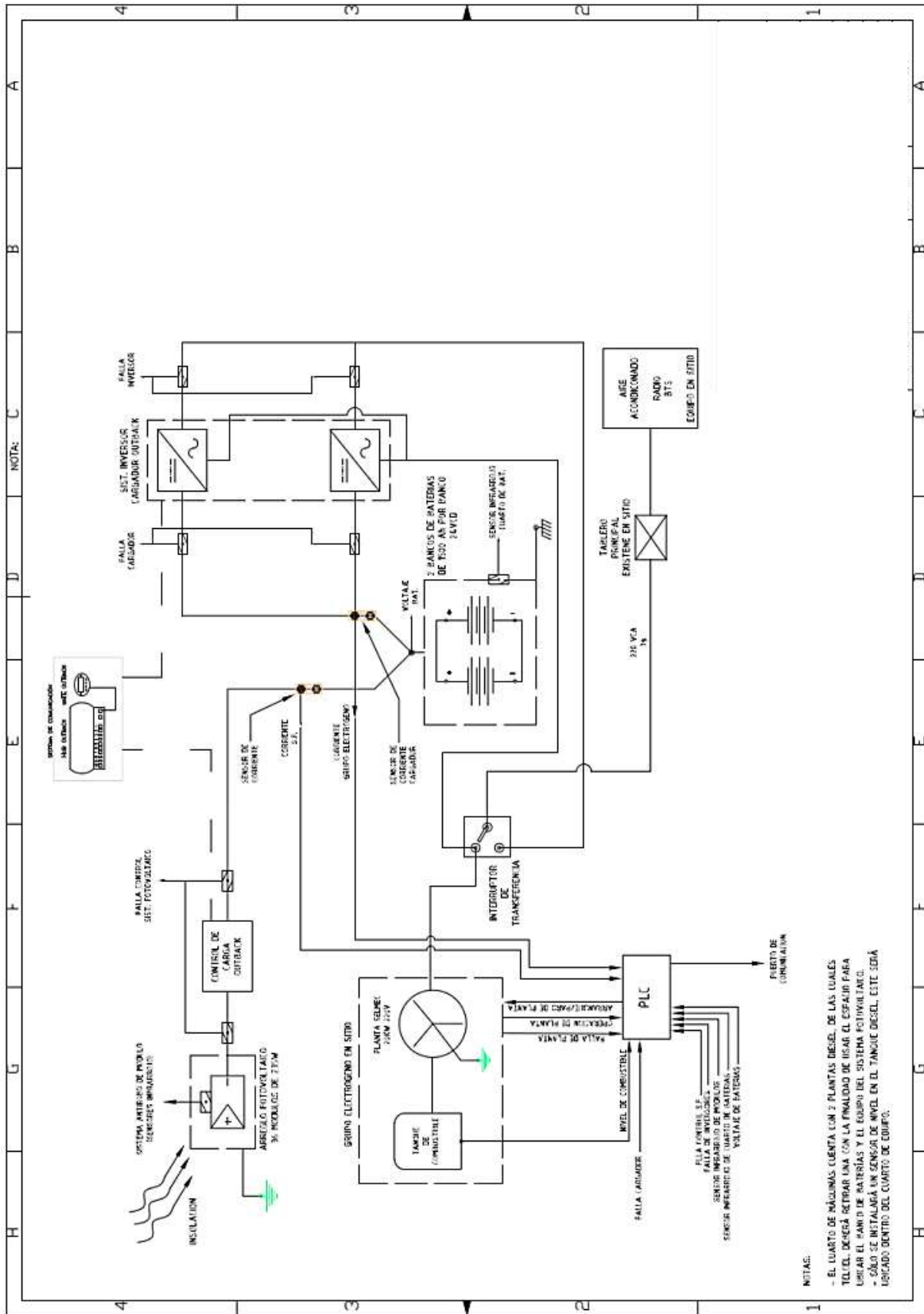


Diagrama de bloques del sistema generación dual remoto.

## Capítulo 2. Arquitectura de control

### Controlador lógico programable

El controlador lógico programable, es aquel dispositivo que basado en la información adquirida mediante entradas digitales y analógicas, desarrolla acciones programadas a través de sus salidas digitales y analógicas.

Una analogía útil para entender como introducir al PLC en el sistema por automatizar resulta de considerar a un automóvil como un sistema o dispositivo automático como se indica en la tabla 2.1.

Automóvil	Sistema automático
Vehículo	Máquina o sistema
Ojos del conductor	Sensores inductivos, fotoeléctricos, capacitivos
Pedal de aceleración	Contactador, inversor de frecuencia
Motor	Actuador
Gasolina	Fuente de alimentación
Tablero	Interfaz de diálogo, pantalla, HMI
Cerebro del conductor	Sistema de procesamiento, cálculo y decisión, PLC

Tabla 2.1 Analogía automóvil-sistema automático.

El sistema o máquina automatizable puede ser un tablero de bombeo a presión constante, una línea de ensamble de televisores o una fábrica. Dispositivos sencillos de iluminación temporizada, esterilizadores de material biológico o filtración de agua para alberca tienen cabida en esta analogía, aunque claramente son sistemas sencillos de controlar.

Los sensores son los ojos del conductor del auto permiten el llevar la dirección correcta en la pista, en los sistemas automatizados se requieren dispositivos que proporcionen información del ambiente donde se encuentra, estos sensores nos indican nivel de combustible, temperatura del motor, voltaje generado.

Los actuadores realizan la acción en los sistemas, por ejemplo, cilindros neumáticos, motores de combustión interna, turbinas eólicas.

El control de potencia eléctrica entrega la energía necesaria a los actuadores y actúa como intermediario del sistema de procesamiento, estos son los contactores, relevadores, interruptores y válvulas electro neumáticas.

El tablero del auto le indica al conductor la velocidad, revoluciones de motor, presión de aceite, la interfaz de dialogo en un sistema automatizado le permite al usuario saber las variables del proceso, siendo este un pulsador, una lámpara indicadora o una HMI.

El cerebro del conductor toma la decisión de acelerar o detener la marcha del auto al obtener los valores de velocidad y posición en la pista. El PLC es quien toma la decisión de arrancar o parar el proceso a controlar en nuestra planta de bombeo de agua potable o de nuestro sistema de generación eléctrica.

### Arquitectura del PLC

El PLC consta de 2 elementos, Hardware y Software.

### Hardware PLC

Es lo tangible del dispositivo, tal como módulo de procesamiento, módulo de memoria, módulo de entradas y salidas, módulo de alimentación y modulo de comunicación.

El PLC con el que desarrollaremos el proyecto es de la empresa francesa Telemecanique, en lo particular el modelo Twido, ver imagen 2.1, y tabla 2.2.



Imagen 2.1 TWDM20DRT PLC

Base	20 indicadores LED del estado de entradas o salidas
Programación	Lenguaje de escalera Lista de instrucciones
Tamaño de programa	3,000 Instrucciones
Memoria adicional	3,000 Instrucciones adicional a la instalada
Ciclo de tiempo	2 ms
Respaldo reloj tiempo real	10 años
Temperatura de operación	-20 a 60 °C

Tabla 2.2 Especificaciones de controlador.


## Entradas y salidas

<b>Controlador base</b>	<b>TWDM20DRT</b>
<b>Entradas</b>	
<b>24 V CD -15%+20%</b>	20 PNP
<b>Salidas</b>	
	6 Relevador
	2 PNP
<b>Expansion</b>	
	TMM
	Hasta 7 modulos
<b>Digitales</b>	
	15 modulos opcionales , entradas, salidas, mixtas
<b>Analógicas</b>	
	10 modulos opcionales, entradas, salidas, mixtas
<b>Máxima disponibilidad E,S</b>	132,164,228 conforme expansion utilizada
<b>Entrada alta velocidad</b>	y 2x 20 kHz
<b>Funciones</b>	
<b>PID</b>	
<b>Conteo</b>	2 x 5 kHz
<b>Conteo alta velocidad</b>	2 x 20 kHz
<b>Posicionamiento</b>	1 x 7 kHz


Tabla 2.3 Especificaciones de entradas-salidas del PLC.

La arquitectura del controlador puede modificarse a la medida de cada proyecto como se muestra en la imagen 2.2 y 2.3.

		References				
Sink/source inputs	Outputs	No. of I/O expansion modules	No. of program memory instructions	Reference	Weight kg	
--- 24 V supply						
■ Expandable modular bases						
12 --- 24 V inputs	8 source transistor outputs	4	3000	TWD LMDA 20DTK (2)	0.140	
	8 sink transistor outputs	4	3000	TWD LMDA 20DUK (2)	0.140	
	6 relay outputs 2 source transistor outputs	7	3000 (1)	TWD LMDA 20DRT	0.185	
24 --- 24 V inputs	16 source transistor outputs	7	3000 (1)	TWD LMDA 40DTK (2)	0.180	
	16 sink transistor outputs	7	3000 (1)	TWD LMDA 40DUK (2)	0.180	



TWD LMDA 20DTK/20DUK



TWD LMDA 40DTK/40DUK

Imagen 2.2 Especificaciones del PLC.

**Modular bases IP 20**

**Expandable bases**



20	40
12 sink/source $\approx$ 24 V inputs (1)	24 sink/source $\approx$ 24 V inputs (1)
8 sink or source transistor outputs (depending on model)	16 sink or source transistor outputs (depending on model)
By HE 10 connector or Modicon Telefast ABE 7 pre-wired system (with base controller TWD LMDA 20DTK)	By HE 10 connector or Modicon Telefast ABE 7 pre-wired system (with base controller TWD LMDA 40DTK)
4 modules max. (2)	7 modules max. (2)

**Configuration**

**Configuration of expandable modular base controllers**

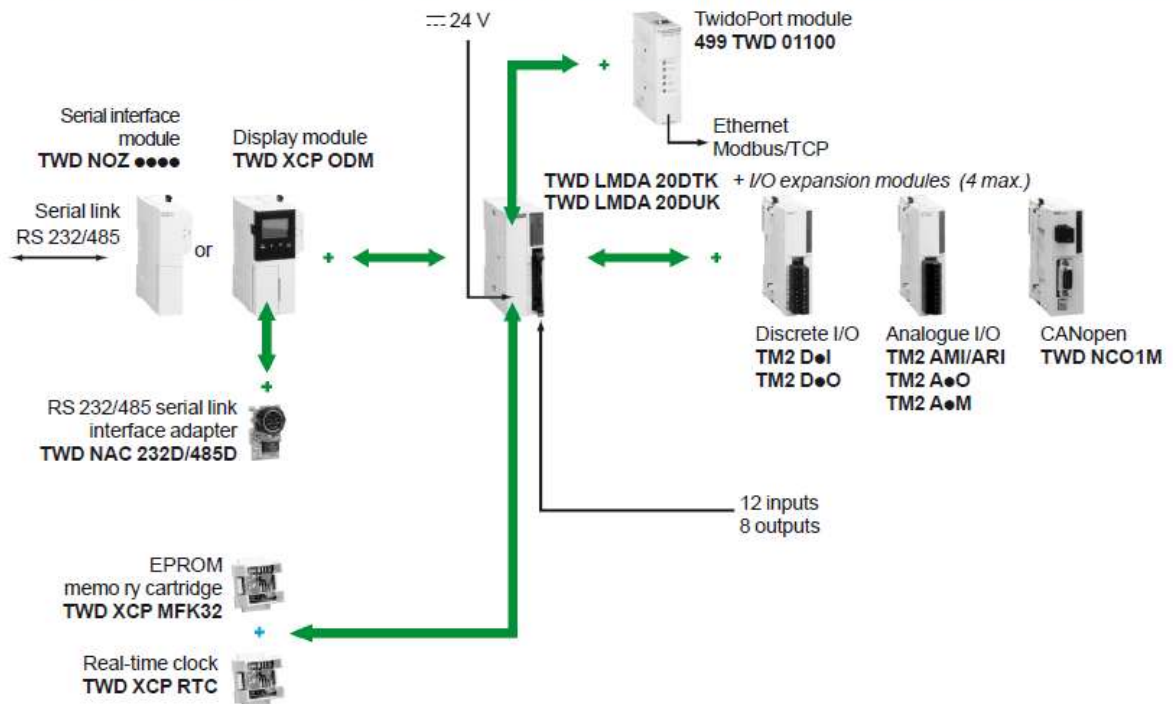


Imagen 2.3 Especificaciones del PLC.

## Software PLC

Es la interfaz que permite desarrollar la lógica de control requerida para nuestro proceso y descargarla al PLC.

La lógica de control se desarrolla en lenguaje de contactos o en lista de instrucciones.

Dependiendo del fabricante y modelo de PLC, se tienen lenguajes adicionales, bloque de funciones, Grafcet o texto estructurado.

### Lenguaje de contactos

También conocido como diagrama de escalera, es la representación gráfica de la lógica de control mediante símbolos de contactos, el ejemplo muestra el contacto A+B y A+B cerrado, en arreglo paralelo conectado a la salida C, tal y como se ve en la imagen 2.4.



Imagen 2.4 Diagrama de escalera.

La lógica de control se complementa con memorias, así como bloques funcionales predefinidos como contadores, temporizadores y comparadores, en el ejemplo se ha agregado el bloque de tiempo retardo a la conexión, con la selección de 666 segundos y con salida nuevamente en C, ver imagen 2.5.

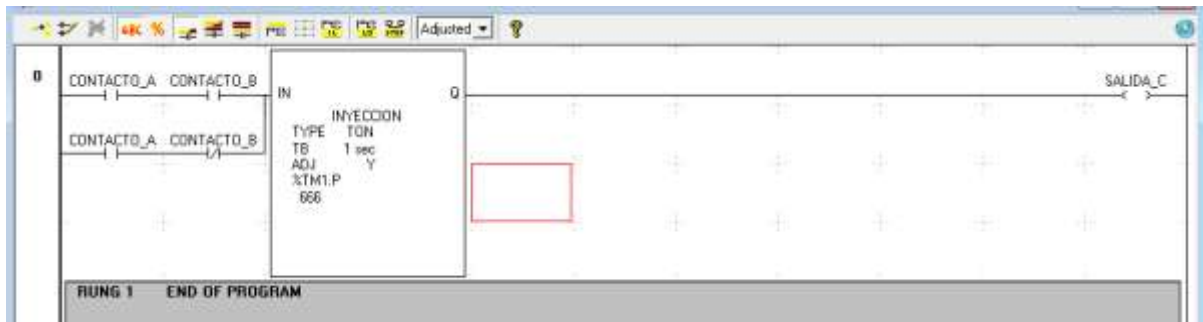


Imagen 2.5 Diagrama de escalera con temporizador.



## Lista de instrucciones

Este lenguaje se constituye por un conjunto de instrucciones que traducen del álgebra de Boole en funciones como AND, OR, NOT.

Complementadas con funciones LD y ST, que permite leer variable y enviar resultado a salida respectivamente y que son una alternativa al lenguaje de contactos. Ver imagen 2.6.



Imagen 2.6 Lista de instrucciones.

Nuevamente se amplían las instrucciones que pueden realizarse en este lenguaje con comandos como temporizadores, contadores, programadores de leva, registros de corrimiento. Ver imagen 2.7.

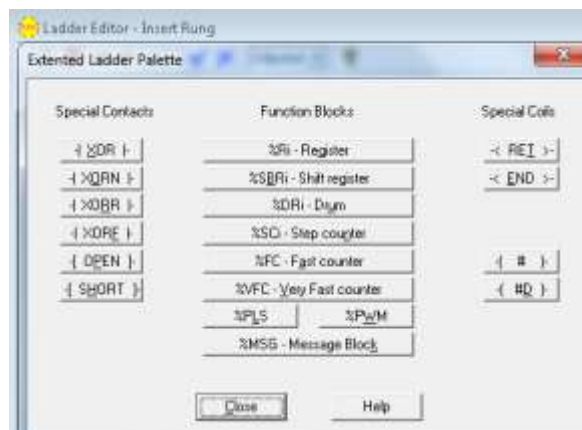


Imagen 2.7 Lista de instrucciones con temporizador.

## Bloque de funciones

Es la representación de la lógica de control utilizando bloques con simbología representativa.

El arreglo de control mediante bloques de funciones  $A+B$  y  $A+B$  negado, en paralelo conectado a un bloque temporizado y conectado la salida C. Ver imagen 2.8.

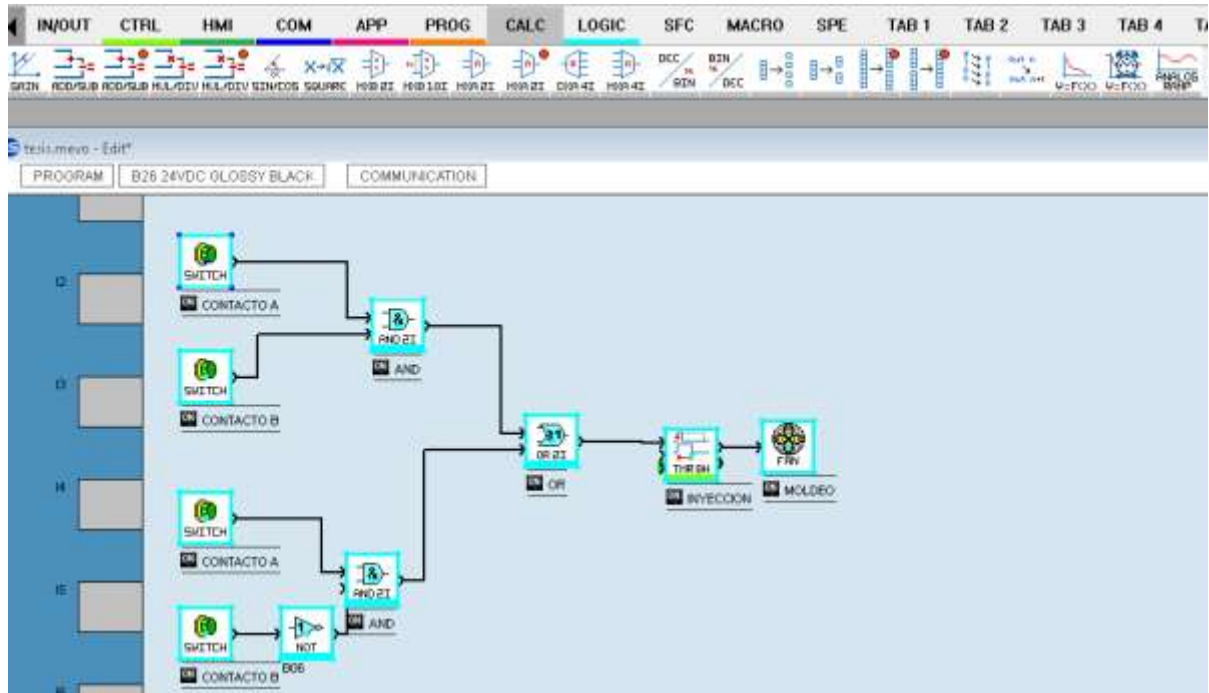


Imagen 2.8 Bloque de funciones.

La programación mediante bloque de funciones incluye compuertas lógicas, que en conjunto de bloques temporizadores, de conteo, funciones secuenciales, operaciones matemáticas, registros de desplazamiento y bloques de multiplexores, permiten realizar gráficamente el enlace entre los bloques para así realizar el control requerido. La facilidad de este lenguaje es valorado por los programadores afines a la lógica de Boole.

## **Grafcet**

El Grafcet (Diagrama Funcional en Secuencia) permite representar gráficamente y de forma estructurada el funcionamiento de un programa secuencial.

El principio es sencillo y es un gráfico con las funciones GFC se lee de arriba hacia abajo y se compuesto de etapas y transiciones.

Las etapas se suceden una tras otra enmarcadas por transiciones. Cuando una etapa está activa, hay que esperar a que la transición siguiente esté activa para pasar a la etapa siguiente. A cada etapa se asocia una acción (salida) que transmite órdenes a otras funciones (salida digital, lógicas).

Las etapas y transiciones permiten representar y activar las fases consecutivas de funcionamiento.

Cada fase de funcionamiento está representada por un símbolo denominado etapa. Cuando esta fase de funcionamiento se desarrolla, se dice que la etapa se activa. En este caso se dice también, que la etapa contiene una ficha de estado.

Para finalizar la fase de funcionamiento, es necesario autorizar o activar el fin de fase. Para ello, una entrada digital de comando de transición se pone en marcha.

De este modo, se dice que la transición es conductora y que la ficha de estado la alcanza. Así, desaparece de la etapa y se direcciona hacia la salida de circulación de las fichas de estado.

Como consecuencia, la entrada digital de validación toma el estado de paro.

Las etapas pueden ser divergentes y convergentes en Y o en O

La divergencia en Y permite representar y controlar las fases simultáneas de funcionamiento. Esta representación de encadenamiento de fases de funcionamiento describe el mecanismo inverso respecto a la convergencia en Y.

Una fase de funcionamiento (B12) puede ir seguida de dos fases de funcionamiento que se dividen al mismo tiempo y que afectan, por ejemplo, a los dos dispositivos de comando de un mismo equipo.

Para representar este modo de funcionamiento, se utiliza una función denominada divergencia en Y hacia 2 ramas (o DIV AND 2) que está conectada a dos funciones de etapas que simbolizan cada fase de funcionamiento simultánea.

Cuando la entrada de comando de transición del bloque B12 se encuentra en marcha, la ficha, si está presente en la etapa B12, migra desde dicha etapa (a través de la transición B12), se

divide en dos fichas que, cayendo en las etapas B13 y B14, representan la activación de las dos fases de funcionamiento paralelas.

La convergencia en Y permite encadenar una fase de funcionamiento exclusiva tras las fases de funcionamiento simultáneas. Esta representación de encadenamiento de fases de funcionamiento describe el mecanismo inverso respecto a la divergencia en Y.

Dos fases de funcionamiento simultáneas (etapas B13 y B14) pueden ir seguidas de una única fase de funcionamiento que sólo puede iniciarse después del final simultáneo de las dos fases anteriores.

Para representar este modo de funcionamiento, se utiliza una función GFC denominada convergencia en Y de 2 ramas GFC (o CONV AND 2) que se encuentra conectada a las dos funciones de etapas superiores que simbolizan las fases de funcionamiento simultáneas y a una etapa inferior que simboliza la fase exclusiva que se encadena en las dos fases de funcionamiento anteriores.

Cada una de las fichas migra desde la etapa respectiva, a través de la transición asociada, se fusiona en una única ficha que, haciendo caer la etapa B15, representa la activación de la fase única de funcionamiento siguiente, para finalmente regresar el control a la etapa B10 y comenzar nuevamente el ciclo. Ver imagen 2.9.

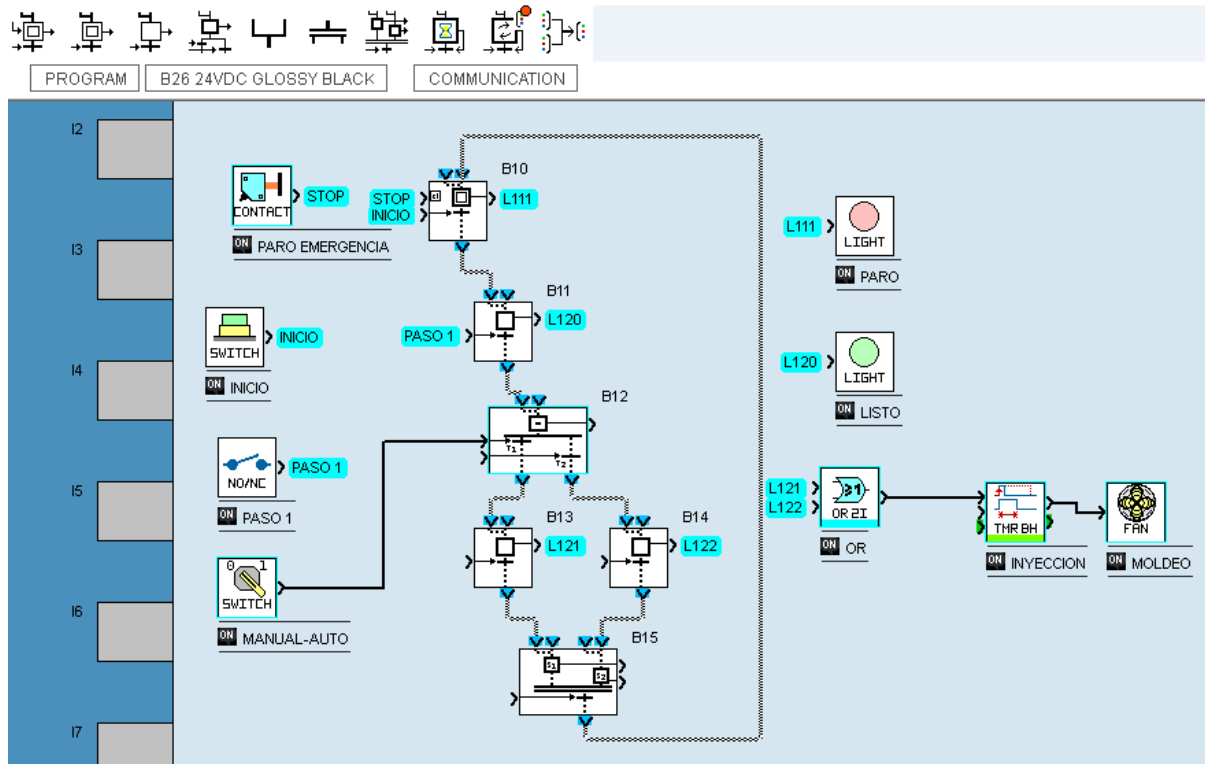


Imagen 2.9 Secuencia Grafset.

## Texto Estructurado

Es un lenguaje similar C++

Se compone de sentencias literales que equivalen a secuencias completas de programación, esto se considera lenguaje de alto nivel.

Las instrucciones son líneas de texto que utilizan palabras o símbolos reservados, (SET, AND, OR), las operaciones matemáticas se definen por los símbolos habituales ( +,\*,-), funciones trigonométricas.

Sin embargo, lo que distingue al texto estructurado de la lista de instrucciones, del lenguaje de contactos y del bloque de funciones son 3 características:

1. Se permite la programación por bloques con definición de variables locales o globales.
2. Se tienen disponibles instrucciones de manipulación de cadenas de caracteres
3. Se permiten estructuras de cálculo repetitivo y condicional como:
  - FOR...TO
  - REPEAT...UNTIL
  - WHILE
  - IF... THEN...ELSE

En cualquier caso, en un acercamiento básico, Grafcet permite algunas características del Texto estructurado, debe tenerse claro que el lenguaje estructurado son posibilidades adicionales al alcance del programador para resolver un proyecto, pues el lenguaje de contactos, bloque de funciones y lista de instrucciones son el lenguaje estándar del PLC. Ver imagen 2.10.

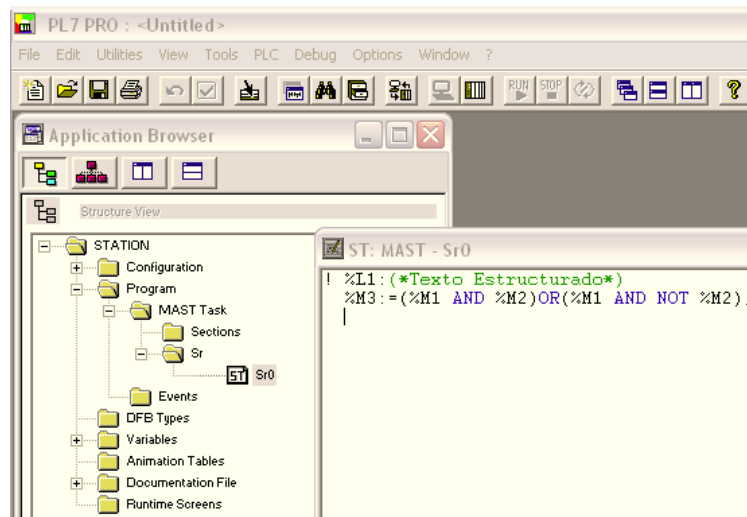


Imagen 2.10 Texto estructurado.

## Programa del proyecto

El proceso para desarrollar la lógica de control en el PLC inicia al instalar el programa de desarrollo que funciona en ambiente Windows (10, 7 y XP). Ver imagen 2.11.

El requerimiento mínimo del ordenador es Pentium 466 MHz, con espacio disponible en disco duro de 100 Mb y RAM de 128 Mb respectivamente.

El enlace físico del ordenador hacia el PLC se realiza mediante los puertos disponibles usando cable mini DIN por el puerto RS232 código TSX PCX 1031 ó con cable USB por el puerto RS485 con el código TSX CRJMD25.

Para este PLC se tiene la posibilidad adicional de programación por modem, Ethernet o bluetooth, el proyecto desarrollado se descargo usando enlace serial RS232.

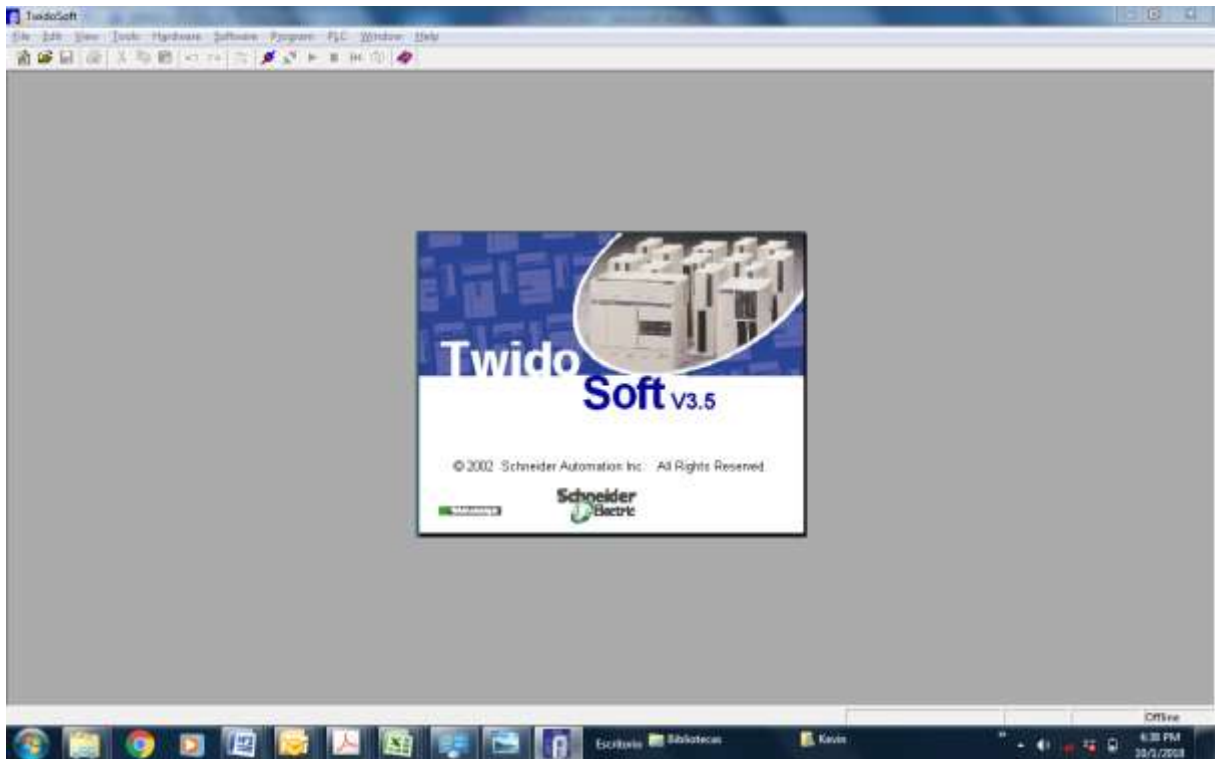


Imagen 2.11 Pantalla inicial software de programación.

Definimos arquitectura física adecuada para el tipo de variables a controlar. Ver imagen 2.12.

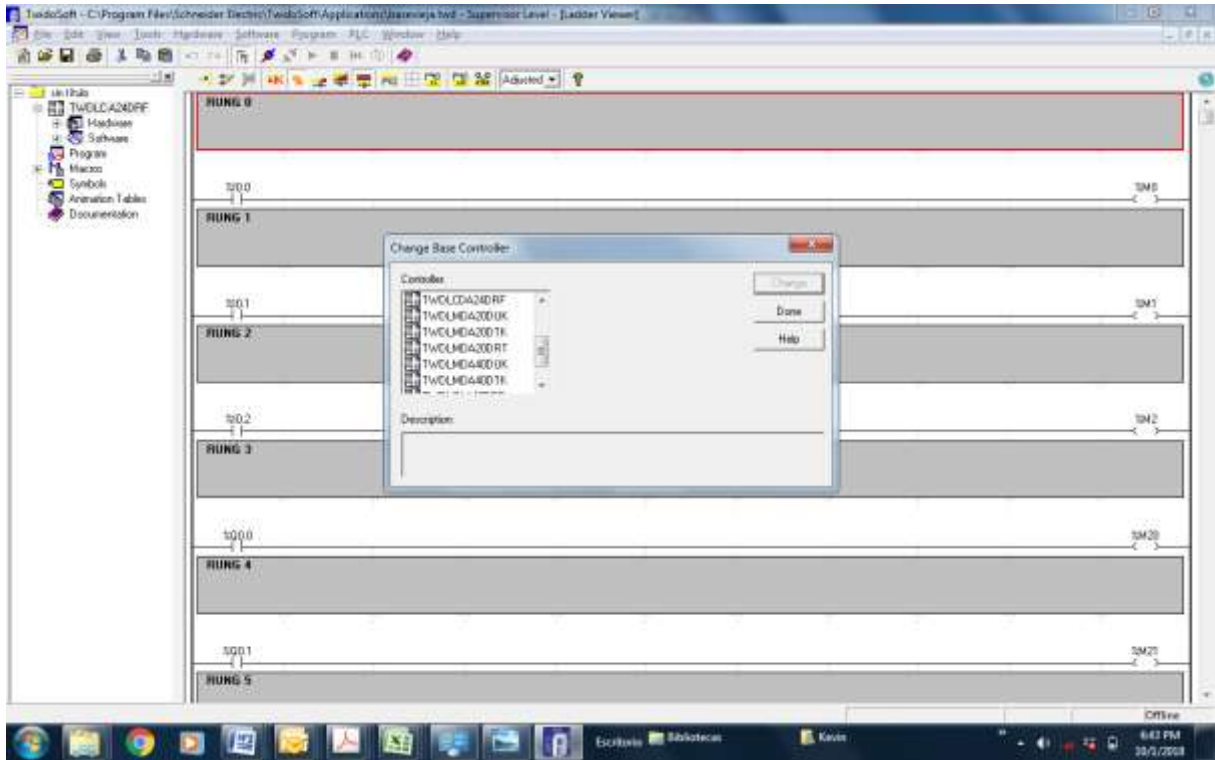


Imagen 2.12 Pantalla selección de hardware.

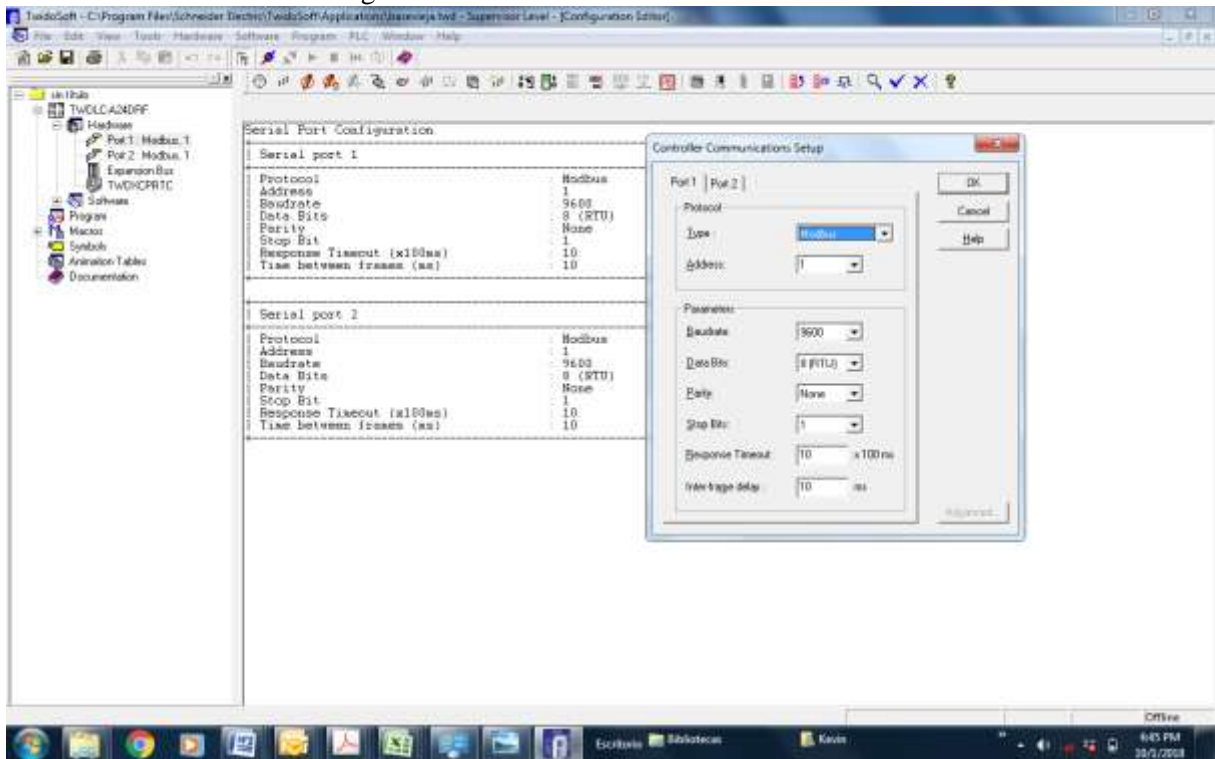


Imagen 2.13 Pantalla selección de comunicación Modbus.

Definimos extensiones analógicas y asignamos bits internos. Ver imagen 2.14 y 2.15.

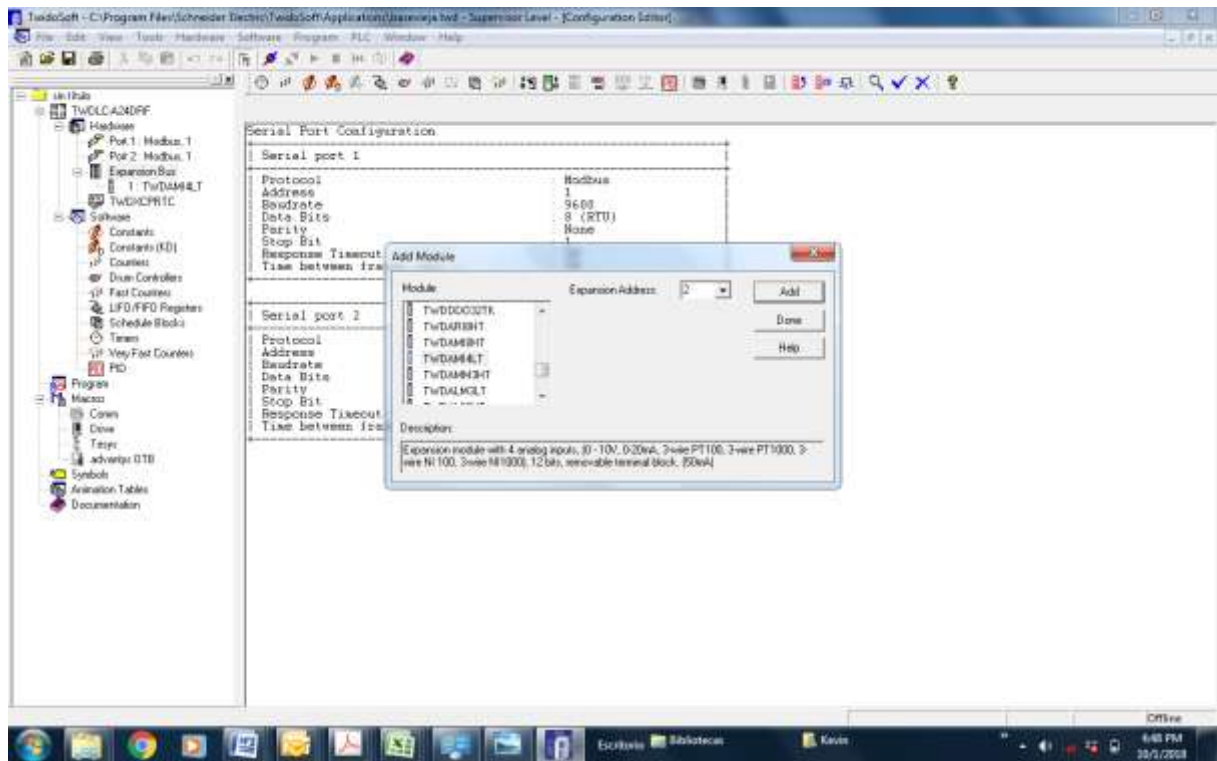


Imagen 2.14 Agregando extensiones.

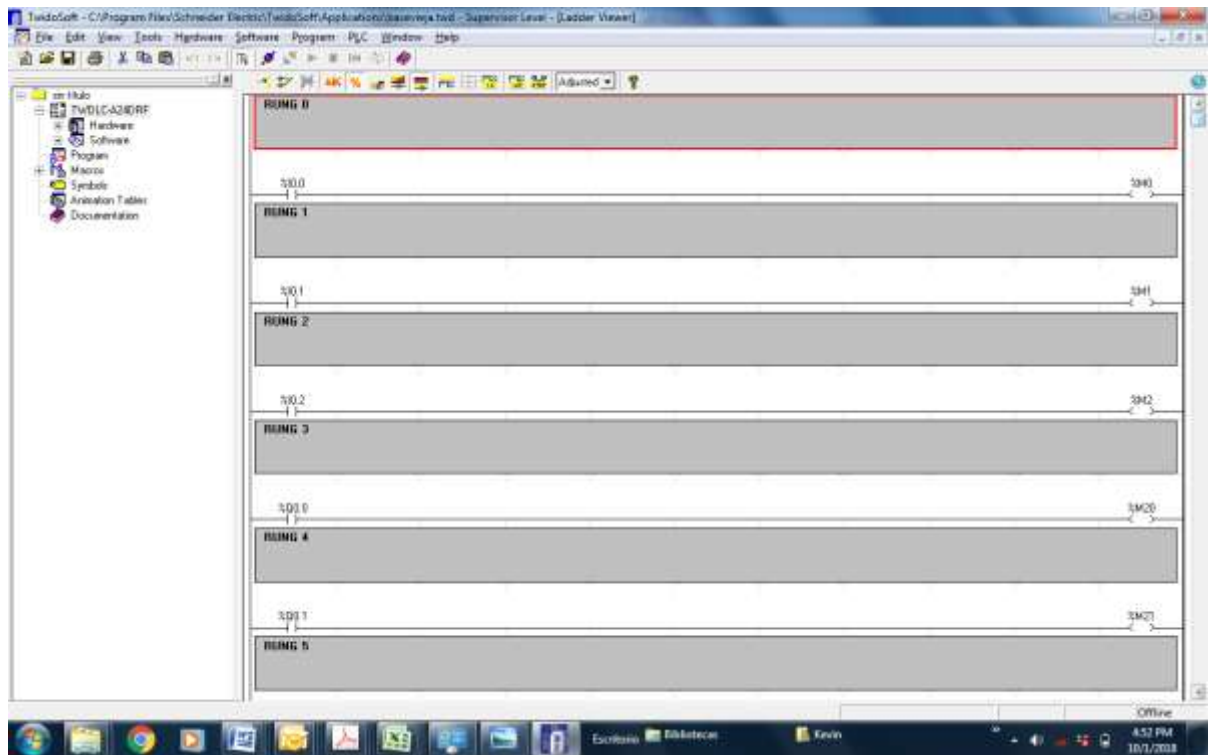


Imagen 2.15 Asignando entradas-salidas a bits internos.



## Lógica de control

Esta se realiza basándose en las variables de voltaje y compararlas con la selección del usuario, si esta cumple se valida la operación del sistema fotovoltaico, caso contrario activa una memoria interna y envía una señal digital hacia la planta Diesel para que inicie la operación de respaldo.

Al lograr el voltaje adecuado en baterías, la planta Diesel detiene su funcionamiento y la radiobase dispone de la energía nuevamente desde el banco de baterías ya con la carga y voltaje adecuado.

El intercambio de operación eléctrica entre plantas se realiza mediante un dispositivo de transferencia mecánica eléctrica, instalado en la planta Diesel y que asegura que solo uno de los 2 sistemas funcione a la entrega de voltaje a la radiobase.

La asignación de las variables de voltaje y temperatura se asignan entre el PLC y la HMI mediante palabras de memoria %MW. Ver imagen 2.16.

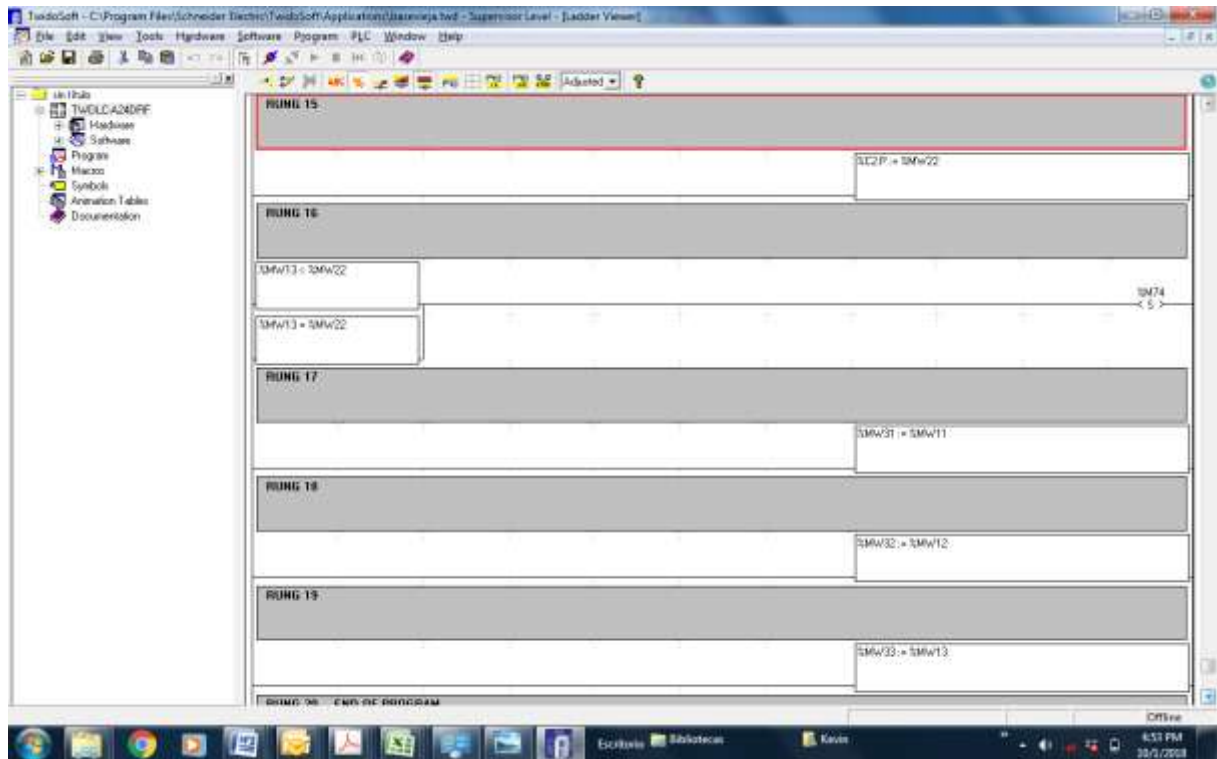


Imagen 2.16 Asignación de %MW.

## Comunicación

El incluir dispositivos como una pantalla táctil remota y agregar un monitor de energía trifásico, es posible a partir de que la arquitectura del PLC es modular y permite agregar puertos de comunicación.

Para lograr la solución al proyecto se usa enlace serial Modbus RTU sobre enlace físico RS485. Ver imagen 2.17.

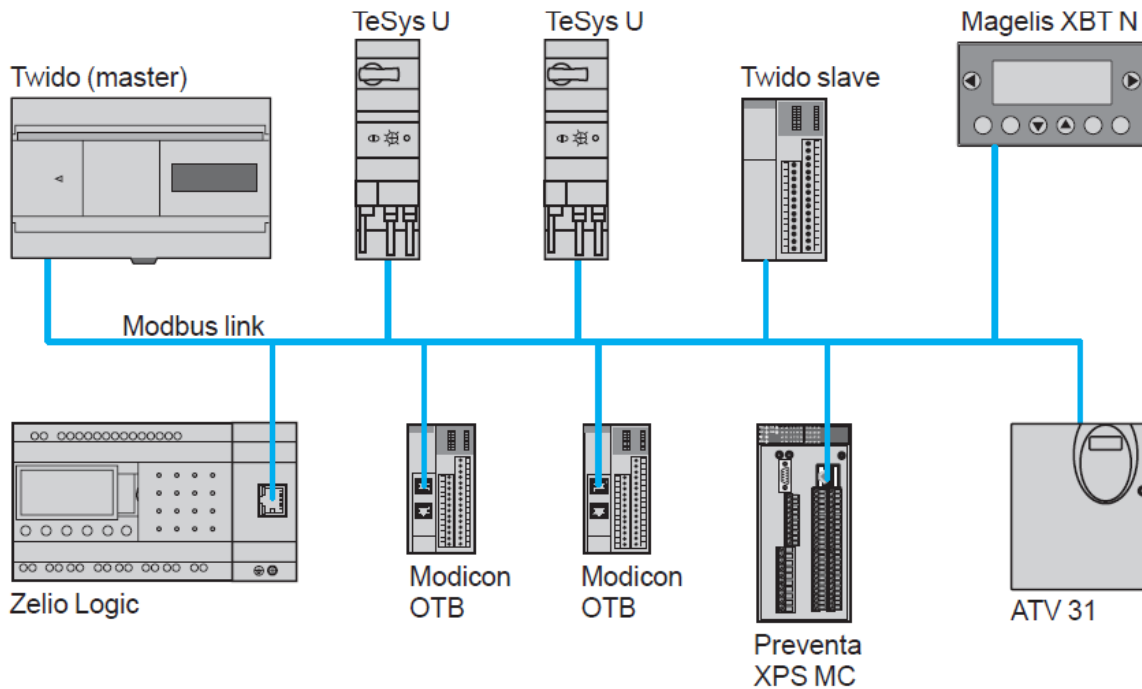


Imagen 2.17 Esquema simplificado serial Modbus.

El protocolo Modbus es un protocolo maestro-esclavo que permite que uno, y solo uno, solicite respuestas de los esclavos, o que actúe en función de la solicitud. El maestro puede dirigirse a esclavos individuales o puede iniciar un mensaje de difusión a todos los esclavos. Los esclavos devuelven un mensaje (respuesta) a las consultas que se dirigen a ellos individualmente.

### **Maestro Modbus**

Permite que el controlador Twido envíe una consulta Modbus a un esclavo y espere su respuesta. El modo maestro Modbus solo se admite a través de la instrucción "EXCH". Tanto Modbus RTU como ASCII, son compatibles con el modo maestro Modbus.

### **Modbus Esclavo**

Permite que el controlador Twido responda a las consultas Modbus de un maestro Modbus, y es el modo de comunicaciones predeterminado si no se configura ningún otro tipo de comunicación en el PLC Twido.

El controlador Twido admite las funciones de control y datos Modbus estándar usando los puertos TWD NAC. Ver imagen 2.18.



Imagen 2.18 Puertos seriales de Twido.

## Enlace físico

El enlace de comunicación se realiza físicamente con cable blindado de cobre par trenzado calibre 24-28 AWG, usando 2 hilos y un tercero como común conectado directamente a la tierra de protección en algún punto de la red, la longitud máxima que se puede alcanzar como máximo es de 1.000 metros a una velocidad de 9.600 baudios, se recomienda colocar en los extremos de la red adaptadores de final de línea en serie de 1 nF/10 V, 120 ohmios, 0.25 W y polarizar con resistencia de 470 ohmios, 0.25 W. La señal cuando es implementada en 2 hilos se le reconoce como margarita y las terminales de conexión como D1 y D0. En enlaces menores a 10 metros, las terminaciones de línea y polarización no son necesarias, pues el enlace en protocolo Modbus es muy estable y de amplia implementación en el ámbito industrial. Ver imagen 2.19.

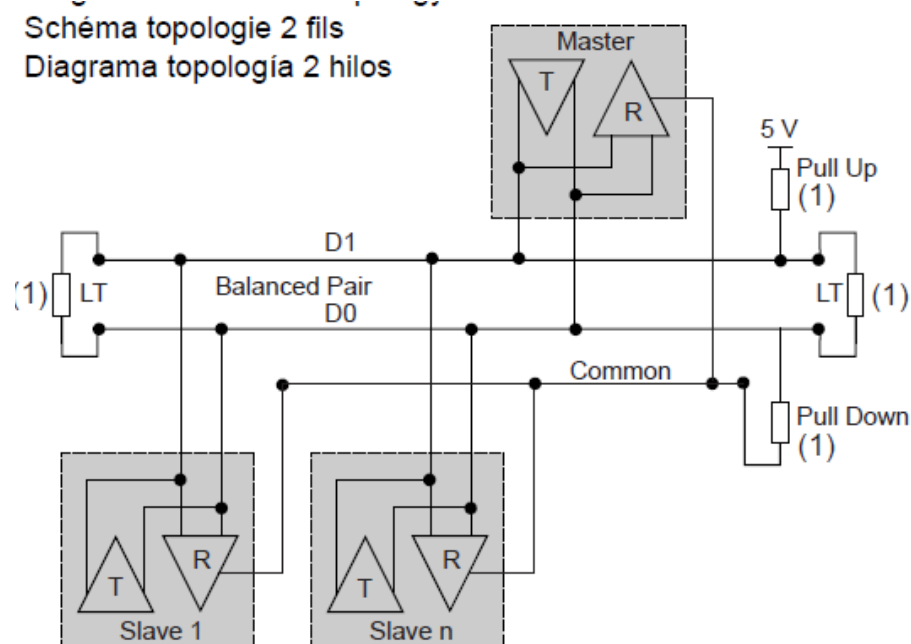


Imagen 2.19 Conexión 2 hilos margarita.

## Medidor de energía PM9

El medidor de potencia PowerLogic, permite visualizar en su pantalla retro iluminada, las variables de voltaje de las 3 fases del sistema de alimentación, y utilizando transformadores de corriente externos, obtener las corrientes respectivas.

La información se pone a disposición del proyecto en enlace serial, pues la versión PM9C incluye en su construcción una salida RS485 Modbus. Ver imagen 2.20. y hoja técnica 2.1.



Imagen 2.20 Medidor de energía PM9P.

<b>Electrical characteristics</b>		
Type of measurement		On single-phase (1P + N) or three-phase (3P, 3P + N) AC systems
Measurement accuracy	Current and voltage	0.5 % of reading
	Power	1 % of reading from pf 0.8 leading to 0.5 lagging
	Frequency	0.2 Hz
	Power factor	2 % from 0.8 leading to 0.5 lagging
	Active energy	Class 1 as defined by IEC 62053-21 and IEC 61557-12
	Reactive energy	Class 2 as defined by IEC 62053-23 and IEC 61557-12
Input-voltage characteristics	Measured voltage	50 to 450 V AC (direct) and up to 1000 V AC (with external VT)
	Permissible overload	1.15 Un
	Frequency measurement range	45 to 65 Hz
Input-current characteristics	CT ratings	Adjustable from 5 to 10000 A
	Secondary	5 A
	Metering over-range	15 mA to 6 A
	Permissible overload	6 A continuous 20 A 10 s 50 A 1 s
	Load	0.55 VA
	Input current	Not isolated
Control Power	AC	220 to 240 V AC ( $\pm 10\%$ ), < 5 VA
Pulse output (PM9P)		Static output, 350 V AC/DC max., 130 mA max. at 25 °C, derating 1 mA/°C above 25 °C, 5 kV insulation
<b>Mechanical characteristics</b>		
Weight		0.3 kg
IP degree of protection		IP52 (front display)
Dimensions		72 x 90 x 66 (mm)
Connection		Tunnel terminals, 1 x 4 mm <sup>2</sup>
<b>Communication</b>		
RS485 port (PM9C) remote reading and reset		2-wire, 9600 or 19200 bauds, Modbus RTU, ELSV circuit, 6 kV impulse withstand (double insulation)

Hoja técnica 2.1 PM9C.

Las conexiones a la red eléctrica se realizan en V1,V2,V3 y VN, para obtener los valores de voltaje y en S1,S2,S3 para cada corriente de consumo del sistema eléctrico.

La conexión en D0 y D1 nos permiten enlazar el monitor eléctrico a la red Modbus. Ver imagen 2.21.

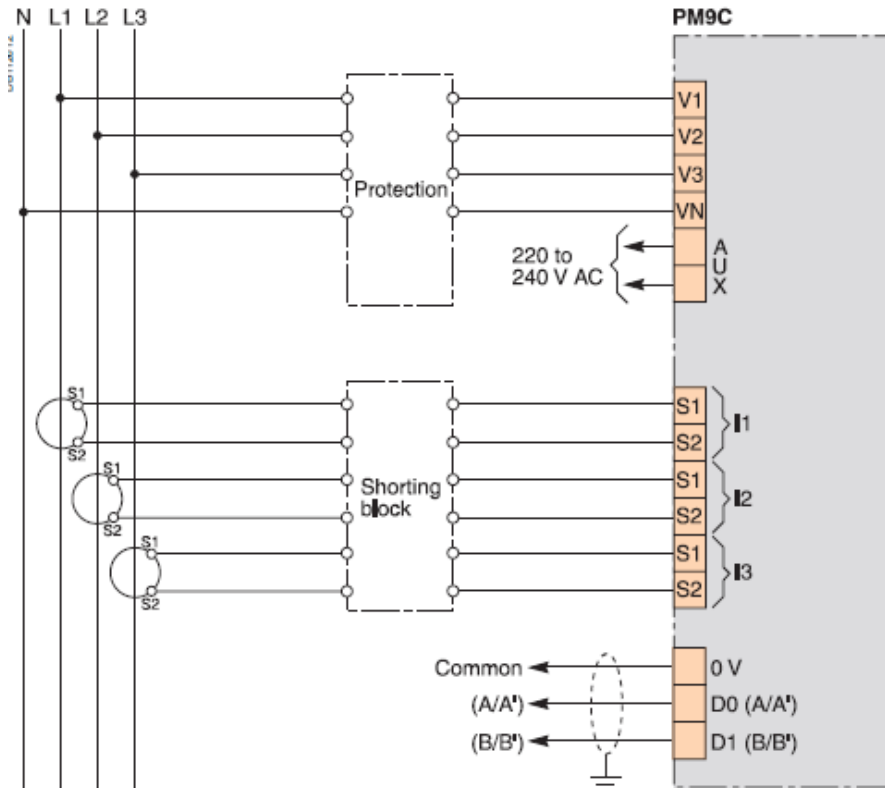


Imagen 2.21 Conexiones del medidor de energía.

Vista del sistema de control en proceso de conexionado y pruebas de operación montada en placa metálica, con indicación general de elementos montados. Ver imagen 2.22.

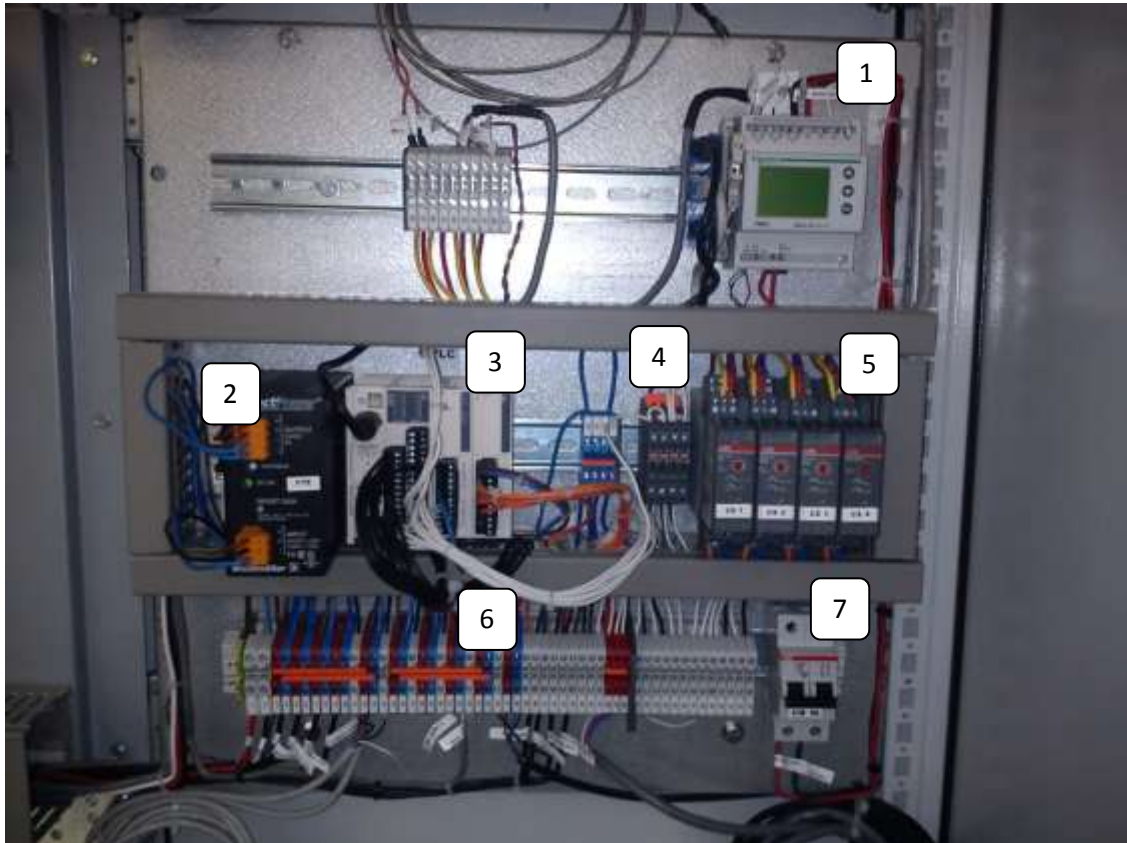


Imagen 2.22 Sistema de control basado en PLC.

1. Medidor de energía PM9C
2. Fuente de alimentación Weidmuller Connect24120W
3. Controlador lógico programable TWDLMD20DRT
4. Relevadores electromecánicos
5. Convertidor termopar 1SVR060
6. Clemas de conexión
7. Mini interruptor termo magnético S202



## Auxiliares del sistema de control

### Acondicionador de temperatura en cuarto de baterías

Para controlar la temperatura de las baterías y optimizar la vida útil de las mismas, se utiliza un extractor de aire para bajar la temperatura del cuarto de baterías confinadas en una caseta multipanel.

El extractor trabaja cuando la temperatura en el cuarto de baterías es alta (valores de temperatura alto y bajo configurable por usuario desde pantalla), el PLC activará el extractor de aire, con el fin de disminuir la temperatura, cuando esto ocurre, el extractor se detiene. La detección de la temperatura se realiza mediante un termopar J y se ingresa al proceso de control en el PLC utilizando un convertidor de termopar J a con salida analógica de 0-10 V y así ingresar la información a la lógica del PLC. Ver imagen 2.23.



Imagen 2.23 Extractor para cuarto de baterías.

## Sensor infrarrojo

Se tienen instalados 5 juegos de sensores (emisor y receptor), montados en la parte inferior de los módulos, sobre la estructura. En caso de que alguna persona obstruya cualquiera de los sensores, se enviará una alarma por invasión de área de módulos. Un juego más de sensores se tiene instalado en la puerta de entrada a la caseta. Además de enviar una señal de alarma de robo hacia el responsable de seguridad de la radiobase remota, el PLC activará una sirena en el rango de 110 dB, la cual no dejará de sonar hasta que se restablezca el sitio, esto se hace al ingresar la contraseña en el panel de control. La respuesta obtenida del sensor es digital PNP. Ver imagen 2.24.



Imagen 2.24 Sensor infrarrojo instalado en acceso principal caseta de baterías.

### Sensor ultrasónico

El sensor es utilizado para monitorear el nivel de combustible en el tanque diesel del sitio. El sensor envía información hacia el PLC, el cual es capaz de determinar si el combustible está próximo a acabarse. Desde la pantalla táctil montada en frente del gabinete el usuario puede configurar el porcentaje de nivel diesel en el tanque considerado como bajo. Considerar que el sensor no debe estar en contacto con el combustible, ya que sufrirá daños permanentes. La salida del sensor es del tipo analógico con rango de 0 a 10 VCD. Ver imagen 2.25 y 2.26.



Imagen 2.25 Sensor ultrasónico para detección de nivel de combustible.

## Specifications (cont.)

<b>Voltage drop digital output (<math>U_o</math>)</b>	$\leq 2.2$ VDC @ 100 mA	<b>Environment</b>	Installation category	III (IEC 60664/60664A; 60947-1)
<b>Protection</b>	Short-circuit, overvoltage pulses and reverse polarity			Pollution degree
Digital output		Overvoltage pulses and reverse polarity	Degree of protection	IP67 (IEC 60529; 60947-1) Nema 4X
Supply	Overvoltage pulses		<b>Ambient temperature</b>	Operating -20° to +70°C (-4° to +158°F) Storage -35° to +70°C (-31° to +158°F)
Analogue output		4 to 20 mA 0 to 10 VDC	<b>Vibration</b>	
<b>Analog output</b>	max. 500 $\Omega$ min. 3 k $\Omega$	Operating -20° to +70°C (-4° to +158°F) Storage -35° to +70°C (-31° to +158°F)	<b>Shock</b>	30 g / 11 mS, 3 directions (IEC/EN 60068-2-27)
NG.. or PG.. types				
NK.. or PK.. types	0 to 10 VDC	<b>Housing</b>	Material body: PBT Material front: Epoxy-glass resin Material back, plug: Grilamid Material back, cable: Grilamid Material push-button: TPE Sealing around push-button: TPE Material sealing front: TPE	
<b>Load</b>	max. 500 $\Omega$ min. 3 k $\Omega$			
4 to 20 mA	75 kHz			
0 to 10 VDC		<b>Carrier frequency</b>		
<b>Operating frequency digital output (f)</b>	$\leq 1$ Hz			
<b>Response time OFF-ON digital output (<math>t_{ON}</math>)</b>	$\leq 500$ mS			
<b>Response time ON-OFF digital output (<math>t_{OFF}</math>)</b>	$\leq 500$ mS			
<b>Response time analog output</b>	$\leq 500$ mS			
<b>Power ON delay</b>	$\leq 300$ mS			

## Detection Range

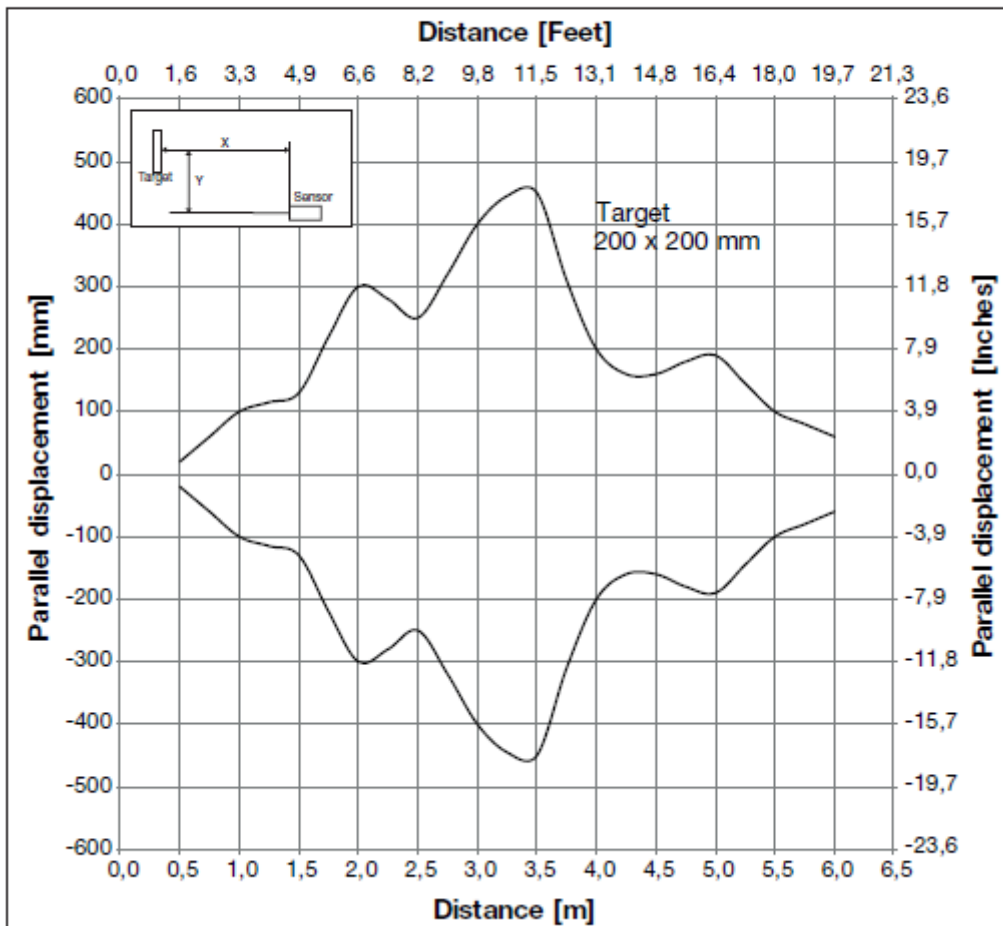


Imagen 2.26 Especificaciones del sensor ultrasónico

## Capítulo 3. Pantalla táctil

### Interfaz hombre máquina

La interfaz o pantalla táctil que nos permite interactuar con el proceso de control, marca Schneider con dimensión de 5.7 pulgadas. Ver imagen 3.1.



Imagen 3.1 Pantalla HMISTU855

1	Pantalla táctil 3.5 pulgadas
2	Pantalla táctil 5.7 pulgadas
3	Alimentación 24 V CD
4	Puerto RS232 ó RS485 enlace serial Com1
5	Puerto USB A conexión periférico/ carga de programa
6	Puerto USB B carga de programa
7	Puerto Ethernet RJ45

Tabla 3.1 Conexiones pantalla HMISTU855.

La comunicación entre medidor de energía, PLC y pantalla táctil, se realiza de forma serial y en protocolo MODBUS RTU, el cual por su amplio uso y código abierto es ampliamente usado en el sector industrial. Ver imagen 3.2.



Type		Characteristics	
Display	LCD screen size / Resolution	3.5" / QVGA (320 X 240 pixels)	5.7" / QVGA (320 X 240 pixels)
	Type	TFT 65 536 colours	
Functions	Representation of variables	Alphanumeric, bitmap, bargraph, gauge, button, light, clock, flashing light, keypad	
	Curves / Alarm logs	Yes, with log / Yes, Incorporated	
Communication	Serial link	1 RJ45 (RS 232 - RS 485)	
	Networks	Ethernet, IEEE 802.3, 10/100 BASE-T, RJ45	
Downloadable protocols	Mitsubishi (Melsec), Omron (Sysmac), Rockwell Automation (Allen Bradley), Siemens (Simatic), Uni-TE, Modbus, Modbus TCP		
Development software	Vijeo Designer VJDesigner TGVeeM (on Windows XP, Vista and 7) or Vijeo Designer Limited Edition		
Dimensions W x D x H (mm)	Front: 98 x 16 x 81		Front: 163 x 17.5 x 129.5
	Rear: 118 x 30 x 98		
Compatibility with PLCs	Twido, Modicon TSX Micro, Modicon Premium, Modicon Quantum, Modicon M340		
«Compact Flash» card slot	No		
USB port	1 Host type A + 1 Device type miniB		
Built-in Ethernet TCP/IP	Yes	Yes	
Supply voltage	24 VDC		
References	HMISTU655		HMISTU855

Imagen 3.2 Magelis HMISTU655 y 855.

### Requerimiento de hardware en el ordenador

El requerimiento mínimo del ordenador es Pentium 2 GHz, con espacio disponible en disco duro de 1GB y RAM de 2GB respectivamente.

El proceso para desarrollar la lógica de pantallas inicia al instalar el programa de desarrollo que funciona en ambiente Windows (10 y 7).

El enlace físico ordenador pantalla se realiza mediante el puerto USB disponible usando cable código XBT ZG935 ó usando el puerto Ethernet.

## Programa Pantalla

Al inicializar el programa de desarrollo se define nombre de proyecto, opción de contraseña.

Se define el modelo y se activa seguridad de contraseña para realizar modificaciones al proyecto en la HMI .Ver imagen 3.3.

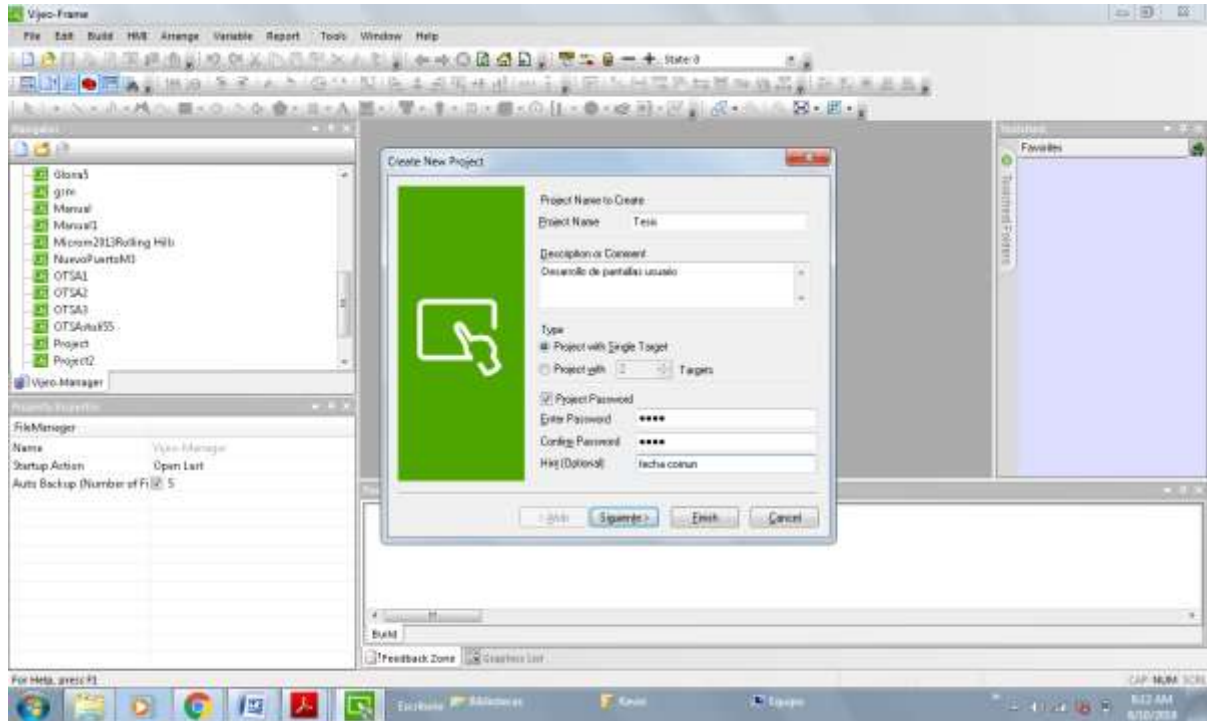


Imagen 3.3 Pantalla inicial desarrollo del proyecto.

Se define el tipo el protocolo de comunicación, en este proyecto, se selecciona Modbus RTU. Ver imagen 3.4.

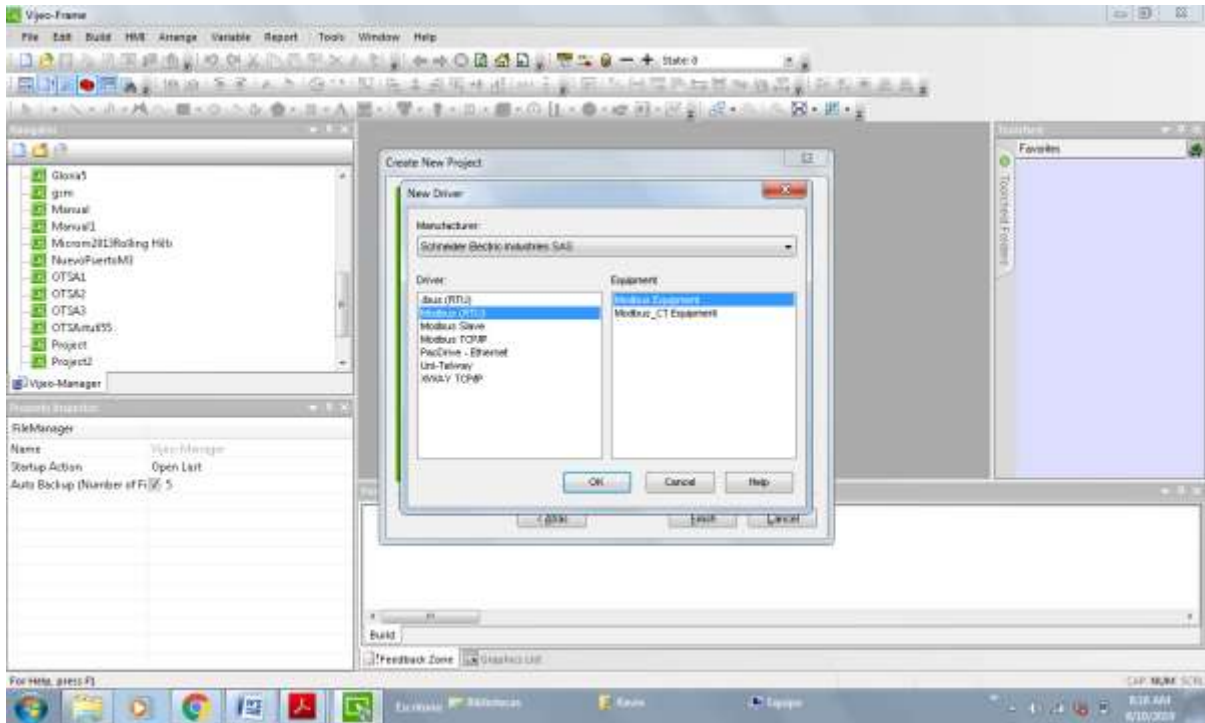


Imagen 3.4 Protocolo de comunicación.



Al realizar la configuración de la pantalla se procede al desarrollo de cada página del proyecto. Se presenta un ejemplo de desarrollo. Ver imagen 3.5.

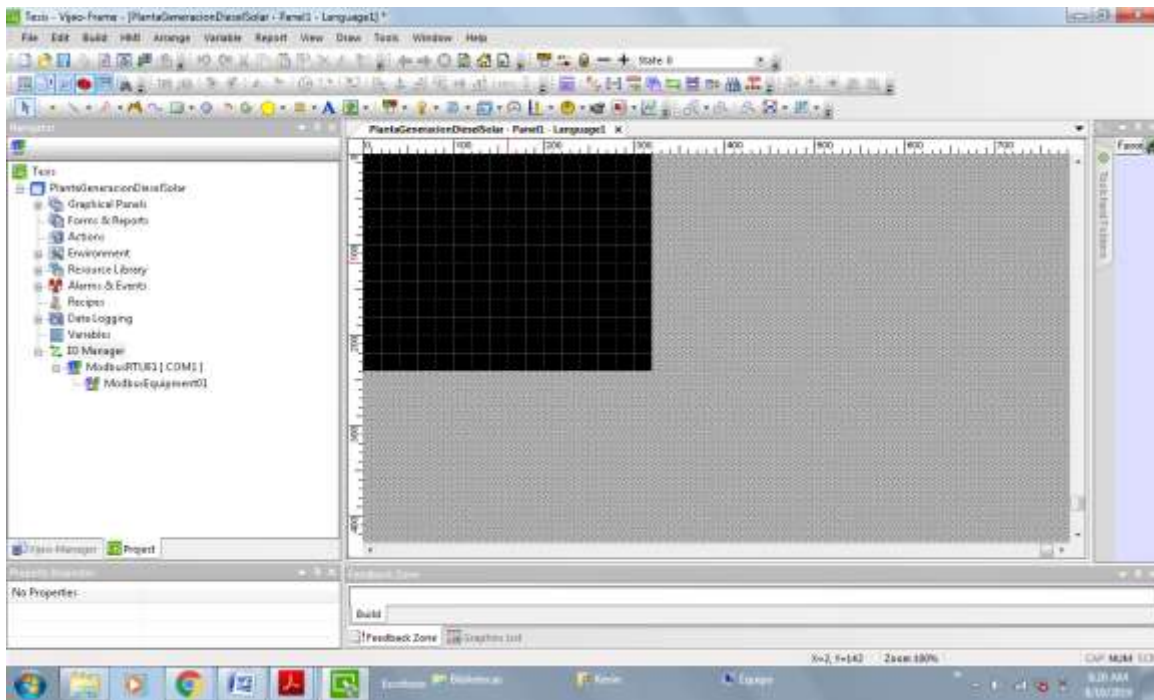


Imagen 3.5 Área de trabajo.

El direccionamiento Modbus se realiza indicando:

- número de esclavo
- número de palabra
- número de bit en caso de ser necesario.

La imagen 3.6 muestra el direccionamiento del botón 1 asignado a la palabra 40001, bit 0

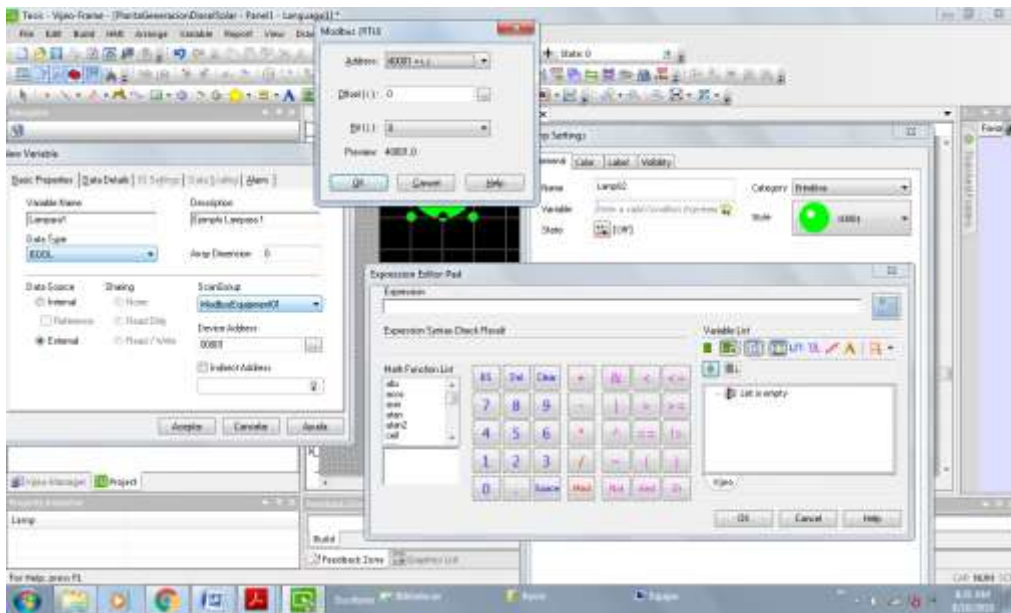


Imagen 3.6 Direccionamiento boton1 40001 bit 0.

Para desarrollar el primer elemento, en este caso una lámpara, seleccionamos del menú contextual la imagen de lámpara, creamos la primera variable y asignamos la dirección. Ver imagen 3.7.

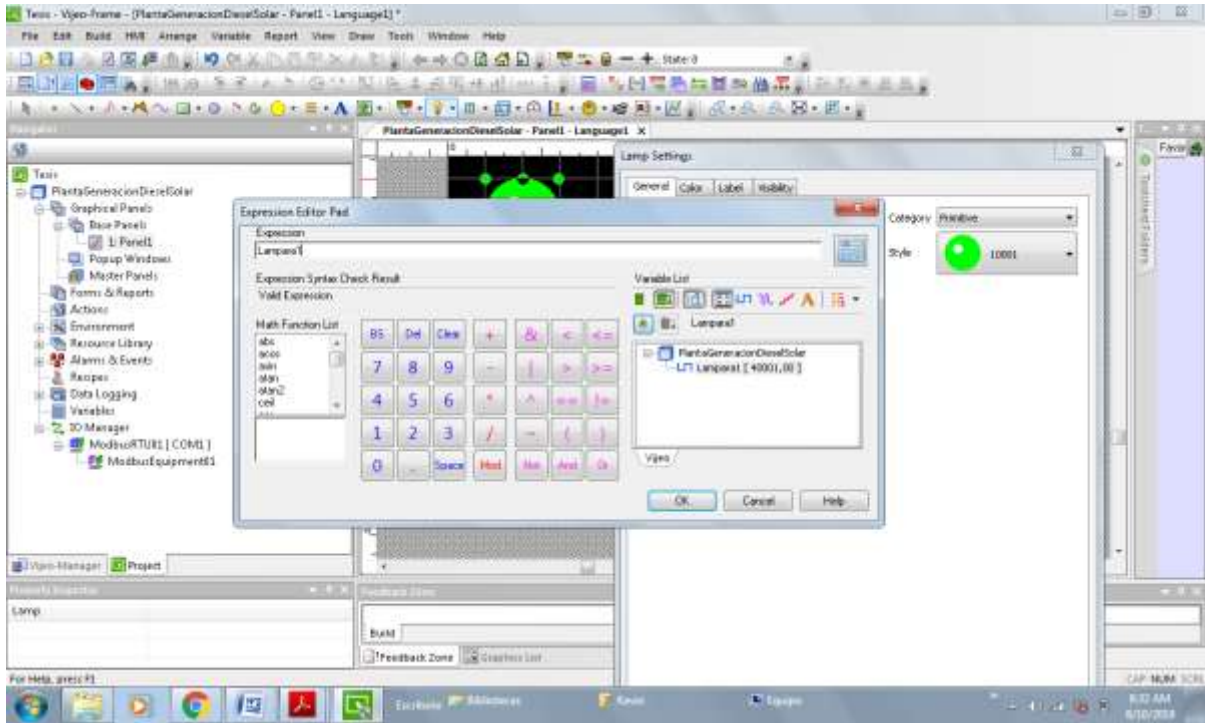


Imagen 3.7 Asignación de dirección.

Los siguientes procedimientos a realizar es generar pulsadores, mensajes numéricos, graficas de variables, alarmas, ingreso de contraseñas y compilar la pagina de desarrollo para confirmar que se ha realizado correctamente. Ver imagen 3.8.

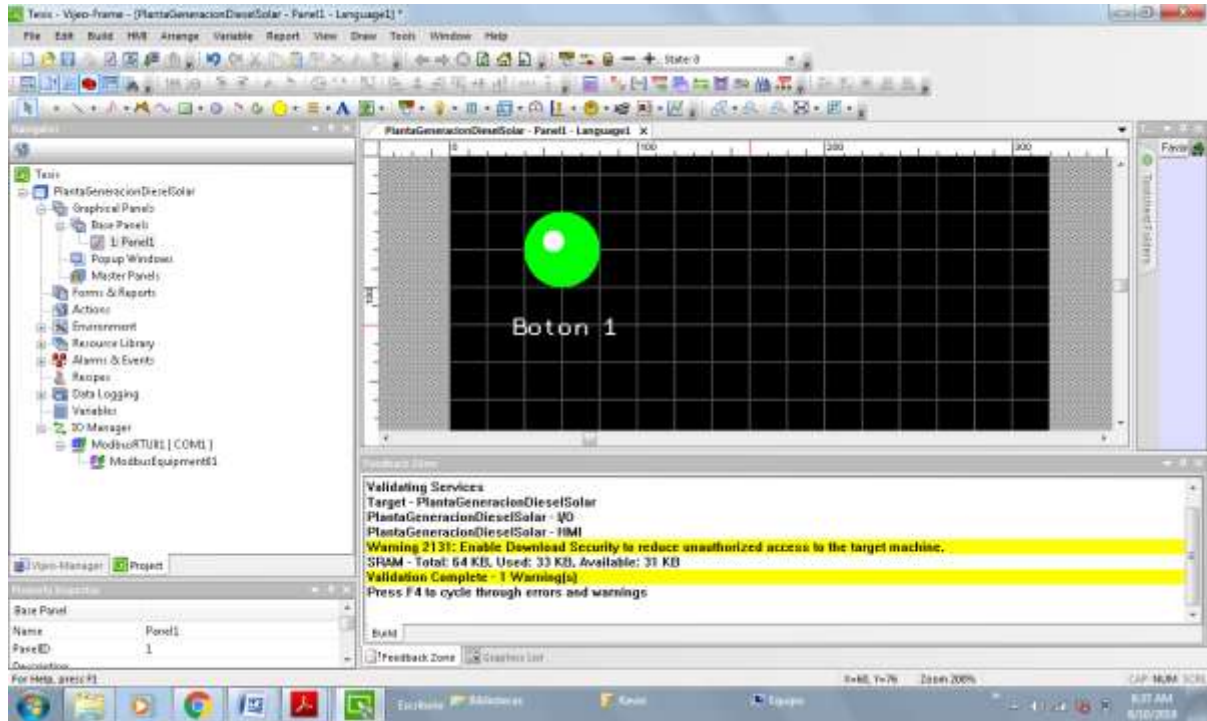


Imagen 3.8 Compilación validada botón 1.

Al realizar cada objeto se presentaran diferentes dudas de cómo realizar la asignación, el programa para desarrollo Vijeo Designer incluye librerías propias de Schneider Electric que son las herramientas que nos ayudan durante todo el proceso con la información que es necesaria para finalizar adecuadamente la programación.

## Pantalla usuario

Una vez realizado el desarrollo de todas y cada una de las páginas de asignación de variables de control, es decir, la tarea de seleccionar las imágenes adecuadas que muestren al usuario iconos que presente de forma clara la función a realizar en el control de la operación del sistema dual de suministro de energía eléctrica, del direccionamiento y del correcto enlace entre el PLC, el medidor de energía y la HMI, se puede proceder a realizar la configuración de los valores de proceso para tener la operación del sistema dentro de los parámetros correctos y así tener la operación continua del suministro eléctrico para la radiobase. En esta pantalla se cuenta con todos los menús principales del sistema. Ver imagen 3.9.



Imagen 3.9 Pantalla principal en gabinete.

## Contraseña

Al ingresar al sitio y entrar en el cuarto de baterías activaremos la alarma de intrusión en cuarto de baterías ocasionando que la sirena entre en funcionamiento. Para evitar que se mantenga sonando la sirena, en el menú principal entraremos al sub menú RST donde teclearemos el código de sitio “2 4 6 8”. Ver imagen 3.10.



Imagen 3.10 Submenú RST.

Tocar los números para desplegar teclado e ingresar contraseña

Al dejar la ventana activa en su función de alerta se podrá realizar trabajos en sitio y sólo se activará la alarma siempre y cuando alguno de los sensores se interrumpa. Ver imagen 3.11.



Imagen 3.11 Submenú RST.

El submenú alarmas es aquel que guardará un registro de cada una de las alarmas que lleguen a activarse. En la parte superior de la ventana se tienen botones para borrar o explorar las alarmas registradas.

La línea con fondo rojo indican que alguna alarma se encuentra activa.

La línea con fondo amarillo indican un estado de alarma intermedia entre operación correcta y límite inferior de alarma fuera de rango.

La línea con fondo verde indican que la alarma anteriormente activa, ya regreso al límite de operación correcta. Ver imagen 3.12.

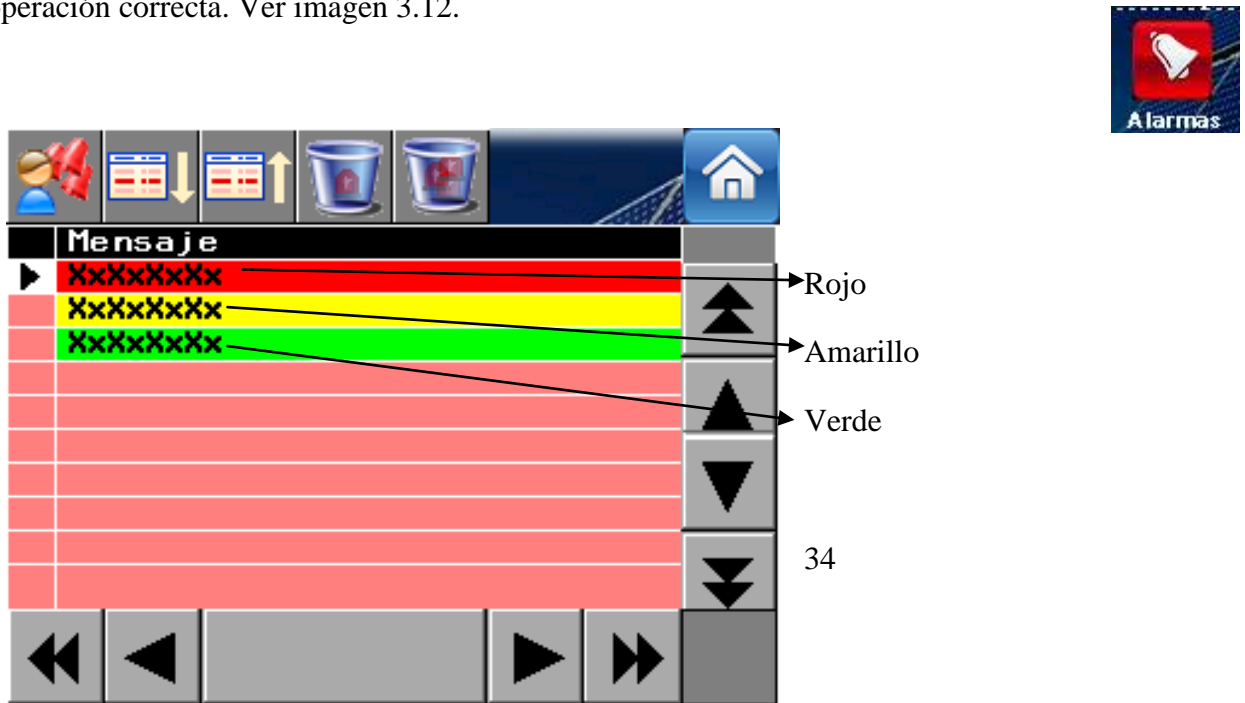


Imagen 3.12 Submenú alarmas.

Dentro del submenú ajustes encontraremos la siguiente ventana, en la que se podrán cambiar los parámetros de funcionamiento del sistema. El cambio de estos valores deberá realizarse por personal capacitado. Los valores definidos para la correcta operación son los siguientes:

- Voltaje mínimo de baterías: 23.5 [V<sub>CD</sub>]
- Voltaje máximo de baterías: 28.2 [V<sub>CD</sub>]
- Temperatura mínima de baterías: 25°C
- Temperatura máxima de baterías: 40°C
- Nivel de combustible: 30 %. Ver imagen 3.13.



Imagen 3.13 Submenú ajustes.



Al presionar el submenú correspondiente a gráficas, ver imagen 3.14, encontraremos distintas ventanas, donde se ilustrarán mediante gráficas los siguientes parámetros:

- a) Voltaje de baterías ( $V_{CD}$ )
- b) Temperatura Baterías ( $^{\circ}C$ )
- c) Potencia Generada S.F. (W)
- d) Corriente Generada S. F. ( $A_{CD}$ )
- e) Corriente de Carga Batería. ( $A_{CD}$ )
- f) Nivel de Combustible (%)
- g) Potencia de Carga Bat. (W)

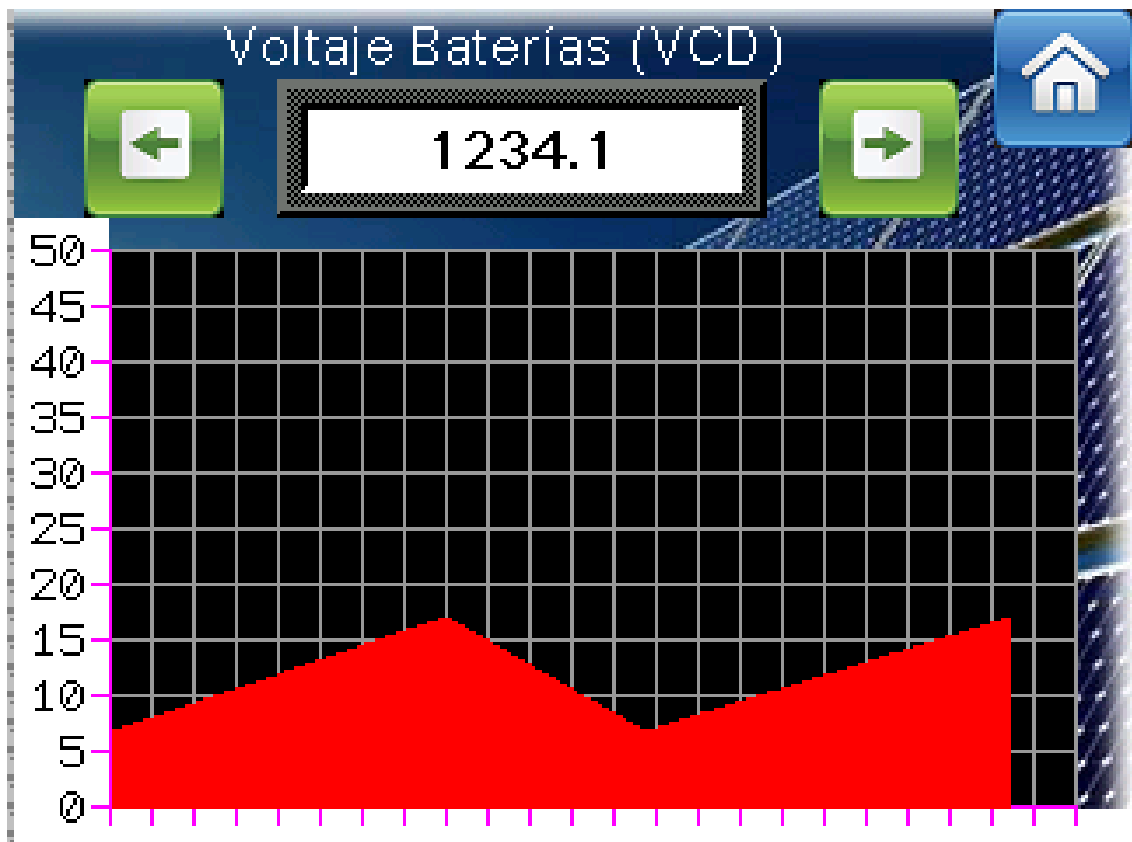


Imagen 3.14 Submenú gráficas.

Dentro del submenú histórico encontraremos la siguiente ventana, en la que se podrán visualizar las horas de trabajo de la planta así como cambiar el retardo de arranque de la misma para efectos de conteo y detección de la misma dentro del PLC.

Ver imagen 3.15.



Imagen 3.15 Submenú históricos.

Dentro del submenú Monitoreo tendremos una vista general del sistema fotovoltaico y sus componentes, también dentro de esta pantalla se podrán ver parámetros como el nivel de diesel, voltaje y corriente entregados por los inversores y potencia generada por el sistema solar. Estos valores se podrán hacer visibles en una ventana nueva al tocar cada uno de los bloques que compone el sistema fotovoltaico. Ver imagen 3.16.

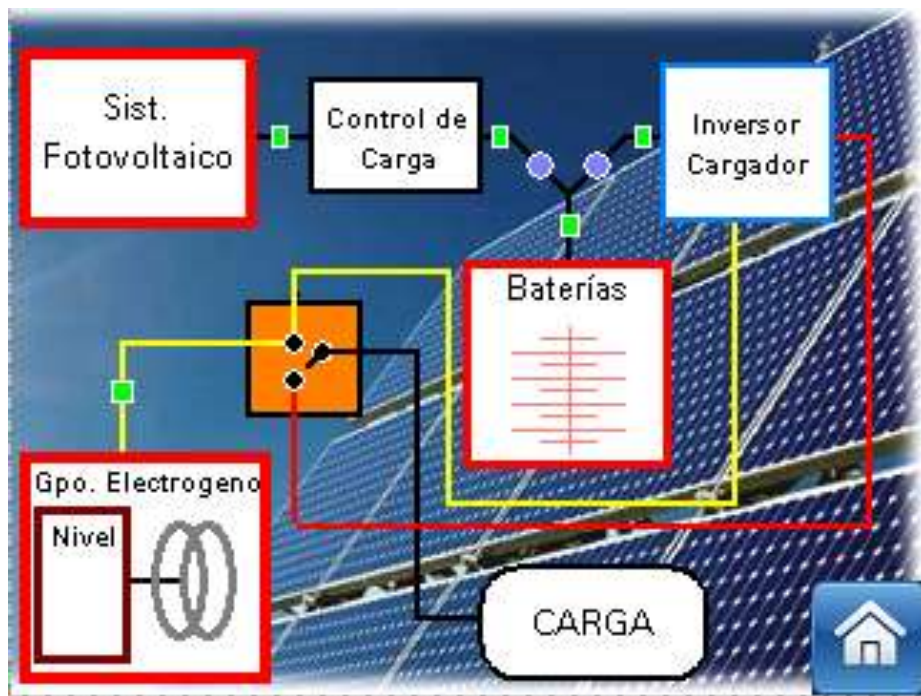


Imagen 3.16 Submenú monitoreo.

## Descargar datos del sistema

Mediante memoria USB

Extraer la memoria “USB” de la pantalla del sistema (pantalla Magelis) esta se encuentra en la parte posterior de misma, al insertar la memoria en el ordenador, copiar la carpeta existente en la memoria “USB”.

Instalar programa “Administrador de datos de vijeo designer”, este programa se encuentra dentro de la memoria insertada en la HMI en la carpeta de programas Vijeo Designer.

Una vez instalado seleccionar doble sobre el icono que muestra el escritorio. Ver imagen 3.17.



Imagen 3.17 Administrador datos Vijeo Designer.

Al mostrar la siguiente pantalla seleccionamos archivos locales y seleccionamos siguiente. Ver imagen 3.18.



Imagen 3.18 Administrador Vijeo Designer.

Seleccionar en la siguiente pantalla “convertir archivos” y continuar con siguiente. Ver imagen 3.19.

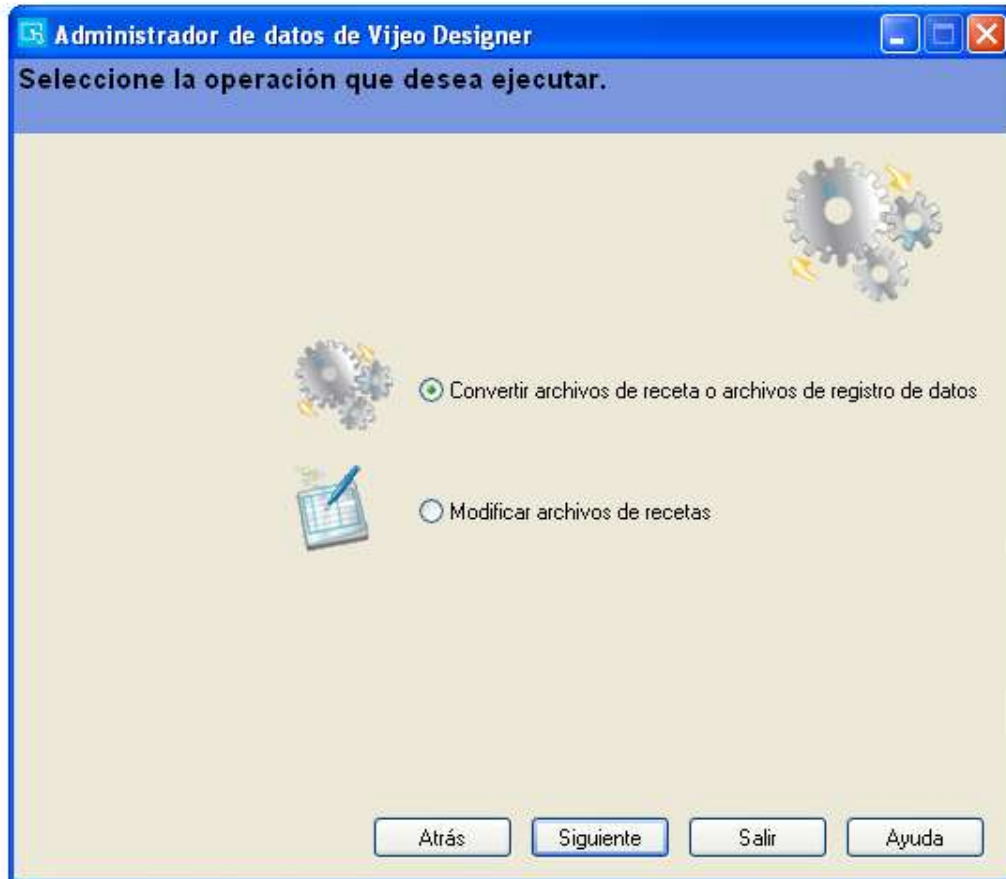


Imagen 3.19 Convertir registro de datos.

Al mostrar la siguiente pantalla seleccionamos “registrando datos” además de dar la dirección de la carpeta de ingreso así como la carpeta donde se guardarán los archivos de históricos del sistema. Ver imagen 3.20.

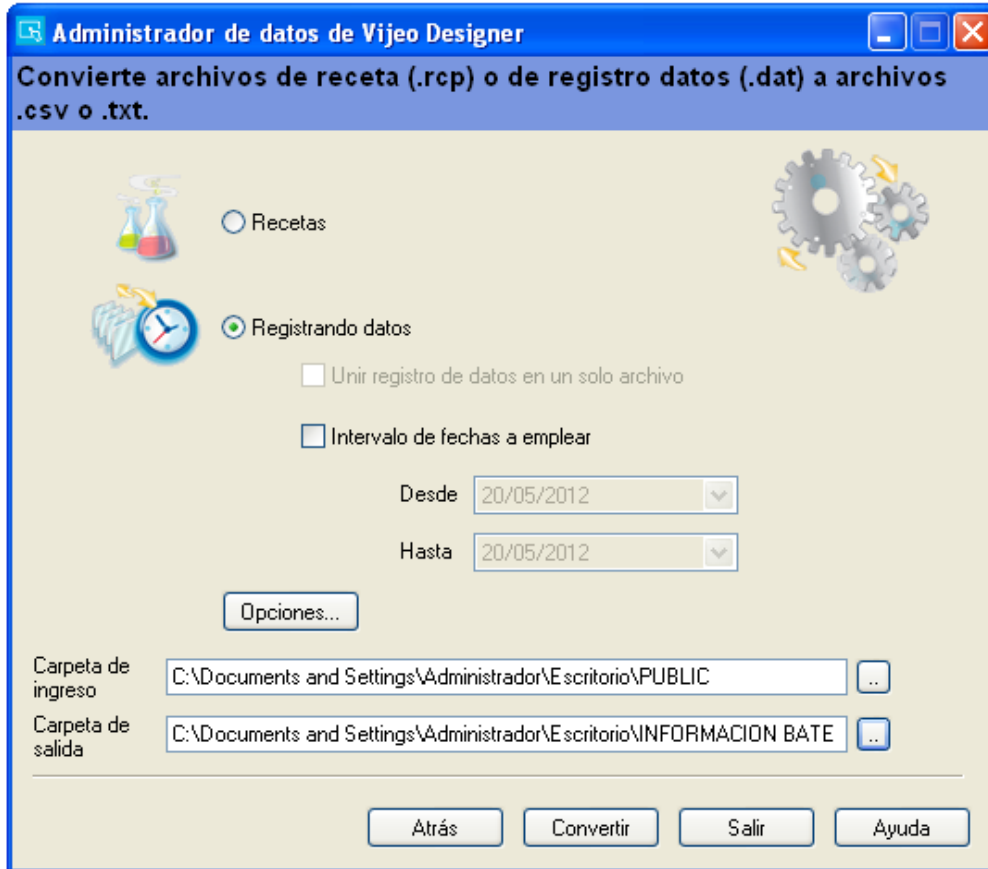


Imagen 3.20 Seleccionar carpeta de ingreso y registro de datos.

Seleccionamos la opción de “convertir” donde nos muestra la siguiente ventana la cual nos indica que se está aplicando la descarga de datos. Ver imagen 3.21.

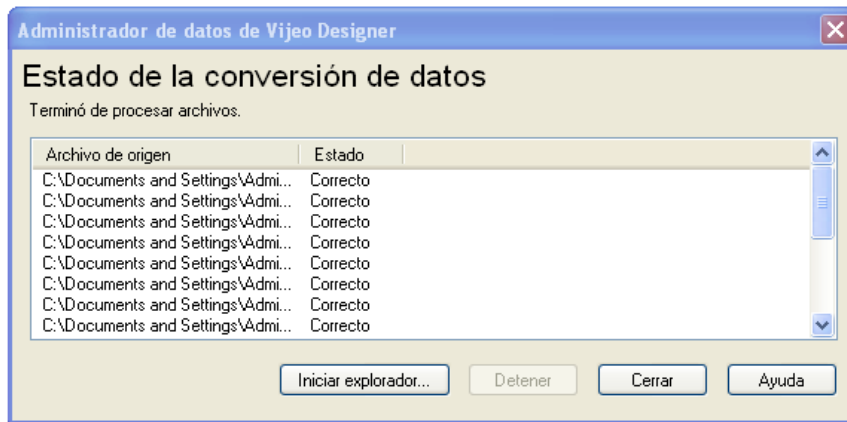


Imagen 3.21 Conversión de datos en el ordenador.

Una vez terminado el proceso seleccionamos la opción de cerrar y proceder a la revisión de la carpeta creada en la ubicación anteriormente seleccionada. Ver imagen 3.22.

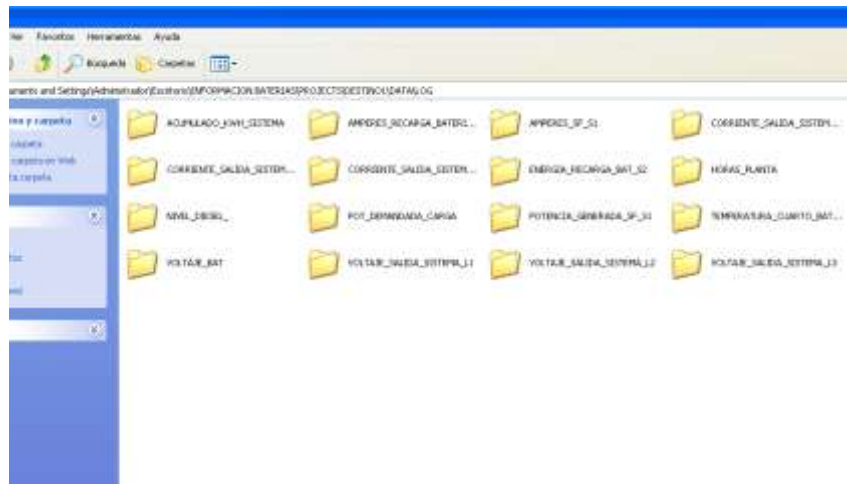


Imagen 3.22 Carpeta de datos en ordenador.

Esta carpeta genera varias subcarpetas dentro de las cuales se muestran las variables almacenadas. Los archivos que se generan, tienen la extensión “csv”, estos archivos pueden ser abiertos desde Excel, la información que aparecerá se ejemplifica en la imagen 3.23.

	A	B	C
1016	08/11/10	08:20:00,280,1	
1017	08/11/10	09:00:00,273,1	
1018	08/11/10	09:10:00,268,1	
1019	08/11/10	09:30:00,279,1	
1020	08/11/10	09:40:00,280,1	
1021	08/11/10	09:50:00,275,1	
1022	08/11/10	10:10:00,265,1	
1023	08/11/10	10:20:00,276,1	
1024	08/11/10	10:30:00,275,1	
1025	08/11/10	10:40:00,279,1	
1026	08/11/10	11:10:00,278,1	
1027	08/11/10	11:40:00,279,1	
1028	08/11/10	11:50:00,271,1	
1029	08/11/10	12:20:00,279,1	
1030	08/11/10	12:40:00,267,1	
1031	08/11/10	12:50:00,278,1	
1032	08/11/10	13:10:00,277,1	
1033	08/11/10	13:20:00,275,1	
1034	08/11/10	13:30:00,278,1	
1035	08/11/10	13:40:00,280,1	

Imagen 3.23 Datos formato CSV.

Los datos en la imagen representan, como ejemplo, el voltaje del banco de baterías que se ha registrado en diferentes eventos, los campos se deben identificar de la siguiente manera:

- Fecha
- Hora
- Minutos
- Segundos
- Valor de la variable
- Número de la variable

El tratamiento de la información obtenida se realiza utilizando programas que acepten formatos CSV, por ejemplo Excel. Lo cual facilita al usuario la administración de históricos de funcionamiento del sistema de generación dual de energía eléctrica.



## Mediante puerto Ethernet

Para llevar a cabo la descarga de históricos almacenados en la HMI hacia un ordenador, se tiene una segunda opción, descarga mediante puerto Ethernet.

Es necesario tener instalado el programa “Administrador de datos de Vijeo Designer”, y contar con puerto de red. Ver imagen 3.24.

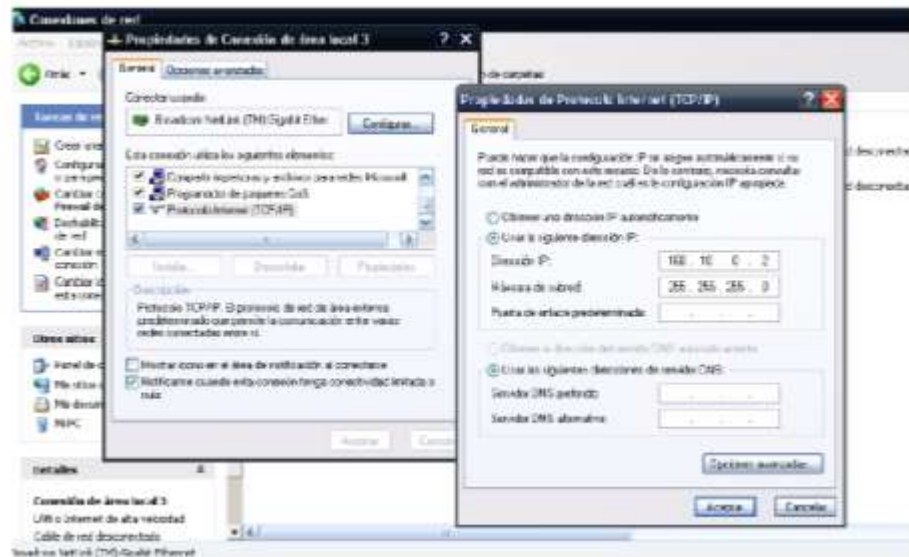


Imagen 3.24 Configuración Ethernet.

Posteriormente se conecta el cable en el puerto Ethernet ubicado en la parte inferior de la pantalla Magelis.

Se ejecuta el programa “Administrador de datos de Vijeo Designer”, y se configura el destino con los datos registrados en la HMI. Ver imagen 3.25.



Imagen 3.25 Configuración destino de descarga.

## Capítulo 4. Monitoreo remoto

Las posibilidades en comunicación actualmente permiten controlar y supervisar sistemas de control de manera remota, la tecnología celular y de internet móvil lo facilitan.

El enlace puede realizarse en una red local, o red remota.

Para llevar a cabo el enlace entre el ordenador y el sistema de control, es necesario instalar un programa del ambiente de la interfaz, en este caso llamado WebGate de la plataforma Vijeo Designer. Ya instalado el programa podemos descargar los históricos del sistema. Ver Imagen 4.1.

Seleccionar el icono Config. HMI



Imagen 4.1 Pantalla usuario.

En la página de servicio de la HMI, seleccionar el icono red y al abrir marcar la pestaña con el texto Web Gate. Ver imagen 4.2.

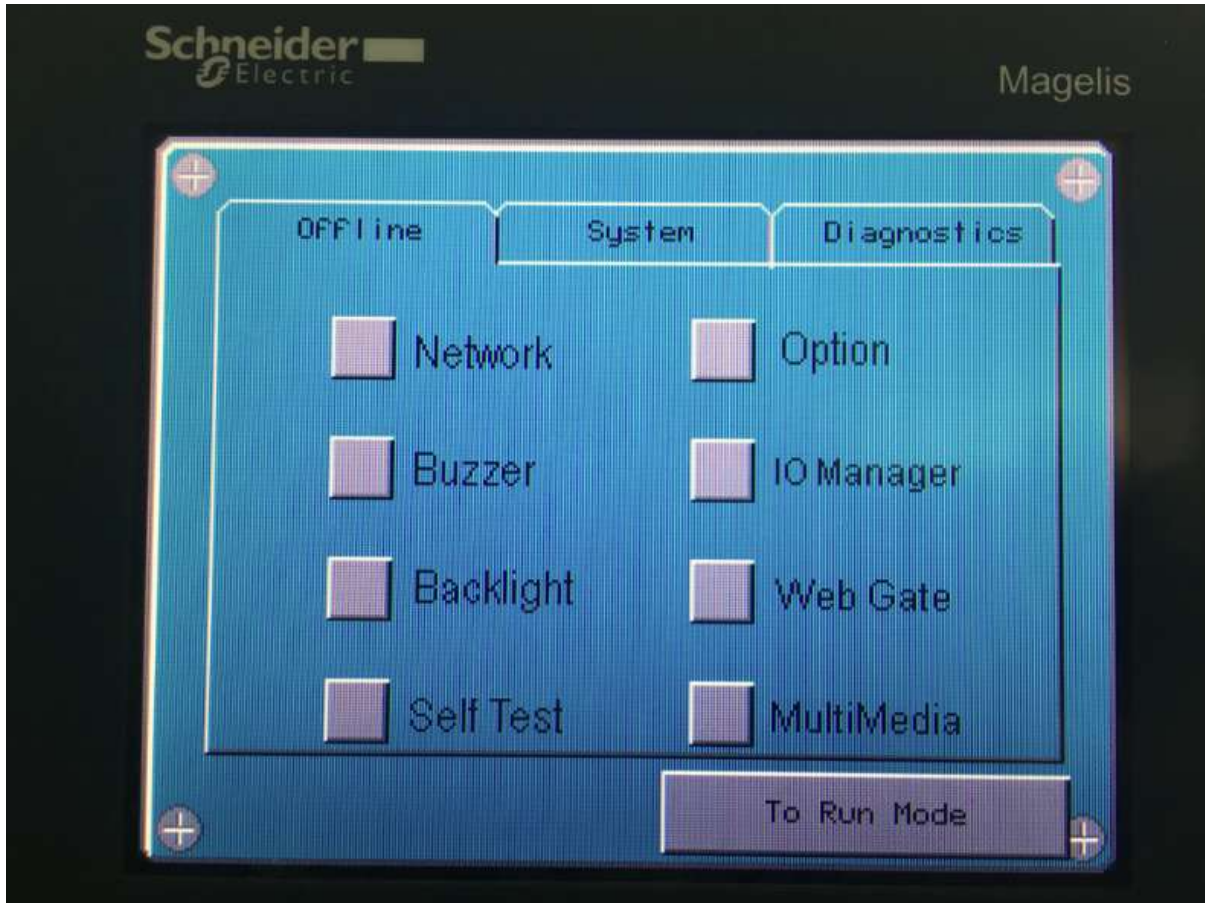


Imagen 4.2 Seleccionar Web Gate.

Asignar direcciones conforme a red disponible, el presente ejemplo nos muestra una red pública con dirección 89.131.88.145, esta dependerá del sitio de enlace por el proveedor de internet. El direccionamiento de la red local debe de seguir los parámetros ejemplificados para facilitar la puesta en marcha del sistema de monitoreo remoto. Ver imagen 4.3.

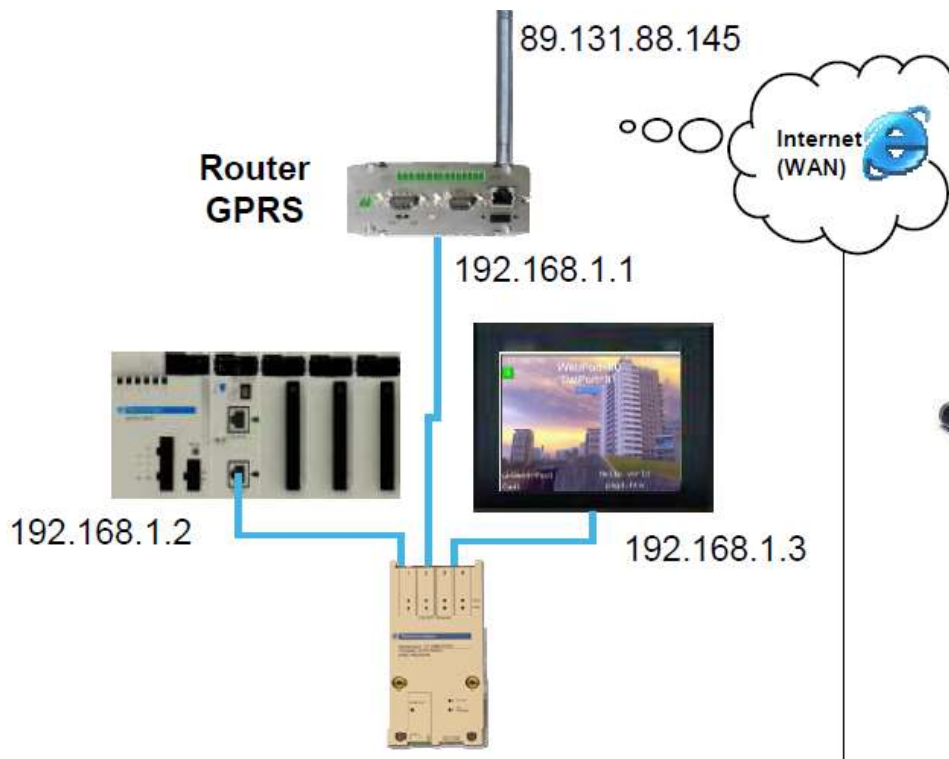


Imagen 4.3 Asignar direcciones Ethernet.

En el caso de la HMI, asignar la dirección 192.168.1.3

Mascara de red 255.255.248.0

Pasarela 192.168.1.1

Ver imagen 4.4.

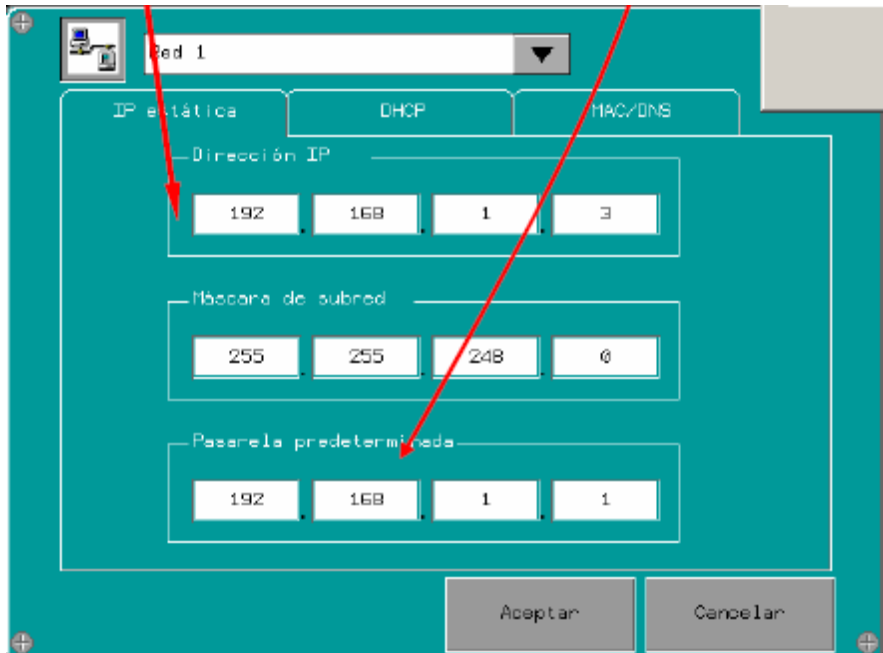


Imagen 4.4 Asignación en HMI.

Una vez asignada la dirección en la red de la pantalla, se puede realizar el enlace mediante el programa Webgate. Es importante que el ruteador se configure con apertura del puerto 80 para gráficos y 6000 para datos, pues el no realizarlo bloqueara el enlace y aunque se tenga el acceso no será visible parámetro alguno de las páginas de la HMI.

## Configuración de aplicación

Instalar en el ordenador la aplicación WEB GATE. Ver imagen 4.5.

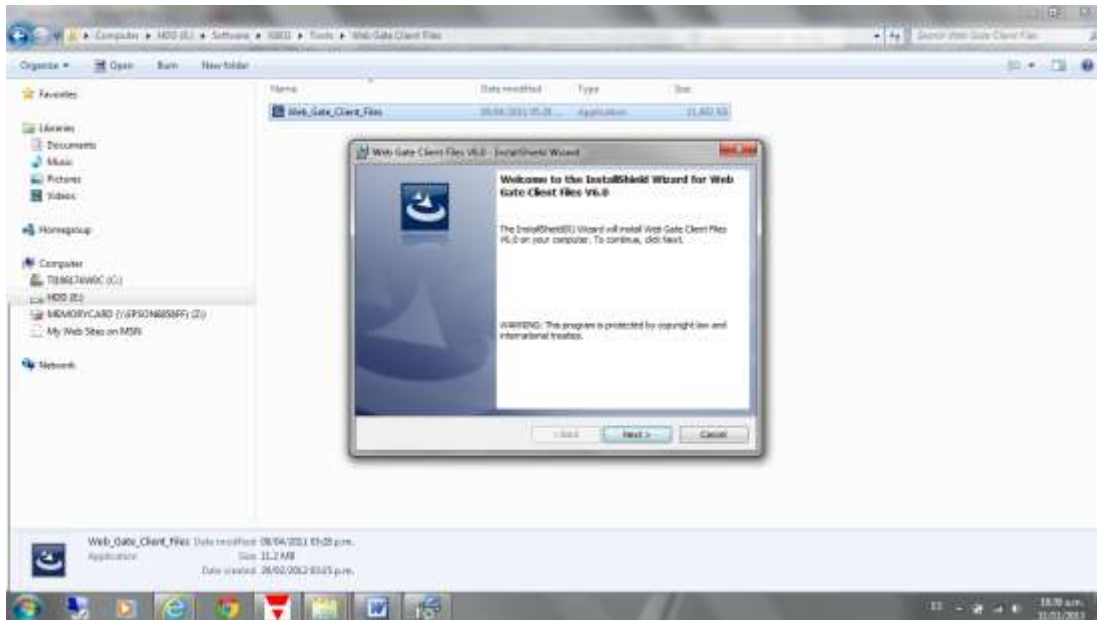


Imagen 4.5 Página de instalación WEB GATE.

Al estar instalada la aplicación WEB GATE, ingresar la dirección para acceder a la página remota y se obtendrá nuevamente la pagina de usuario. Ver imagen 4.6.



Imagen 4.6 Página inicial usuario.

## Capítulo 5. Funcionamiento general del sistema de control dual

El funcionamiento del sistema dual, utiliza el sistema fotovoltaico como proveedor principal de la energía eléctrica para el funcionamiento de la radiobase, el sistema de generación Diesel provee la energía eléctrica cuando el sistema fotovoltaico no alcanza los niveles de radiación solar mínima suficiente y la carga de las baterías se ha agotado. Al estar en operación el sistema Diesel se realiza adicionalmente la función de cargar el banco de baterías y al alcanzar nuevamente la carga adecuada en las baterías, se conmuta el suministro eléctrico al sistema fotovoltaico. Ver imagen 5.1.

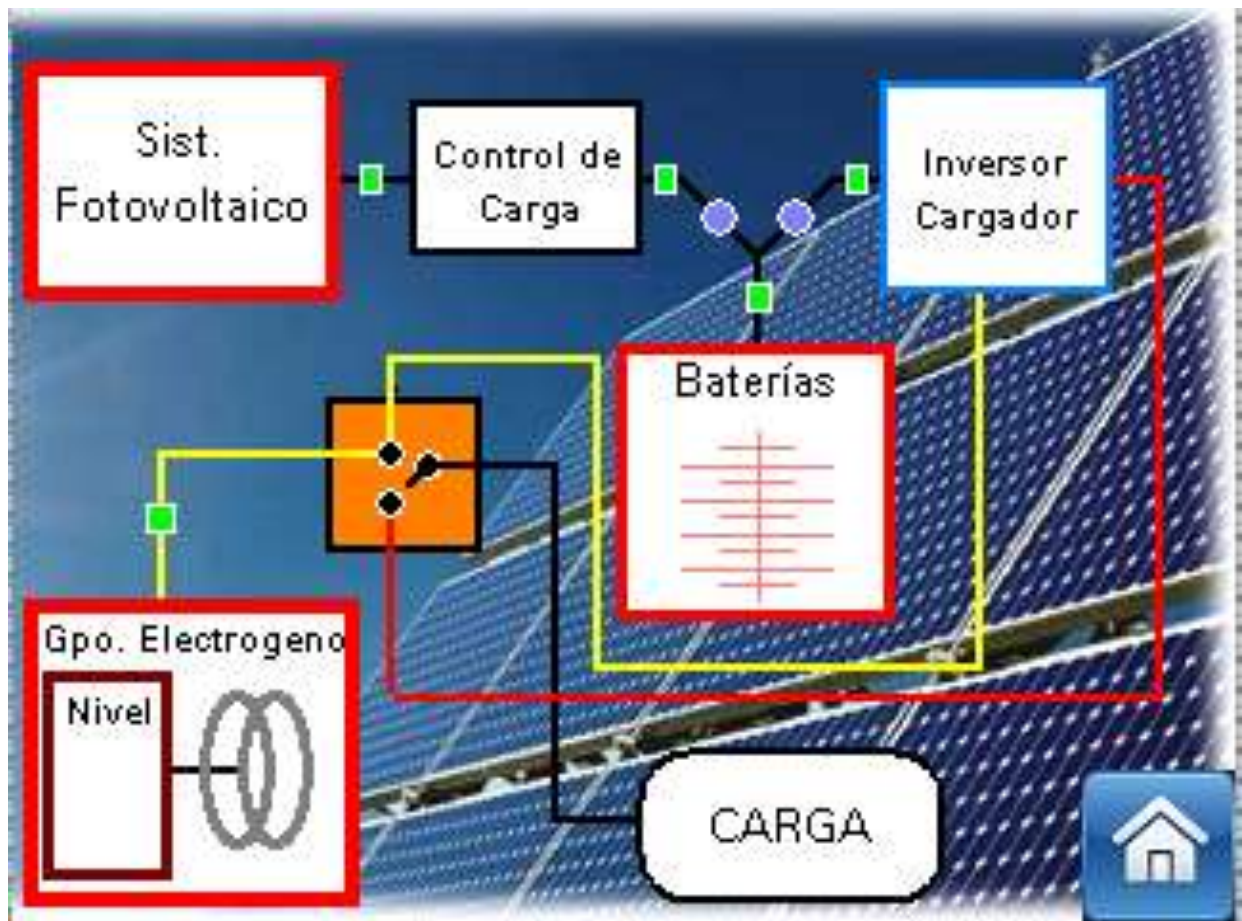


Imagen 5.1 Página usuario vista general de estado del sistema de control.



El sistema fotoeléctrico tiene en el arreglo controlador- inversor Outback, los valores de operación y las protecciones conforme a los paneles instalados así como a la cantidad de baterías utilizadas en el respaldo de operación de la radiobase.

El sistema fotovoltaico y el sistema Diesel funcionan conforme a las condiciones eléctricas presentes en el sitio y basándose en la lógica programada en el controlador lógico programable, pues es en el PLC, donde se ha descargado el programa que cumple la secuencia del sistema a operar.

El ajuste de parámetros de control en la operación del sistema son realizables mediante la pantalla táctil configurada y programada para que al estar en comunicación mediante el protocolo Modbus con el PLC se adecuen los valores de ajuste solicitados por el usuario en el momento que lo requiera, esto es de gran ayuda al usuario para no tener que acudir al programador del sistema, pues la pantalla le permite realizar el ajuste con la misma facilidad que se realiza una llamada telefónica desde un teléfono celular.

La pantalla táctil permite al usuario visualizar en una sola página el estado general del sistema y tener así una guía visual de cada sección para realizar la acción preventiva o correctiva que sea necesaria.

## Conclusiones

El proyecto inicial para disponer de energía eléctrica para operar una radiobase en un lugar remoto aislado, donde el suministro eléctrico de CFE no está disponible, se puede realizar de forma eficiente al usar la tecnología de sistemas de generación eléctrica a partir de combustible fósil y por otro lado usar los sistemas de generación eléctrica a partir de iluminación solar.

El unir ambas posibilidades de generación eléctrica fue posible utilizando un controlador lógico programable que realiza las funciones de un operador humano en el sitio donde la radiobase se ubica.

Las visitas de supervisión a la radiobase se optimizan al tener la posibilidad de supervisión remota usando las ventajas de la tecnología y liberando tiempo a los responsables del mantenimiento de las radio bases para actividades de servicio estrictamente necesarias.

El campo de aplicación de este tipo de soluciones puede ser ampliado a múltiples actividades industriales comerciales y de servicios, el límite es la creatividad del ingeniero en el desarrollo del control necesario al requerimiento del usuario solicitante.

El uso de controladores lógicos programables, pantallas táctiles, equipos de medición, así como software de administración basado en plataformas WEB, incrementa notablemente su campo de aplicación y cada día se convierte en un indispensable para el profesional de los procesos de automatización y control en presentes y futuros desarrollos en México y en cualquier región del mundo.

## Bibliografía

- Cembranos Nistal, Florencio Jesús, “Automatismos Electricos, Neumáticos e Hidráulicos”, Thomson Paraninfo, 1999.
- Balcells, Josep, “Autómatas Programables”, Alfaomega, 1998.
- Enríquez Harper, Gilberto, “El ABC de la instrumentación en el control de procesos industriales”, Limusa, 2004.
- Castro Gil, Manuel Alonso, “Redes de comunicaciones industriales”, Universidad Nacional de Educación a Distancia, 2007.
- Álvarez Pulido, Manuel, “Controladores Lógicos”, Marcombo, 2004.
- Webb, John W, “Programmable Logic Controllers”, Prentice-Hall, 1995.
- Warnock, Ian G., “Programmable Controllers”, Prentice-Hall International, 1988.
- Bannister, B.R. y Whitehead, D.G., “Instrumentación, Transductores e Interfaz”, Addison-Wesley Iberoamericana, 1994.
- W. de Silva, Clarence, “Sensors and actuators”, CRC Press Taylor & Francis Group, 2007.
- Nelson, Vaughn, “Introduction to renewable energy” CRC Press, 2011.