



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN ELECTROMECAÁNICA

TEMA: *DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO DE MICROGENERACIÓN DISTRIBUIDA PARA ANÁLISIS DE FIABILIDAD Y SUSTENTABILIDAD EN EL SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN EL LABORATORIO DE ACCIONAMIENTOS ELÉCTRICOS.*

AUTORES: ANGEL RICARDO DAMACELA TOAZA
BRYAN ENRIQUE GUAMANGATE LAGLA

JUNIO, 2018





ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

GENERALIDADES:

OBJETIVO GENERAL

- Diseñar e implementar un módulo didáctico de microgeneración distribuida utilizando microgeneración fotovoltaica y térmica, para análisis de fiabilidad y sustentabilidad en el suministro de energía eléctrica en el laboratorio de Accionamientos Eléctricos.





OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diseñar un sistema de microgeneración fotovoltaica y térmica.
- Realizar la transferencia eléctrica entre los sistemas de microgeneración térmica y fotovoltaica para que el sistema sea autónomo.
- Implementar el módulo didáctico en el laboratorio de accionamientos.
- Determinar el funcionamiento del módulo de microgeneración distribuida.
- Obtener las curvas al momento de la transferencia para obtener la fiabilidad y sustentabilidad del sistema.





VARIABLES DE INVESTIGACIÓN

- **VARIABLE INDEPENDIENTE:** Diseño e Implementación de un módulo de microgeneración distribuida.
- **VARIABLE DEPENDIENTE:** Análisis de la fiabilidad y sustentabilidad del suministro de energía eléctrica.





MICROGENERACIÓN DISTRIBUIDA.

Generación distribuida es la utilización de pequeñas unidades instaladas, cercanas a la carga, pueden estar conectadas directamente al sistema de distribución eléctrico. La microgeneración distribuida puede ser empleada en sistemas de media y baja tensión.

La energía generada es consumida en el mismo lugar.





CARACTERÍSTICAS MICROGENERACIÓN DISTRIBUIDA

- Mejorar la fiabilidad y sustentabilidad del sistema eléctrico
- Reducir las pérdidas en la red eléctrica.
- Potencias reducidas
- Energías renovables





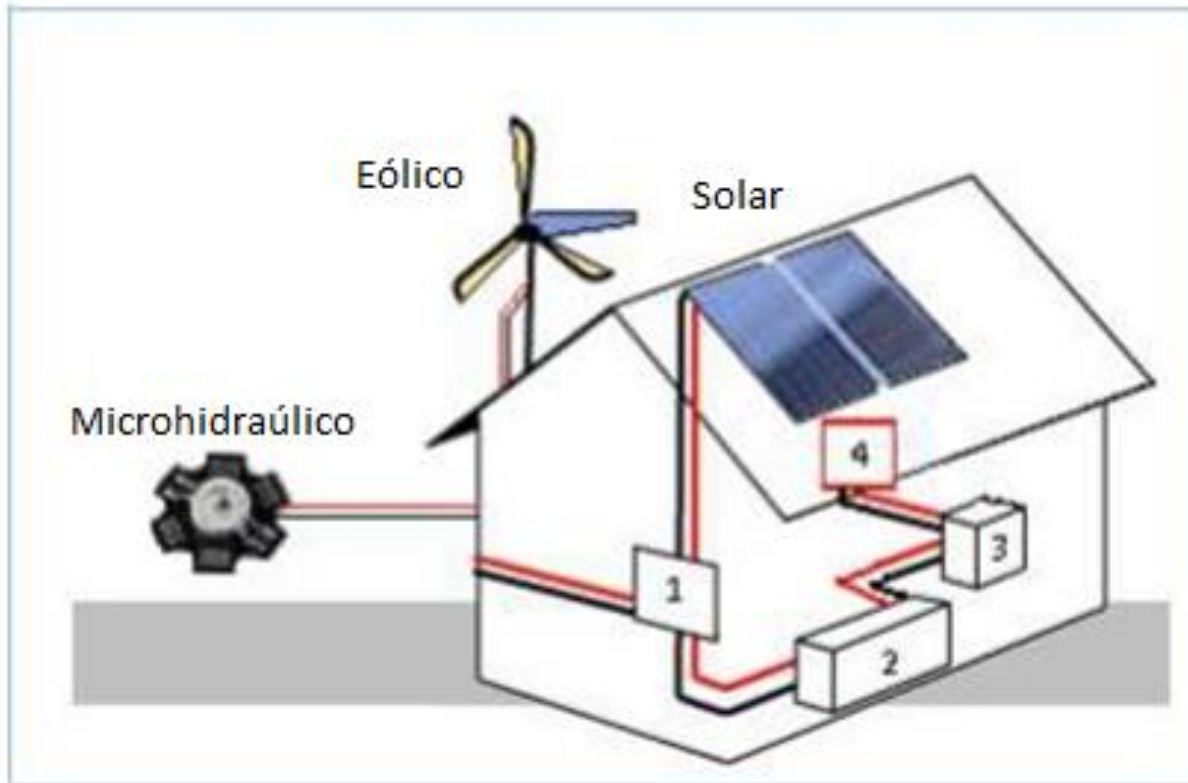
TIPOS DE MICROGENERACIÓN DISTRIBUIDA

- **SISTEMA AISLADO:** no requiere puntos de interconexión con la red principal y no hay manera de que esta sea transmitida a otro punto
- **SISTEMA CONECTADO A RED:** cuando no se está generando se puede utilizar energía de la red eléctrica





SISTEMA AISLADO

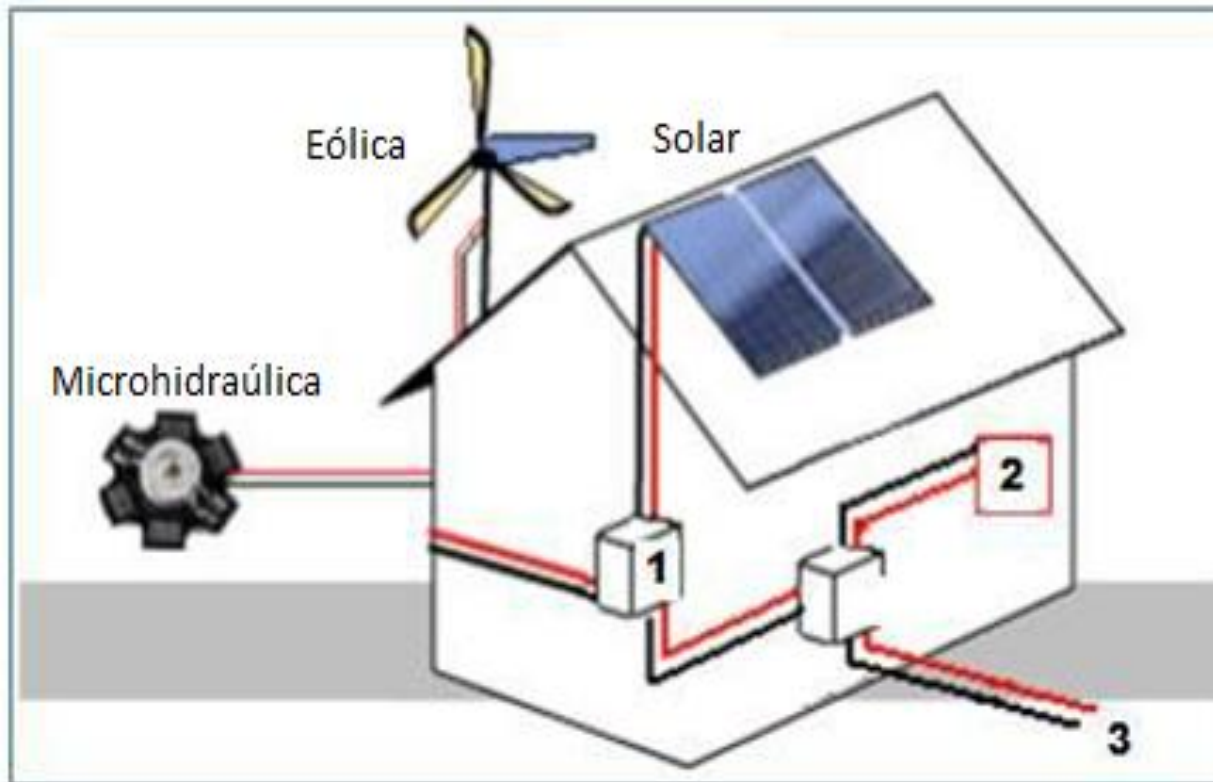


1. Controlador de carga
2. Banco de baterías
3. Inversor de corriente
4. Punto de consumo





SISTEMA CONECTADO A RED



1. Inversor de Corriente
2. Punto de Consumo
3. Red Eléctrica





MICROGENERACIÓN FOTOVOLTAICA

La energía solar fotovoltaica se considera una tecnología que permite la generación de corriente directa, por medio de conductores mediante la iluminación por un haz de fotones.

En general, un sistema de microgeneración fotovoltaica consta de: panel fotovoltaico, batería de acumulación, regulador de carga, inversor





ELEMENTOS DE LA MICROGENERACIÓN FOTOVOLTAICA





VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA MICROGENERACIÓN FOTOVOLTAICA

Ventajas	Desventajas
Limpia, renovable, infinita, silenciosa	Gran inversión inicial
Retribuida económicamente la producción para venta a red	Proceso de fabricación de módulos complejos
Subvenciones	No competitiva con otras energías en la actualidad
Sin partes móviles y modular	Producción variable según climatología y época del año





MICROGENERACIÓN TÉRMICA

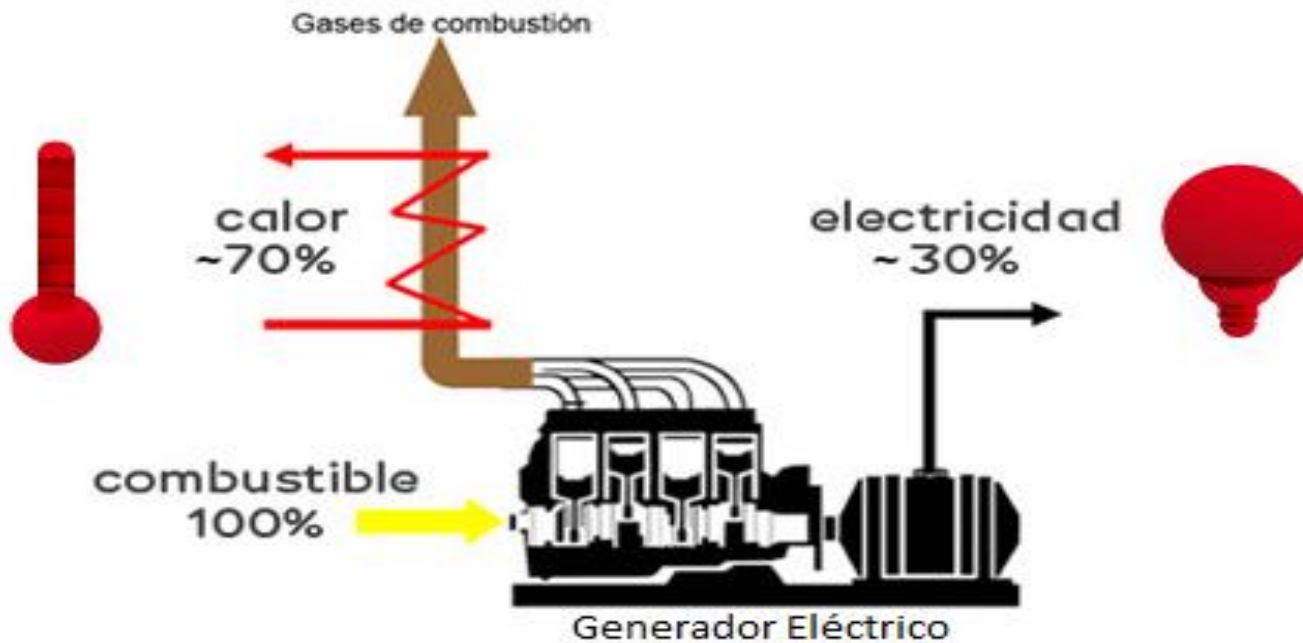
La microgeneración térmica es la producción de electricidad a partir de la combustión de combustible fósil ya sea diésel, oíl, o gas en un motor de combustión interna.

La microgeneración se trata de equipos de pequeña potencia (de menos de 10 kW). Este tipo de generación permite ahorros de hasta un 40 % de energía primaria, pues se reducen las pérdidas de energía en el transporte y distribución de electricidad.





ELEMENTOS DE LA MICROGENERACIÓN TERMICA





VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA MICROGENERACIÓN TERMICA

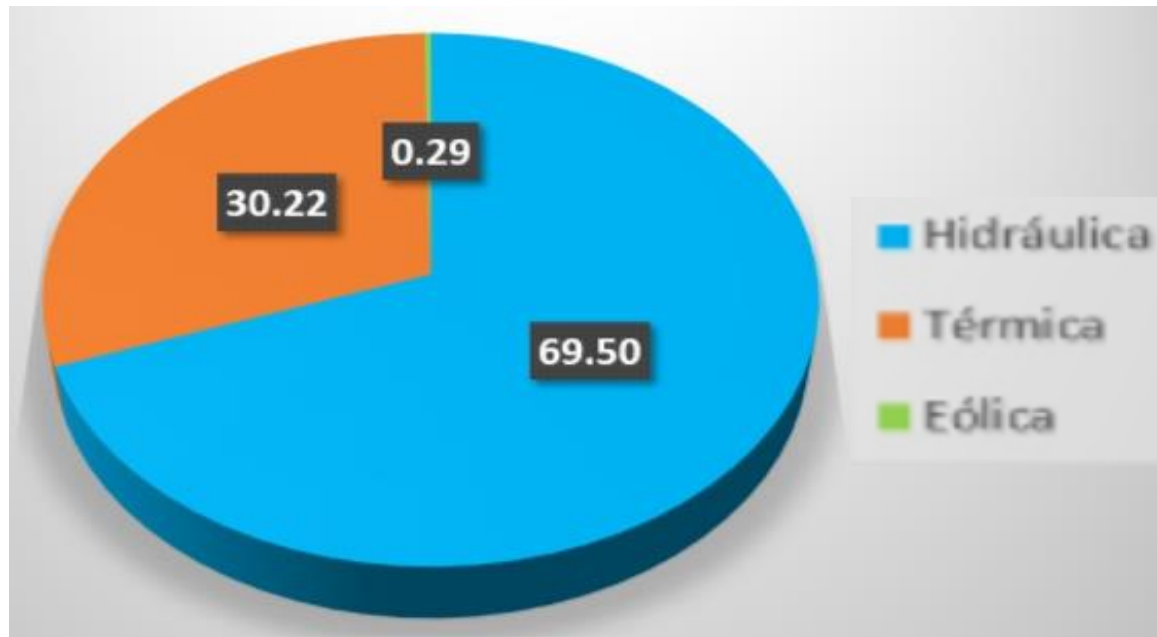
Ventajas	Desventajas
Permite auto abastecimiento eléctrico	Costo del Combustible
Ahorro Energético	Potencia instalada limitada
Alta eficiencia	Gases de Contaminación
Varios usos	Alto costo de contaminación





SUMINISTROS DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN ECUADOR

Para abastecer la capacidad instalada, el Ecuador consta de generación hidráulica, generación térmica y generación eólica, pero en un mínimo porcentaje





FIABILIDAD DEL SUMINISTRO ELÉCTRICO

La fiabilidad en un sistema de energía eléctrica se trata de satisfacer la demanda de electricidad con un mínimo coste posible y con una fiabilidad aceptable a largo plazo.

Para medir o cuantificar la fiabilidad de un sistema se analiza el funcionamiento de un sistema de energía eléctrico principalmente en la generación. Los aspectos más importantes con los que se puede analizar la fiabilidad son: número o frecuencia de fallos, duración de fallos, incidencia de fallos.





SUSTENTABILIDAD DE ENERGÍA ELÉCTRICA

La sustentabilidad puede ser considerada como planteamiento entre la sociedad y el medio ambiente, con la finalidad de que la generación sea perdurable a largo plazo y que se tenga responsabilidad en la misma y con generaciones futuras.

La energía sustentable es un elemento muy importante en la vida moderna y es indispensable implementar sistemas energéticos más sustentables para mejorar la calidad de vida a un mayor número de personas.





Hipótesis

Con el diseño e implementación de un módulo didáctico de microgeneración distribuida entre microgeneración fotovoltaica y microgeneración térmica se podrá analizar la fiabilidad y sustentabilidad del suministro eléctrico durante el funcionamiento del mismo.





Análisis de irradiación solar en el punto de implementación del módulo didáctico.

Recurso solar en el Ecuador.

Según los datos de la SENPLADES el recurso solar en el Ecuador tiene una media de 4575 Wh/m²/día, cuando el valor de irradiación supera los 4000 Wh/m²/día es considerado un recurso tecno-económicamente aprovechable.

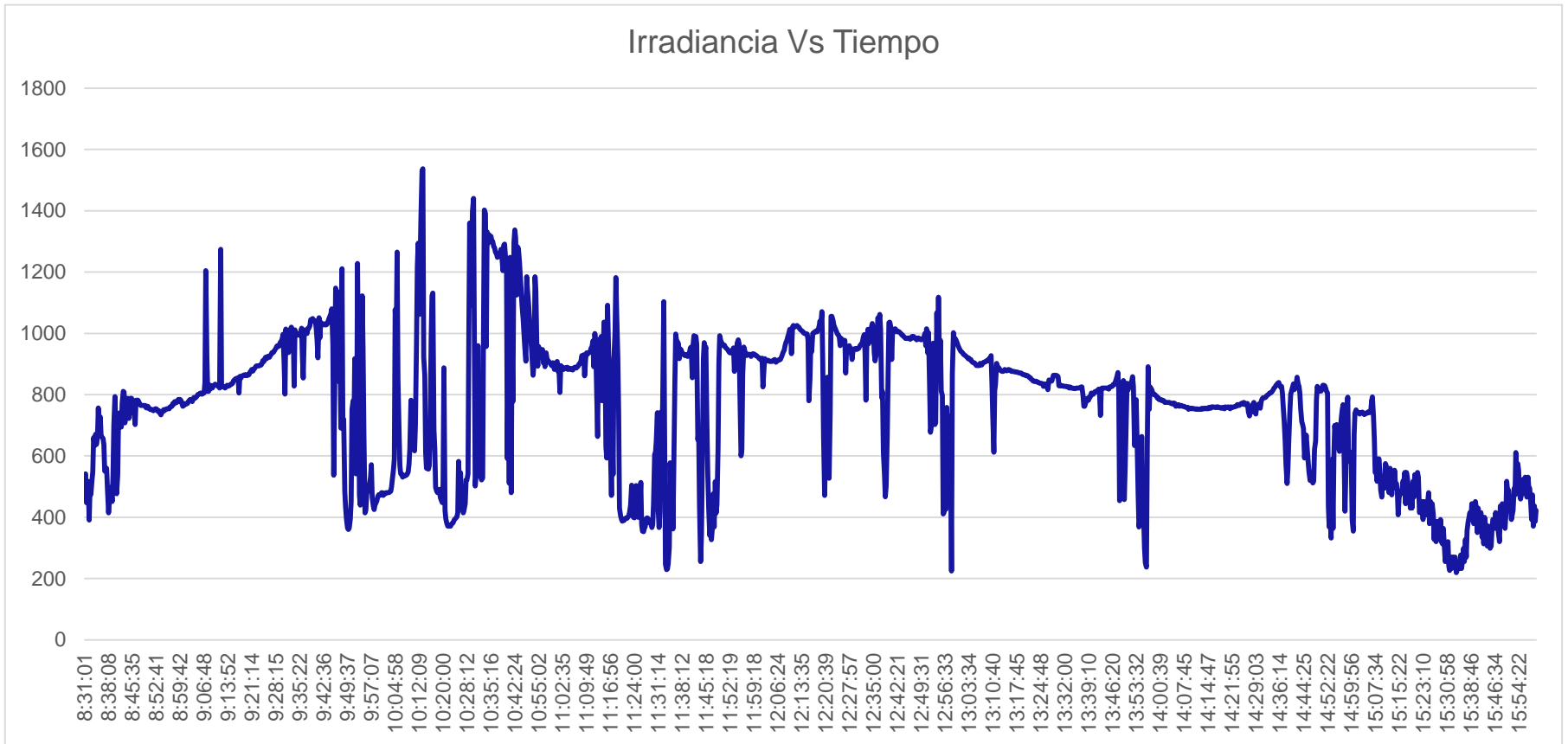
Irradiancia en el punto de implementación

Para el análisis de irradiación en el punto de implementación del módulo se tomaron los valores en un día en el mes de abril del 2018 desde las 8:30 hasta las 16:00





Irradiancia en el punto de implementación



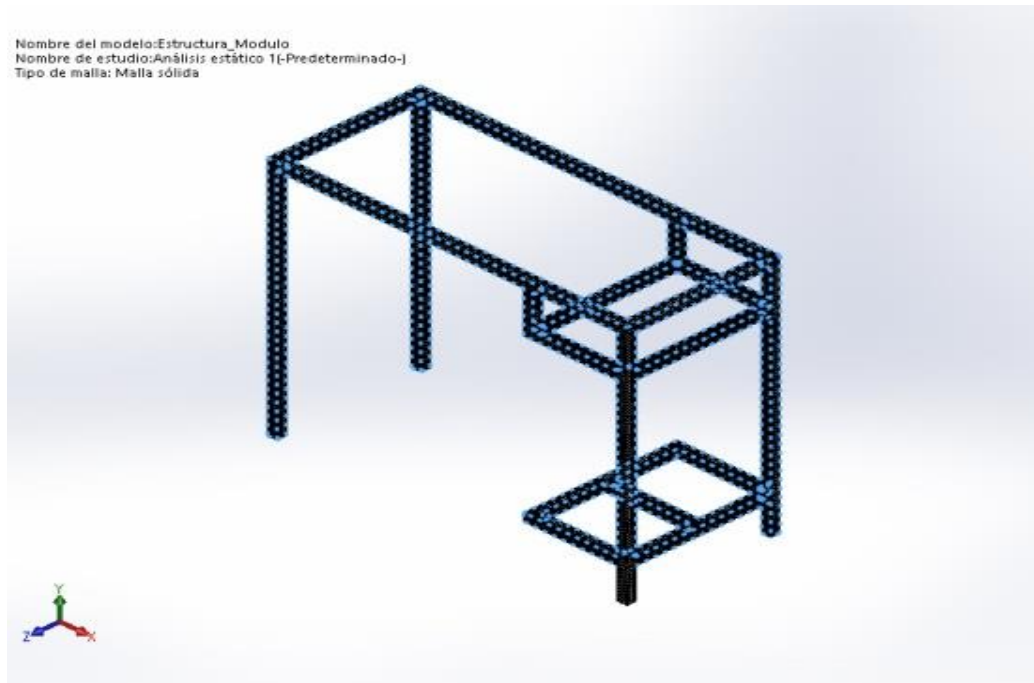


Irradiancia en el punto de implementación





DISEÑO ESTRUCTURAL DEL MÓDULO DIDÁCTICO





Diseño estructural del soporte de paneles solares





ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DETERMINACIÓN DE COMPONENTES DEL MÓDULO DIDÁCTICO





DETERMINACIÓN DE NÚMERO DE PANELES

- Energía Demandada

EQUIPO	POTENCIA (W)	TIEMPO (horas)	ENERGÍA (Wh)
LÁMPARA 1	60	1	60
LÁMPARA 2	60	1	60
LÁMPARA 3	60	1	60
LÁMPARA 4	20	2	40
DEMANDA TOTAL DE ENERGÍA			220





DETERMINACIÓN DE NÚMERO DE PANELES

- Paneles en serie.

$$N. \textit{panel} = 0.78 \cong 1 \textit{ panel en serie}$$

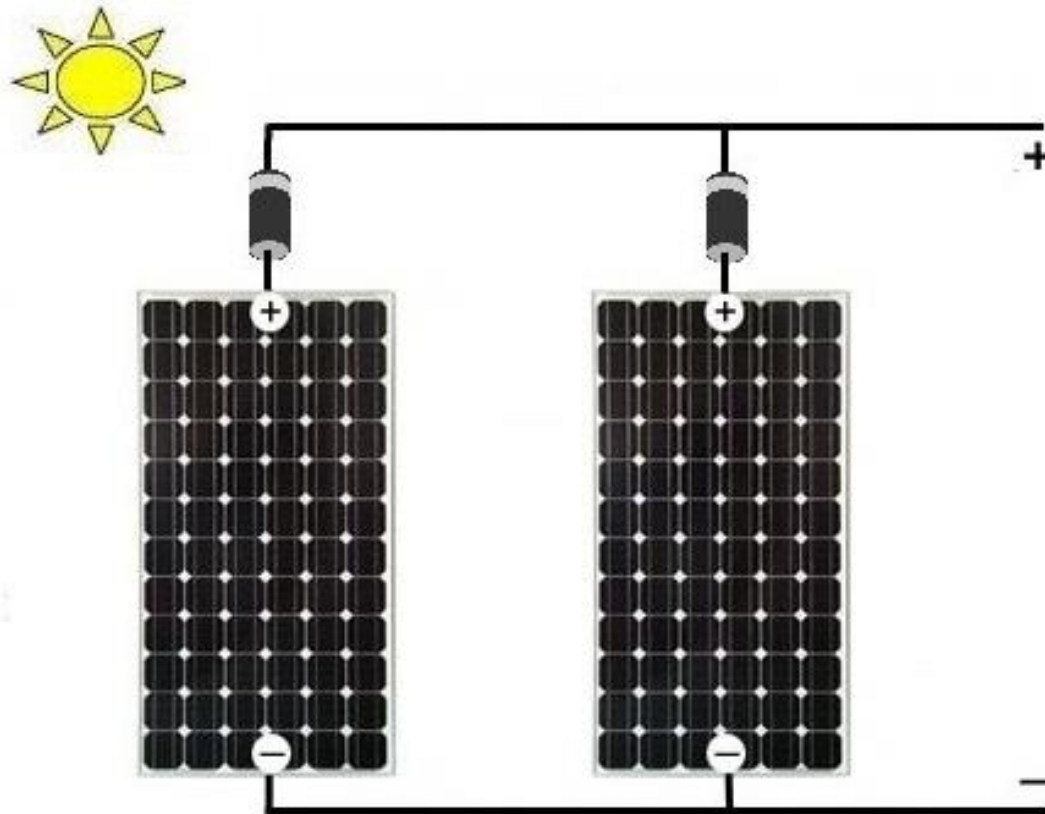
- Paneles en paralelo.

$$N_{PP} = 2 \textit{ paneles en paralelo}$$





DETERMINACIÓN DE NÚMERO DE PANELES



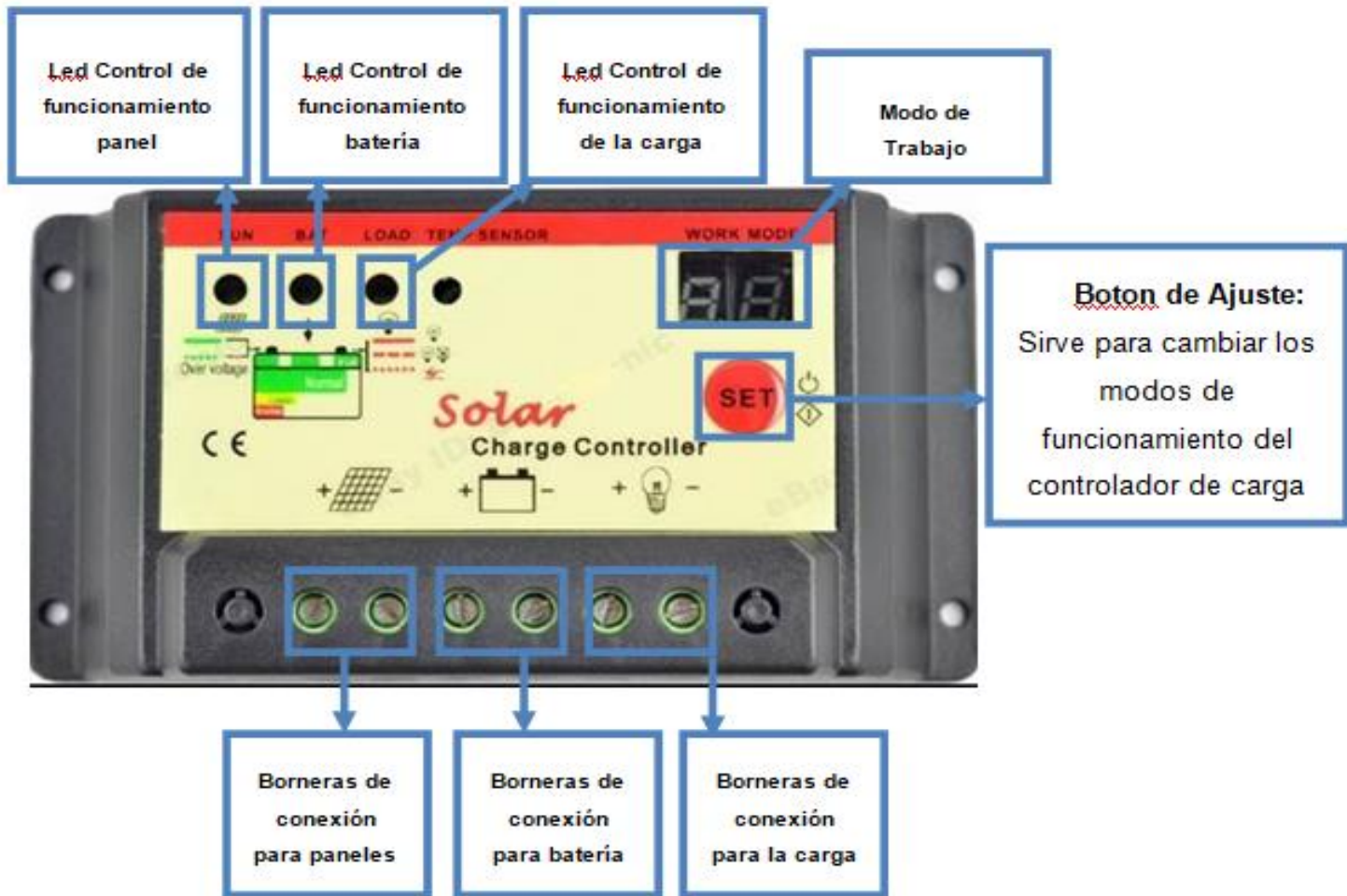


CONTROLADOR DE CARGA

El controlador de carga que se escogió para el módulo didáctico, fue a partir de los resultados que se obtuvieron en los cálculos del número de paneles solares siendo este dos en paralelo, ya con el panel escogido se sabe la corriente máxima y potencia con la que va a trabajar el sistema fotovoltaico



CONTROLADOR DE CARGA





CONTROLADOR DE CARGA

Solar Charge Controller	
Material	ABS
Corriente de carga Nominal	30 A
Corriente de carga	30 A
Voltaje del sistema	12 V/24 V
Funcionamiento	Automático
Modo de carga	PWM
Potencia	12 V-390W/ 24 V-780W
Dimensiones	13,3 cm. x 7,0 cm. x 3,2 cm.
Peso	108 gr.





GENERADOR ELÉCTRICO

El generador eléctrico es una pieza clave dentro del presente proyecto de investigación por lo que la elección del mismo tomo su tiempo teniendo en cuenta varios factores como precio, potencia, modo de arranque, protecciones, consumo de combustible



ARRANQUE AUTOMÁTICO

Para realizar el arranque y apagado automático se adaptó un pequeño mecanismo en el choque del generador que consta de un resorte, un eje, un acople que se adapta en el choque antes mencionado y un drain motor de lavadora que permite el movimiento del mecanismo, permitiendo el encendido automático





CONTROLADORES LÓGICOS UTILIZADOS

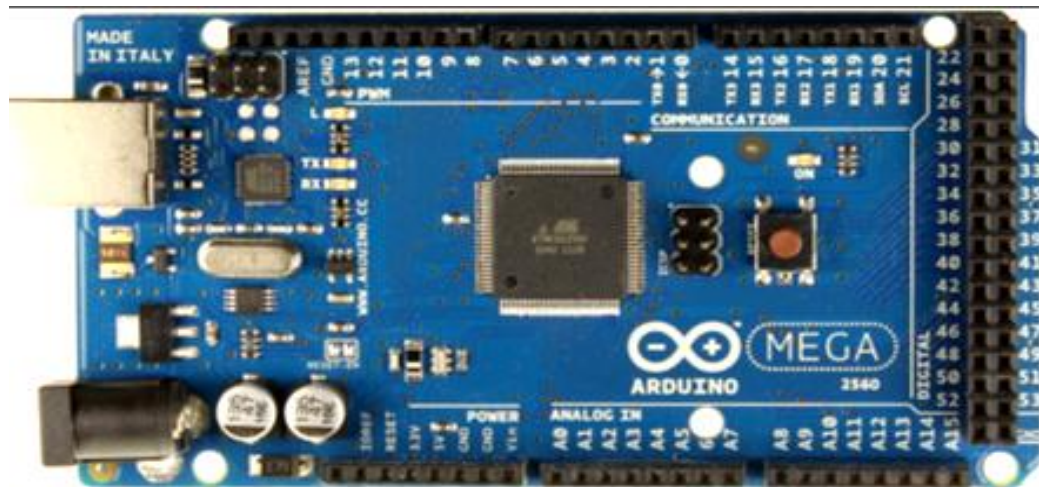
PLC LOGO: Es un módulo lógico, es decir, un controlador programable que permite que, sin intervención humana, las máquinas hagan un trabajo





CONTROLADORES LÓGICOS UTILIZADOS

ARDUINO MEGA: Arduino es una plataforma que utiliza un código abierto basada en hardware libre y software flexibles y fáciles de usar. Arduino se enfoca en facilitar la programación y el uso de elementos electrónicos.





SENSORES DE VOLTAJE

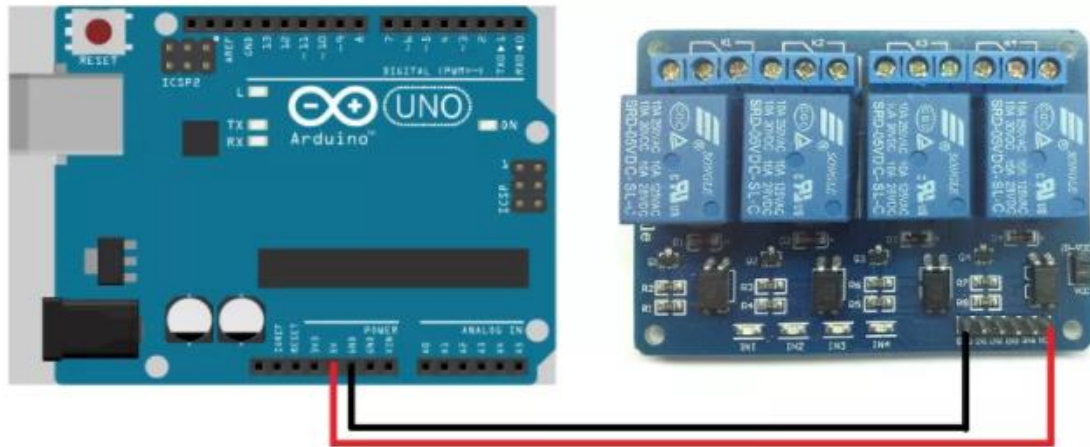
Este módulo es capaz de medir voltaje basándose en el principio de diseño de divisor de tensión resistivo. El voltaje de medición no es mayor a 5 veces el voltaje de entrada, para $5V = 25V$.





MÓDULOS DE RELÉS ARDUINO

Es un módulo de relevadores (relés) para conmutación de cargas de potencia. Los contactos de los relevadores están diseñados para conmutar cargas de hasta 10A y 250VAC (30VDC), aunque se recomienda usar niveles de tensión por debajo de estos límites





RELEVADORES 12V

En el proyecto de investigación los relevadores permiten el paso de voltaje en la entrada del inversor y la salida de la fuente de voltaje, que es el proceso principal dentro de la transferencia eléctrica.





PANTALLA HMI NEXTION

La pantalla Nextion es una de las nuevas actualizaciones ya que reemplaza el LCD tradicional y el tubo LED, tiene un único puerto serie para hacer la comunicación entre hombre-máquina.





Medidor Eastron SDM 230 MODBUS

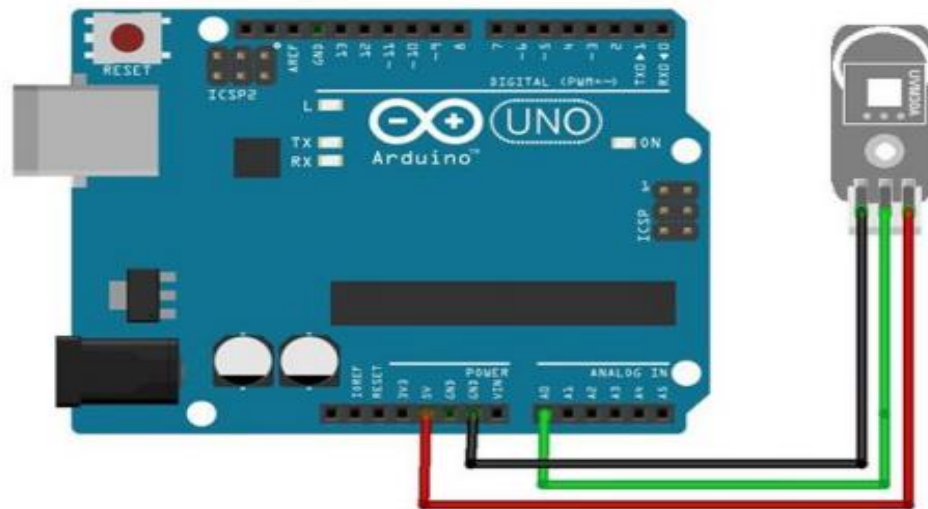
La unidad mide y muestra varios parámetros eléctricos importantes y proporciona un puerto de comunicación para lectura y monitoreo remoto. La medición de energía bidireccional hace que la unidad sea una buena opción para la medición de energía solar fotovoltaica.





MEDIDOR DE RAYOS UV ARDUINO

El sensor de rayos UV es usado para poder tener las mediciones de irradiación en tiempo real, con ayuda de un piranómetro se logró acondicionar el sensor y tener los valores requeridos y poder tener la gráfica de los mismos.





DISEÑO HMI

Todas las pantallas que se muestran en el HMI fueron diseñadas y programadas en el programa Nextion Editor, permitiendo visualizar el funcionamiento del módulo en tiempo real.



UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA
EXTENSIÓN LATACUNGA

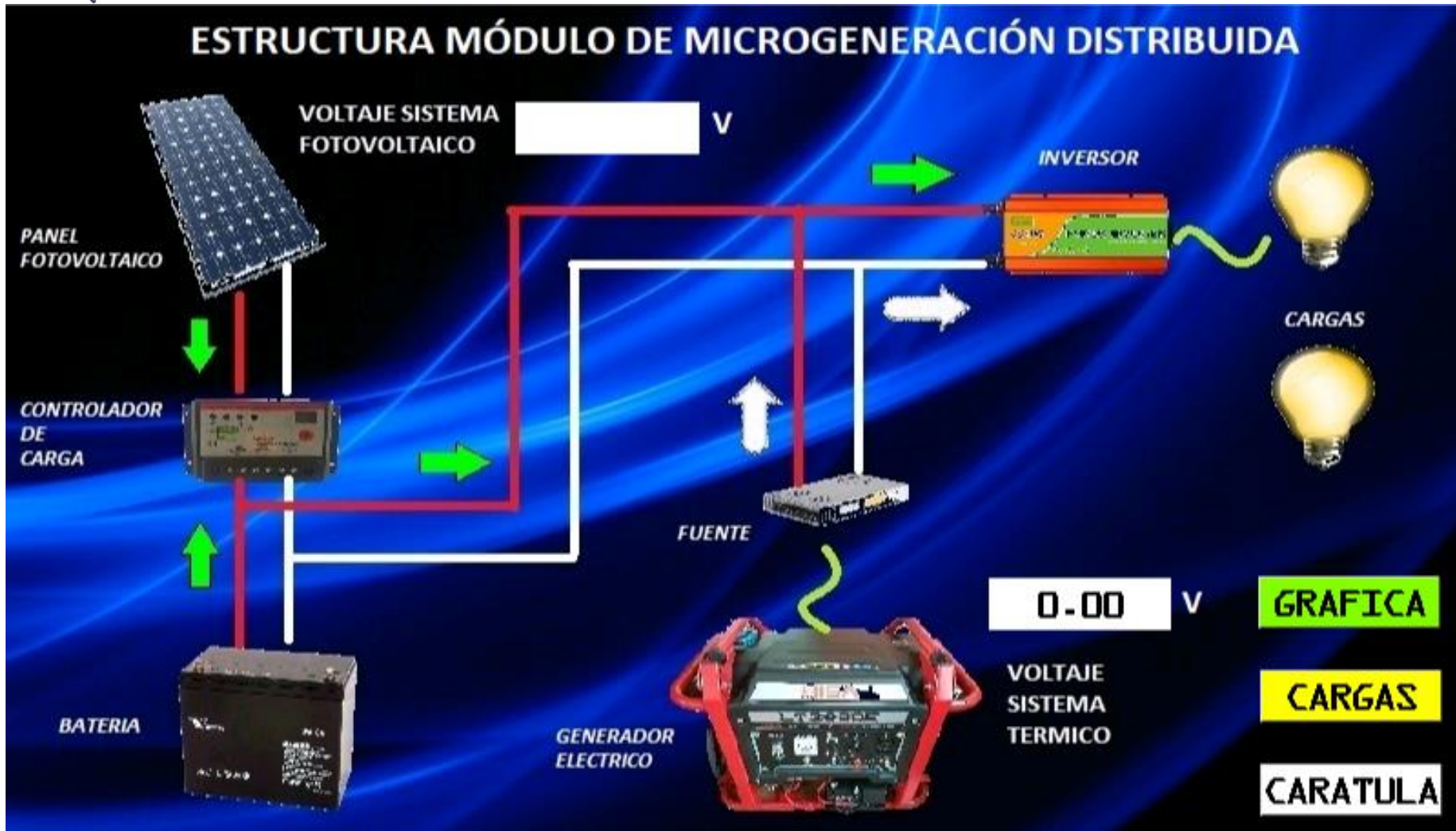
TEMA: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO DE MICROGENERACIÓN DISTRIBUIDA PARA ANÁLISIS DE FIABILIDAD Y SUSTENTABILIDAD EN EL SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN EL LABORATORIO DE ACCIONAMIENTOS ELÉCTRICOS.

AUTORES:
ANGEL RICARDO DAMACELA TOAZA
BRYAN ENRIQUE GUAMANGATE LAGLA

DIRECTOR:
ING. ALVARO MULLO

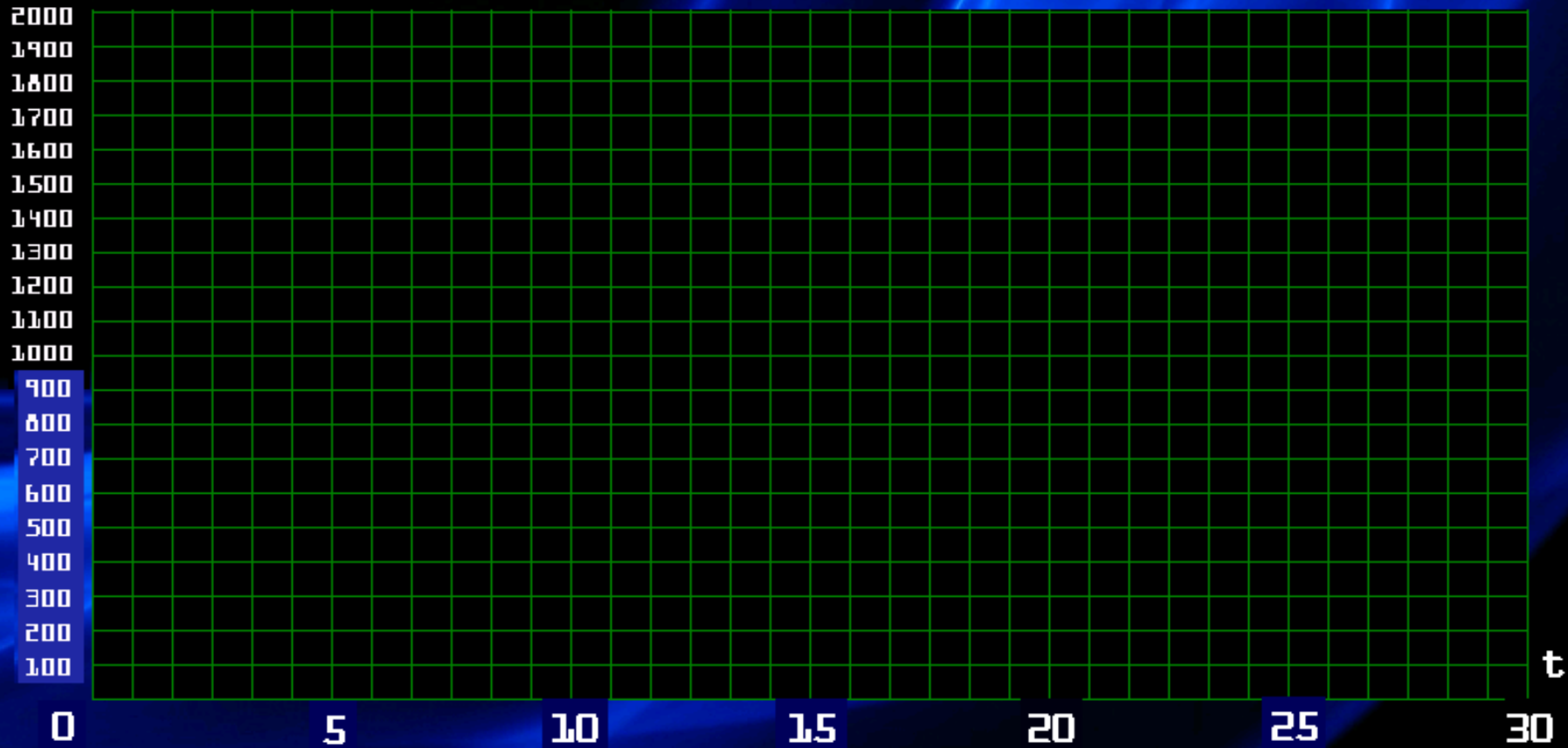


DISEÑO HMI



DISEÑO HMI

GRÁFICA IRRADIANCIA vs TIEMPO



IRRADIANCIA

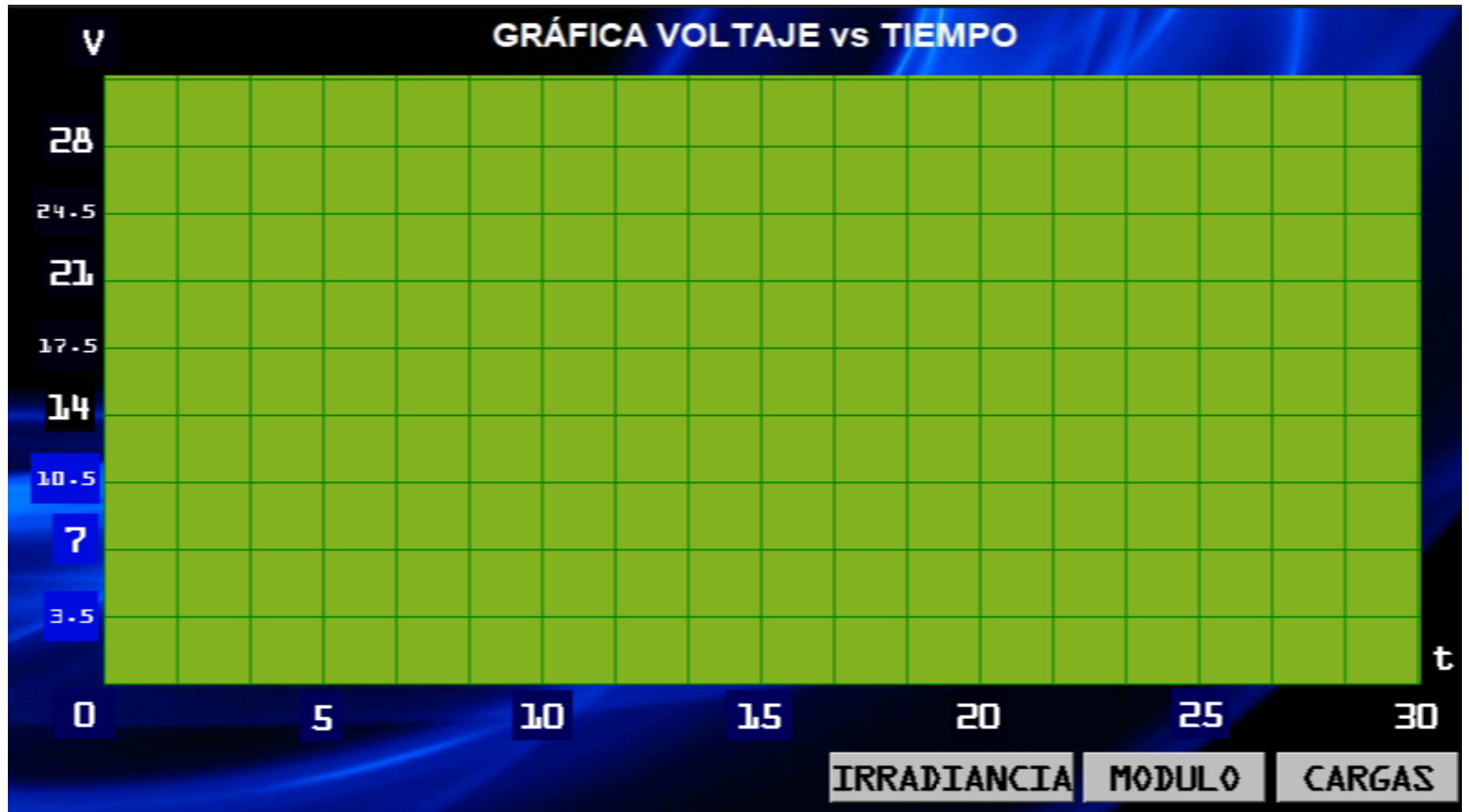
0

W/m²

VOLVER



DISEÑO HMI





DISEÑO HMI





DISEÑO FINAL DEL MODULO DIDACTICO

Con el diseño de la estructura del módulo didáctico previamente revisado mediante software y con los componentes ya seleccionados se procedió a construir el módulo teniendo como resultado final



DISEÑO FINAL DEL MODULO DIDACTICO





ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

PRUEBAS





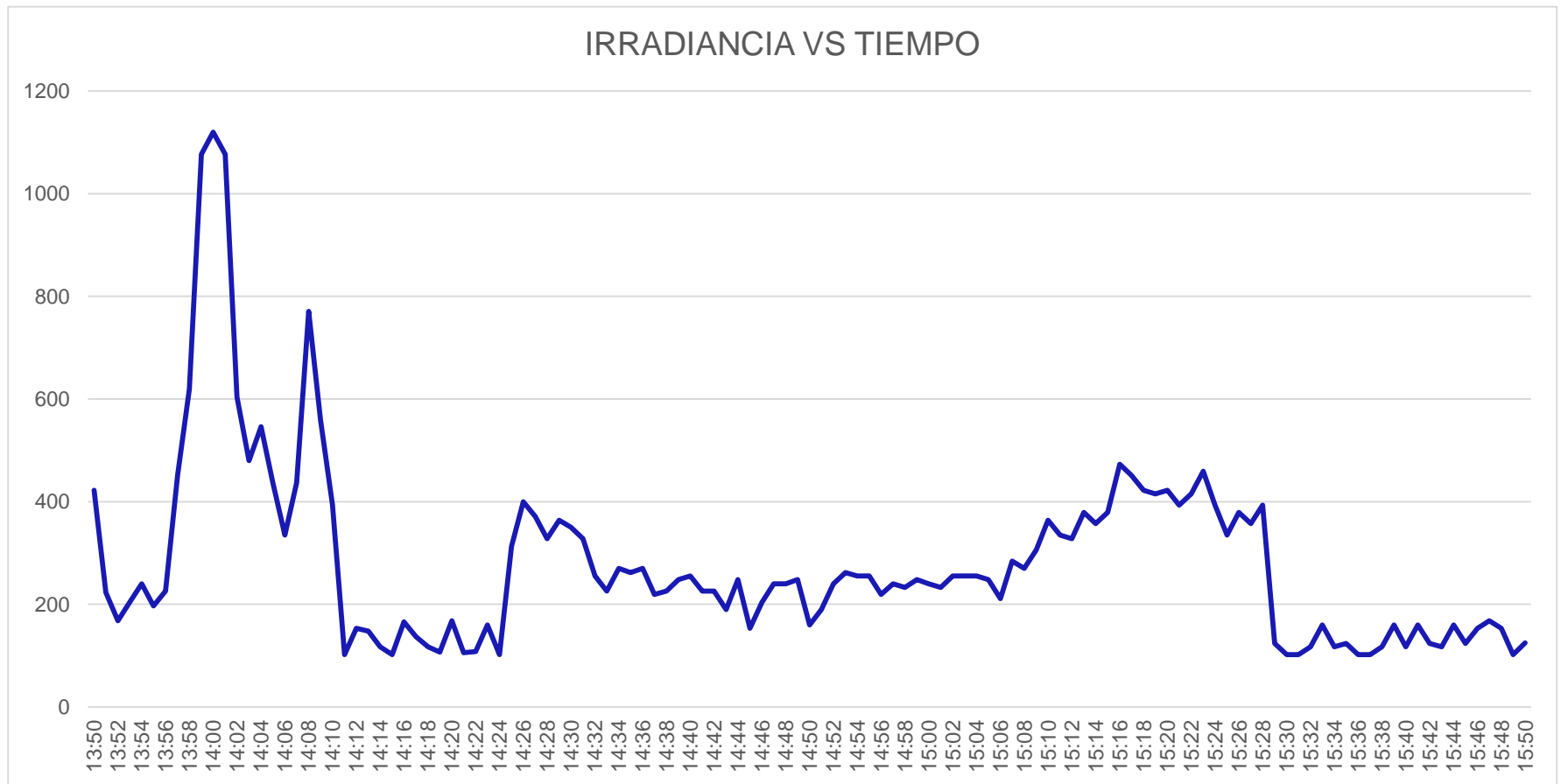
PRUEBA DEL MÓDULO DIDÁCTICO A $\frac{1}{4}$ DE CARGA DE SU CAPACIDAD TOTAL

Para la primera prueba se usó una carga de 40 w. y la duración de la misma fue de 2 horas con una irradiación entre 100 w/m² y 1273 w/m², los datos adquiridos son: voltaje de la batería y la irradiación que se tuvo ese momento.



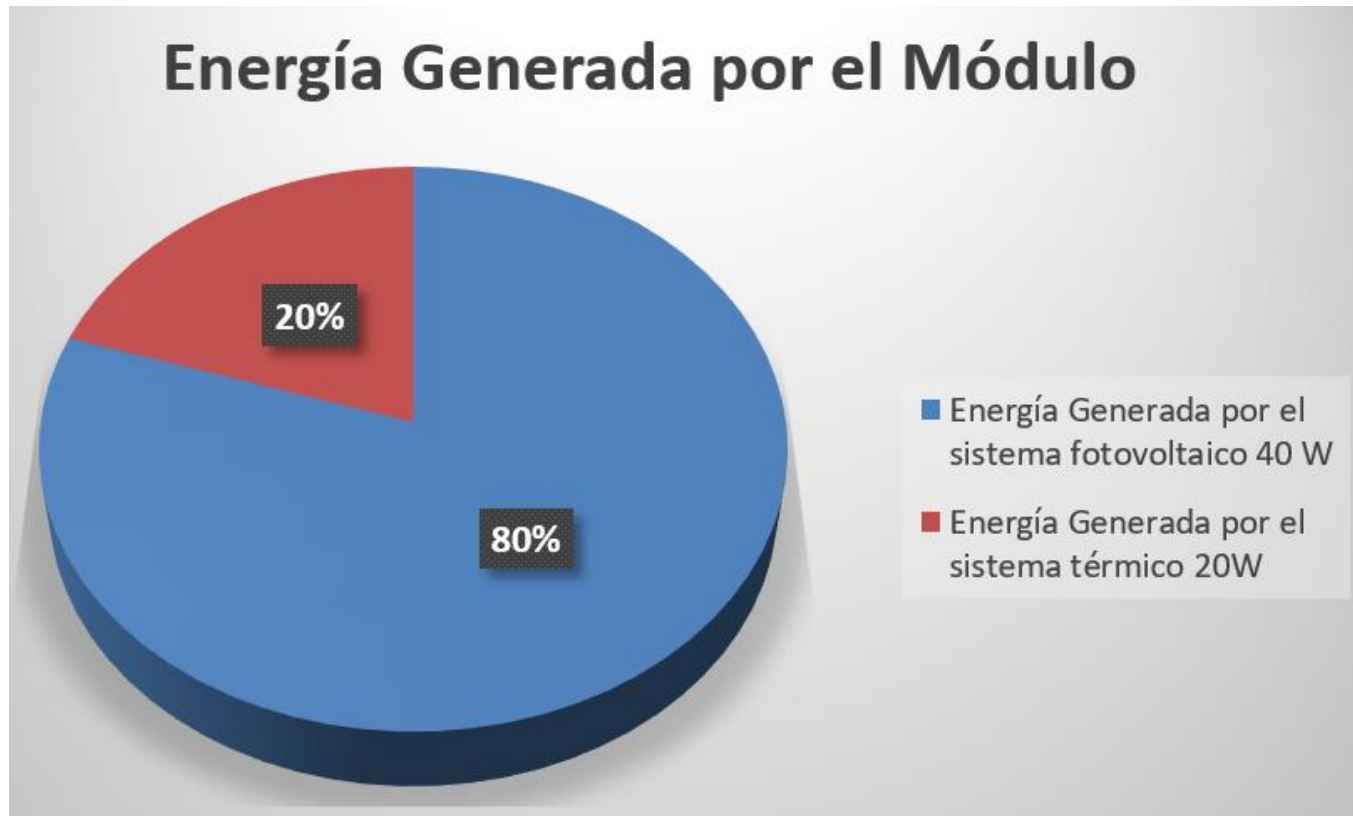


PRUEBA DEL MÓDULO DIDÁCTICO A $\frac{1}{4}$ DE CARGA DE SU CAPACIDAD TOTAL



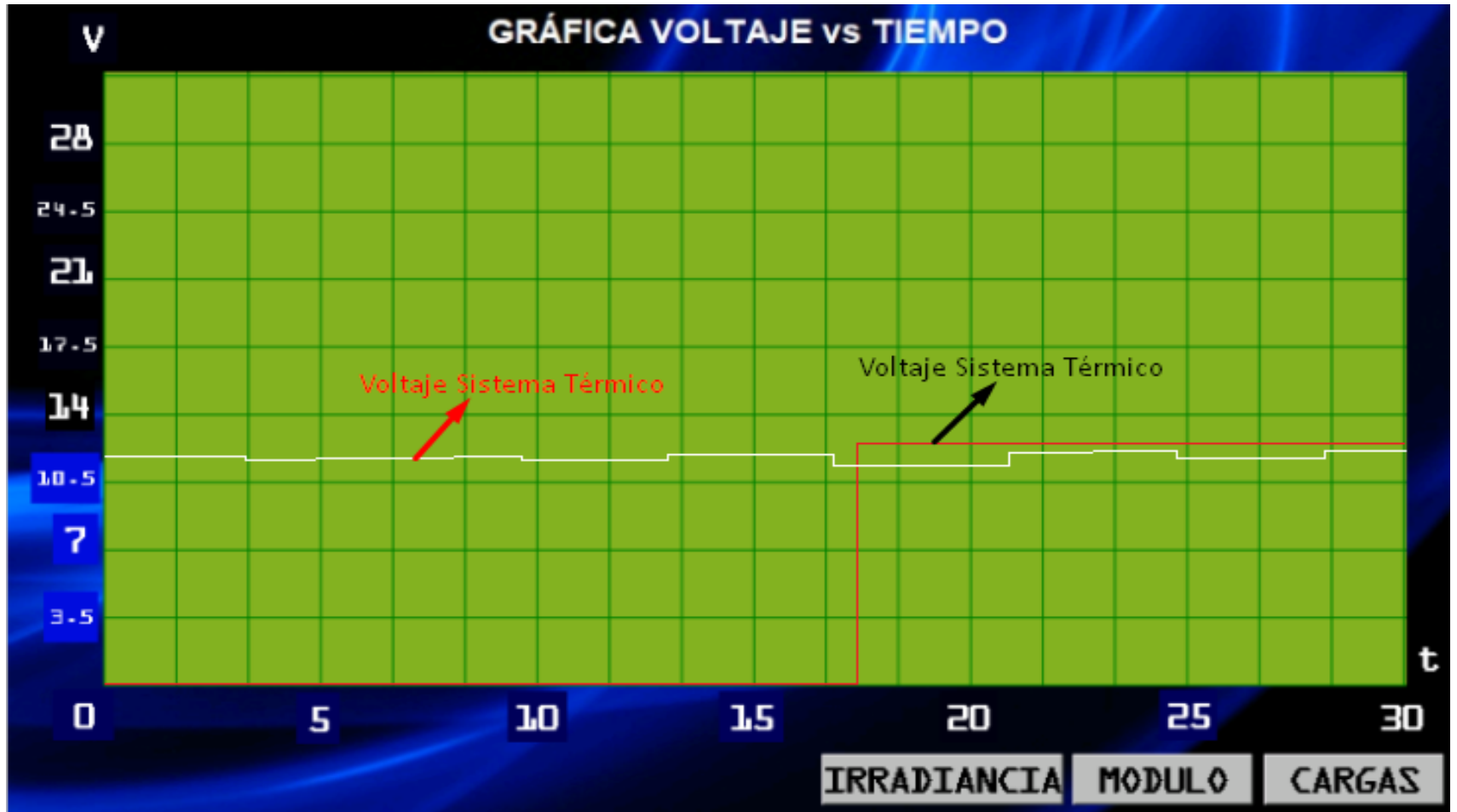
PRUEBA DEL MÓDULO DIDÁCTICO A ¼ DE CARGA DE SU CAPACIDAD TOTAL

En las pruebas realizadas se observa en porcentajes la cantidad de energía generada por el módulo durante el periodo que duro la prueba, en un mayor porcentaje la energía generada fue proveída por el sistema fotovoltaico gracias a las condiciones que se tuvieron.





PRUEBA DEL MÓDULO DIDÁCTICO A $\frac{1}{4}$ DE CARGA DE SU CAPACIDAD TOTAL





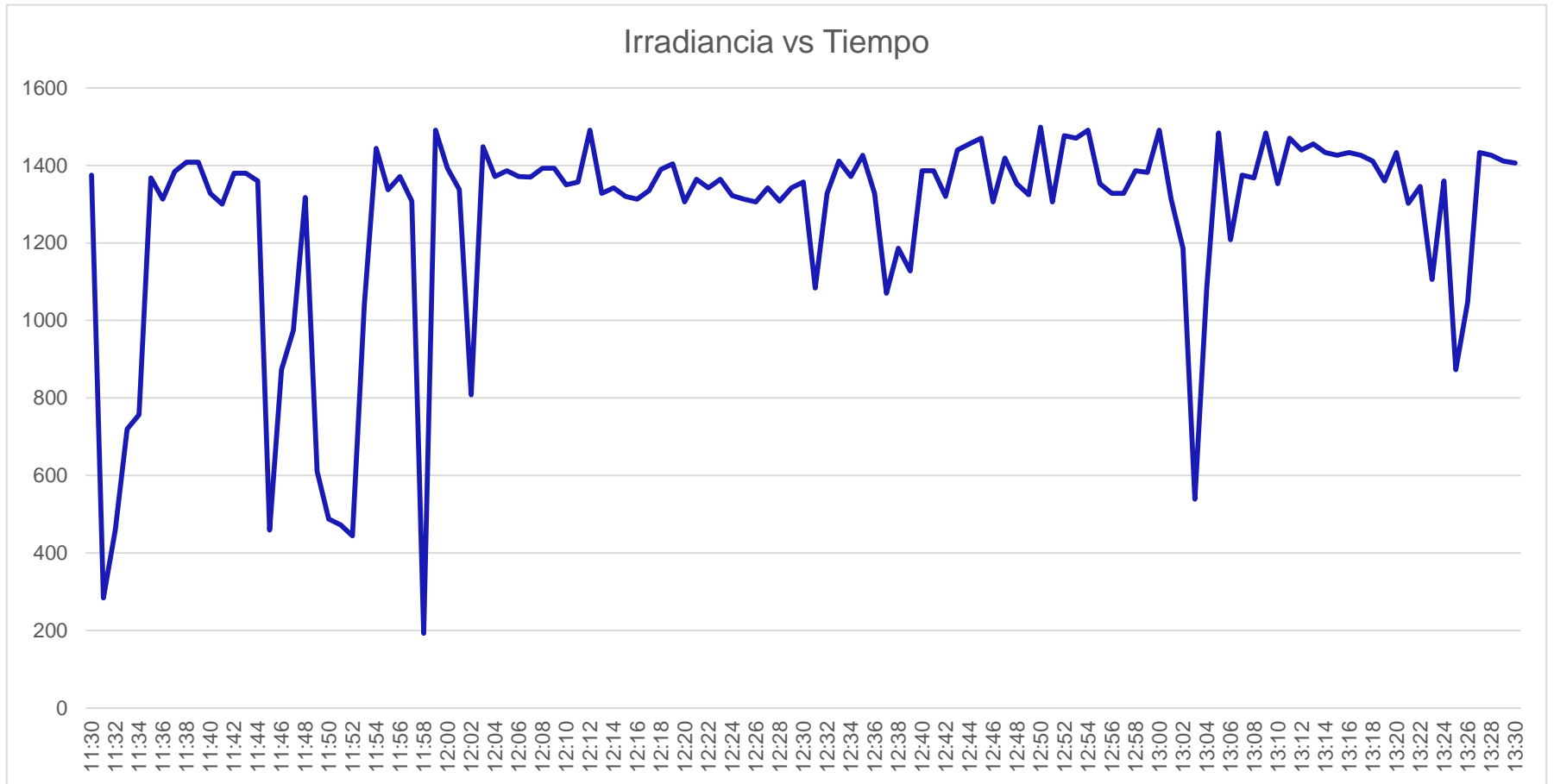
PRUEBA DEL MÓDULO DIDÁCTICO A $\frac{1}{2}$ DE CARGA DE SU CAPACIDAD TOTAL

Para la segunda prueba se trabajó una carga de 100 W. y la duración de la misma fue de 2 horas con una irradiación entre 193 W/m² y 1499 W/m², los datos adquiridos son: voltaje de la batería y la irradiación que se tuvo ese momento.



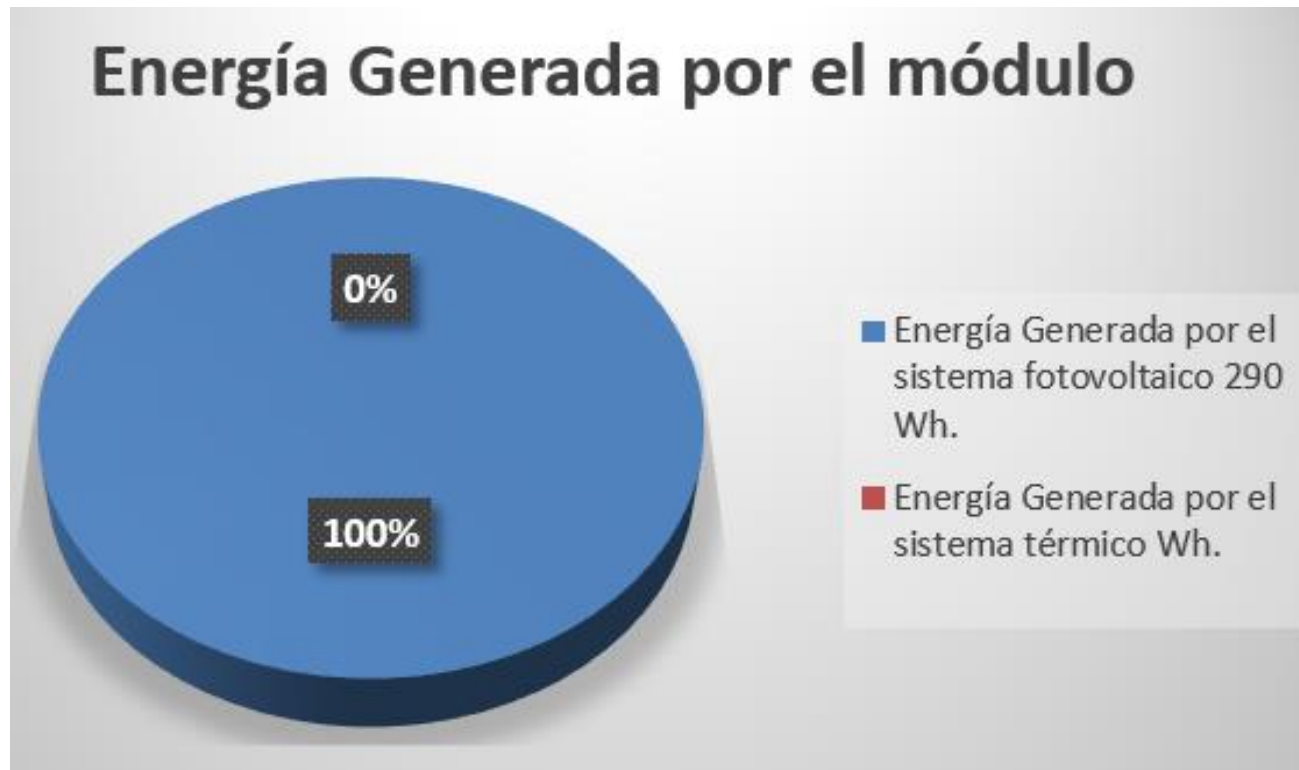


PRUEBA DEL MÓDULO DIDÁCTICO A ½ DE CARGA DE SU CAPACIDAD TOTAL



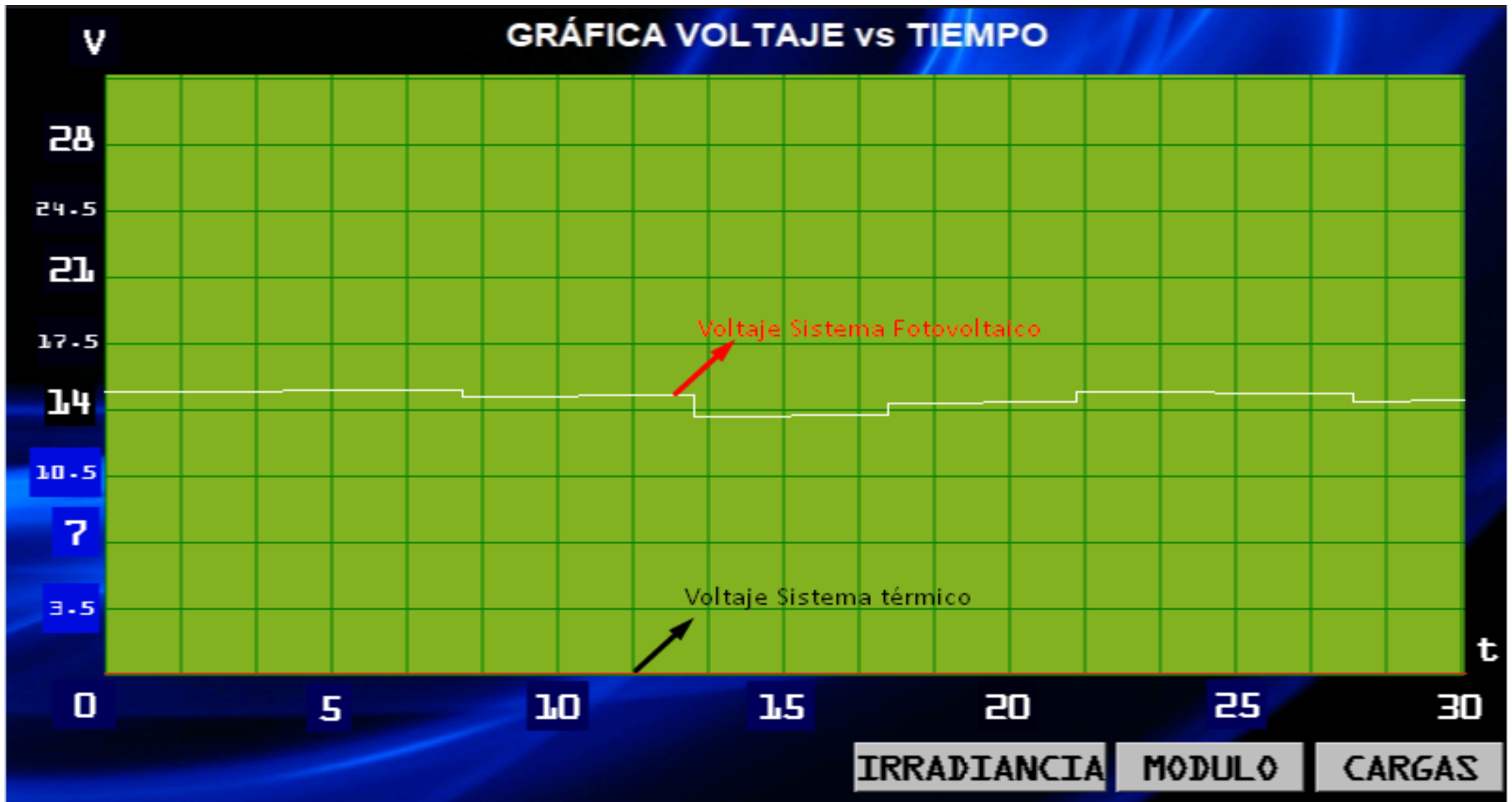
PRUEBA DEL MÓDULO DIDÁCTICO A ½ DE CARGA DE SU CAPACIDAD TOTAL

En esta prueba se observa que el porcentaje de generación aportada por el módulo es completamente del sistema fotovoltaico, debido a la buena irradiación que se tenía al momento y la carga no era alta





PRUEBA DEL MÓDULO DIDÁCTICO A $\frac{1}{2}$ DE CARGA DE SU CAPACIDAD TOTAL





PRUEBA DEL MÓDULO DIDÁCTICO A $\frac{3}{4}$ DE CARGA DE SU CAPACIDAD TOTAL

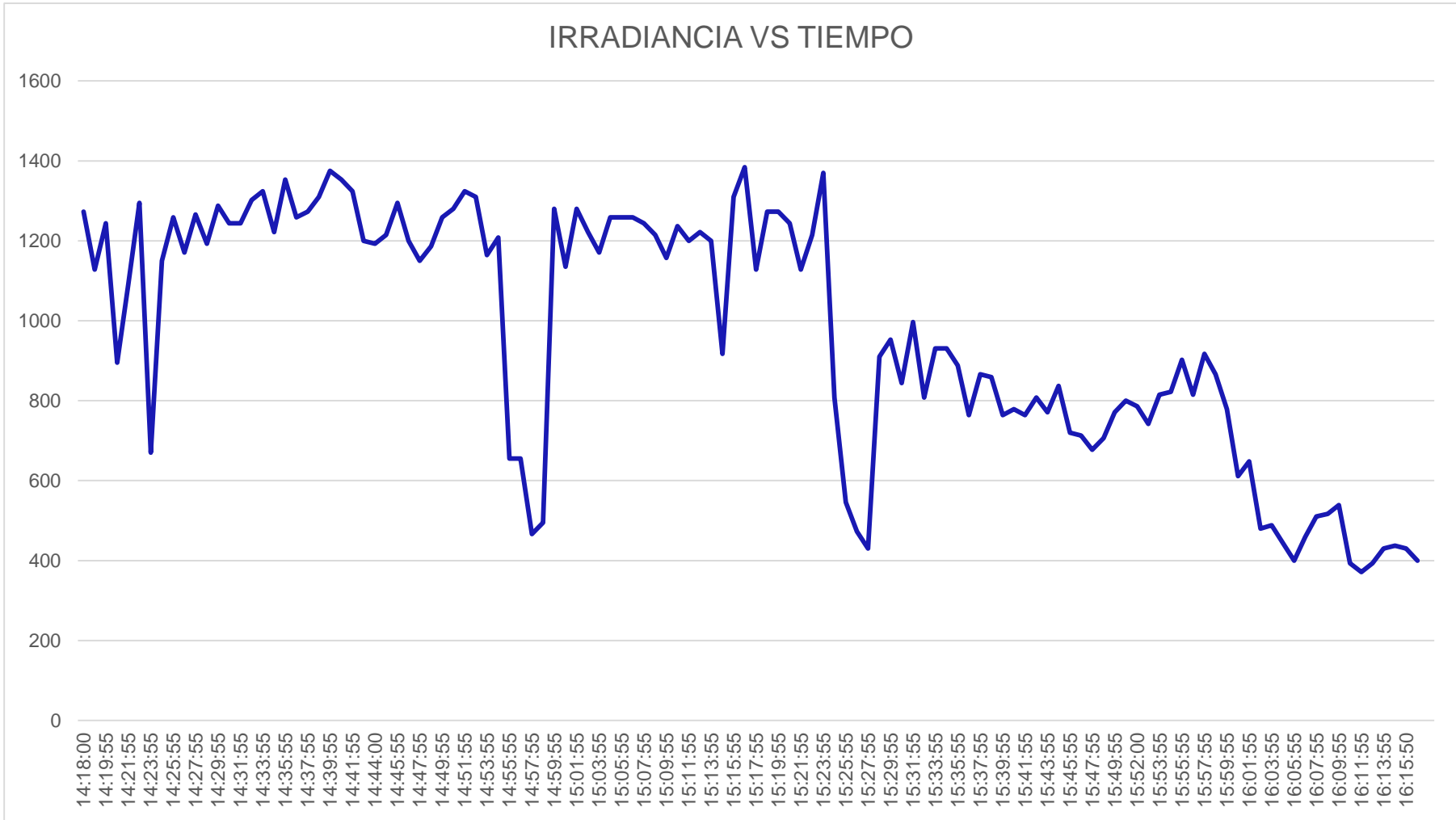
Para la tercera prueba se trabajó una carga de 140 W. y la duración de la misma fue de 2 horas con una irradiación entre 193 W/m² y 1499 W/m², los datos adquiridos son: voltaje de la batería y la irradiación que se tuvo ese momento.





PRUEBA DEL MÓDULO DIDÁCTICO A $\frac{3}{4}$ DE CARGA DE SU CAPACIDAD TOTAL

IRRADIANCIA VS TIEMPO



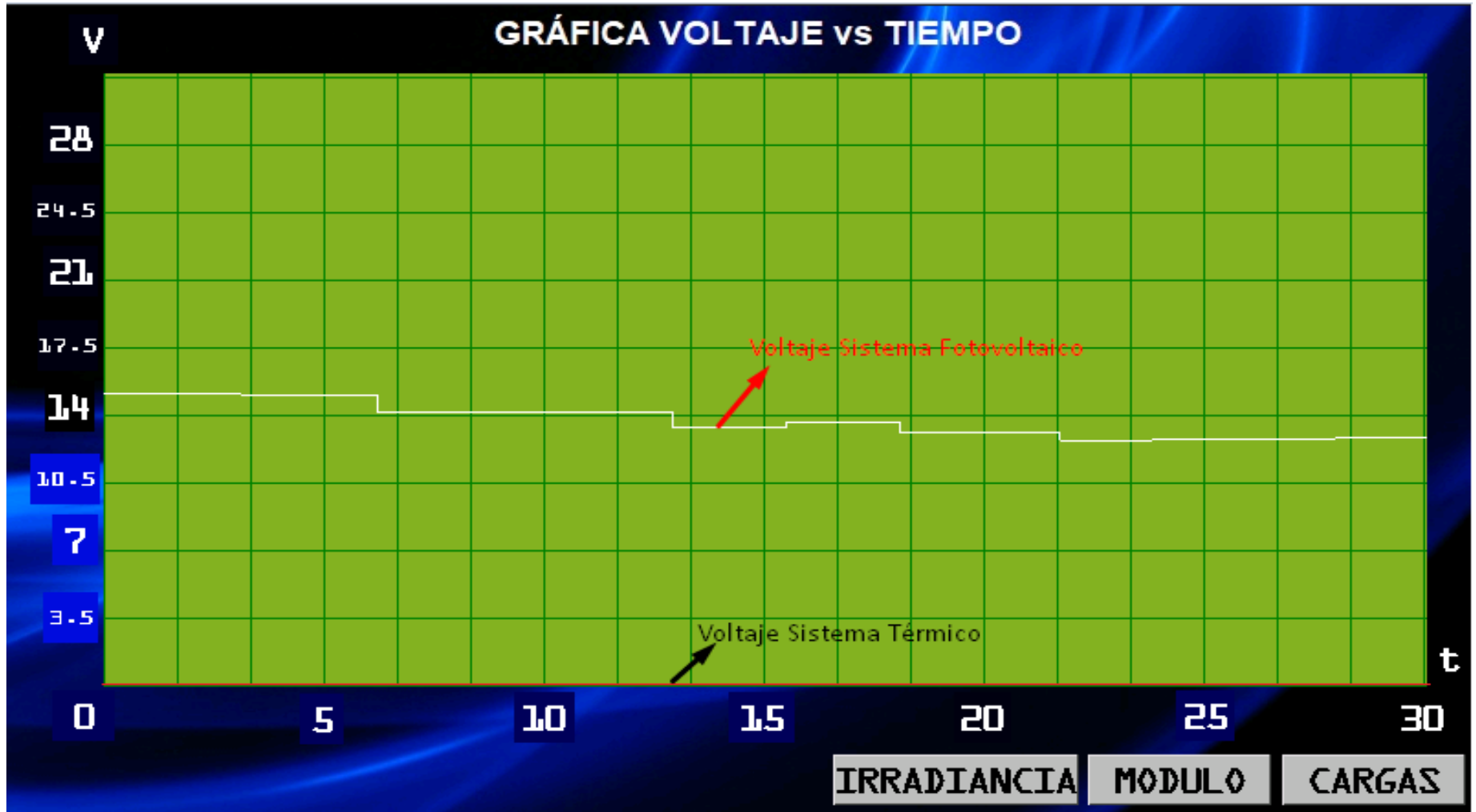


PRUEBA DEL MÓDULO DIDÁCTICO A $\frac{3}{4}$ DE CARGA DE SU CAPACIDAD TOTAL

En esta prueba se aprecia la energía generada por ambos sistemas de microgeneración, teniendo la mayor aportación del sistema térmico en 78% lo cual no es lo indicado ya que el sistema fotovoltaico debe ser el que más energía generada aporta para que así sea fiable y sustentable el módulo.

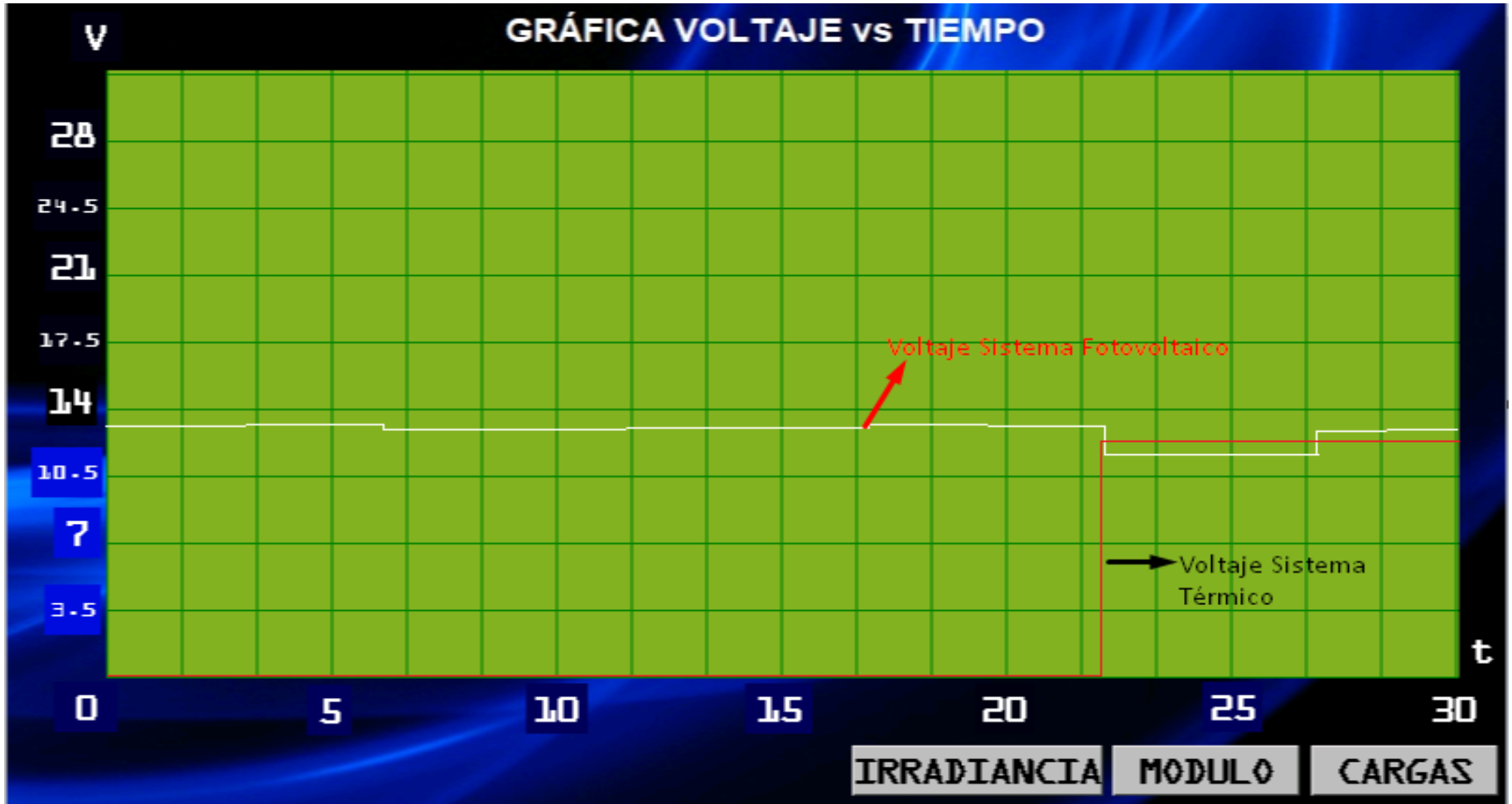


PRUEBA DEL MÓDULO DIDÁCTICO A $\frac{3}{4}$ DE CARGA DE SU CAPACIDAD TOTAL



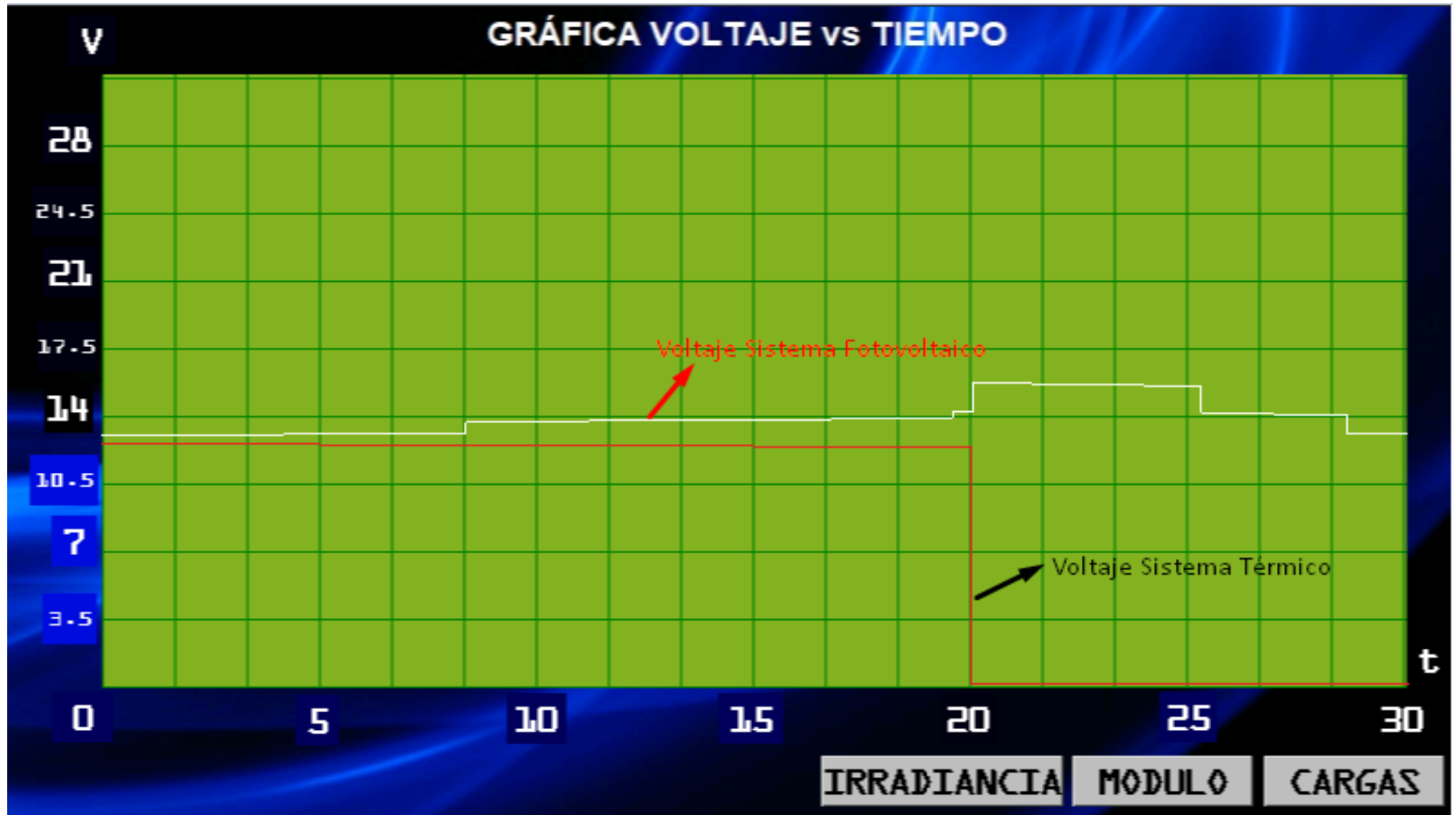


PRUEBA DEL MÓDULO DIDÁCTICO A $\frac{3}{4}$ DE CARGA DE SU CAPACIDAD TOTAL





PRUEBA DEL MÓDULO DIDÁCTICO A $\frac{3}{4}$ DE CARGA DE SU CAPACIDAD TOTAL





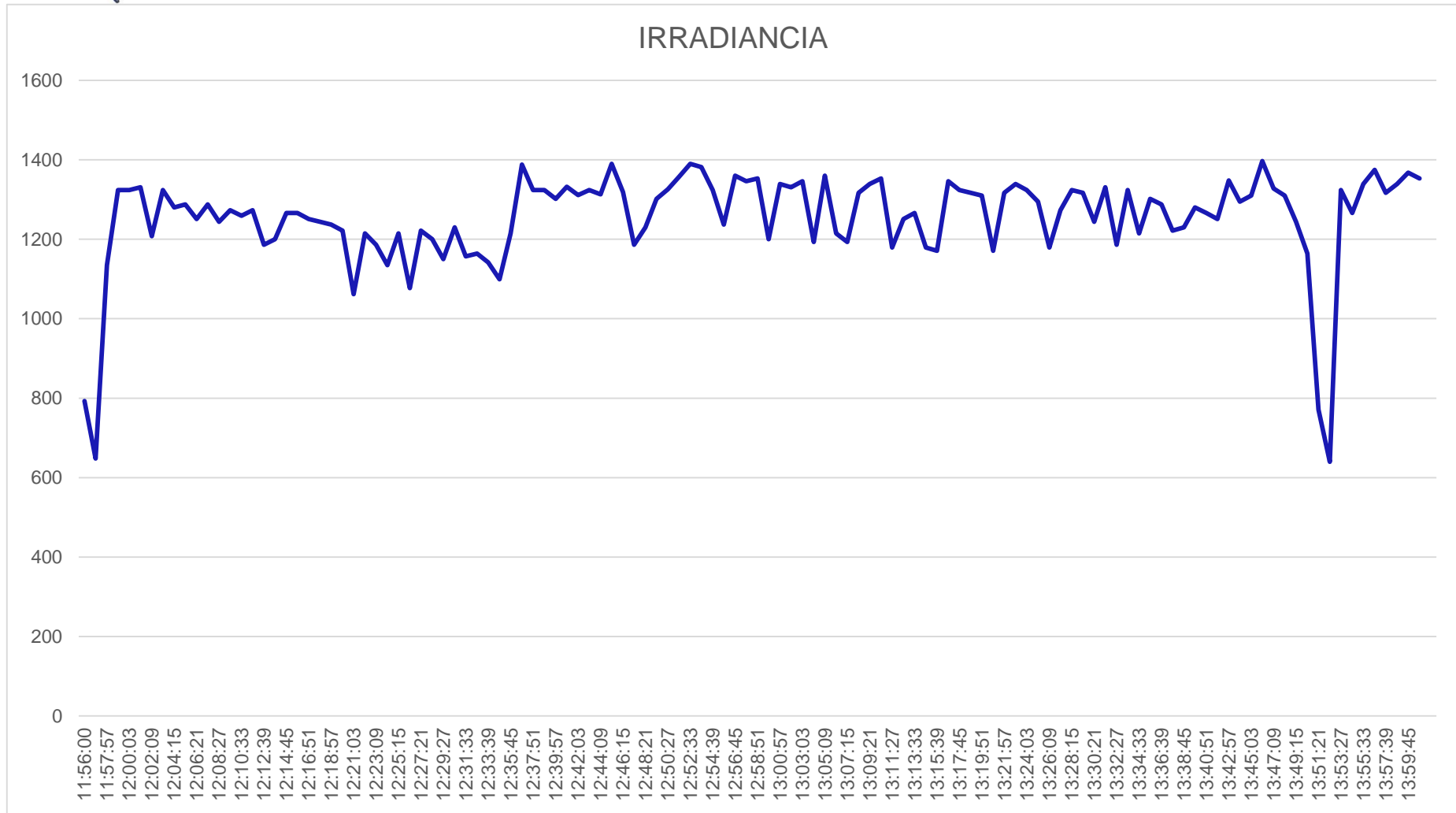
PRUEBA DEL MÓDULO A TODA CARGA

Para la cuarta prueba se trabajó una carga de 200 W., la duración de la misma fue de 2 horas con una irradiación entre 640 W/m² y 1397 W/m², se pudo obtener datos de: voltaje de la batería y la irradiación que se tuvo ese momento.





PRUEBA DEL MÓDULO A TODA CARGA





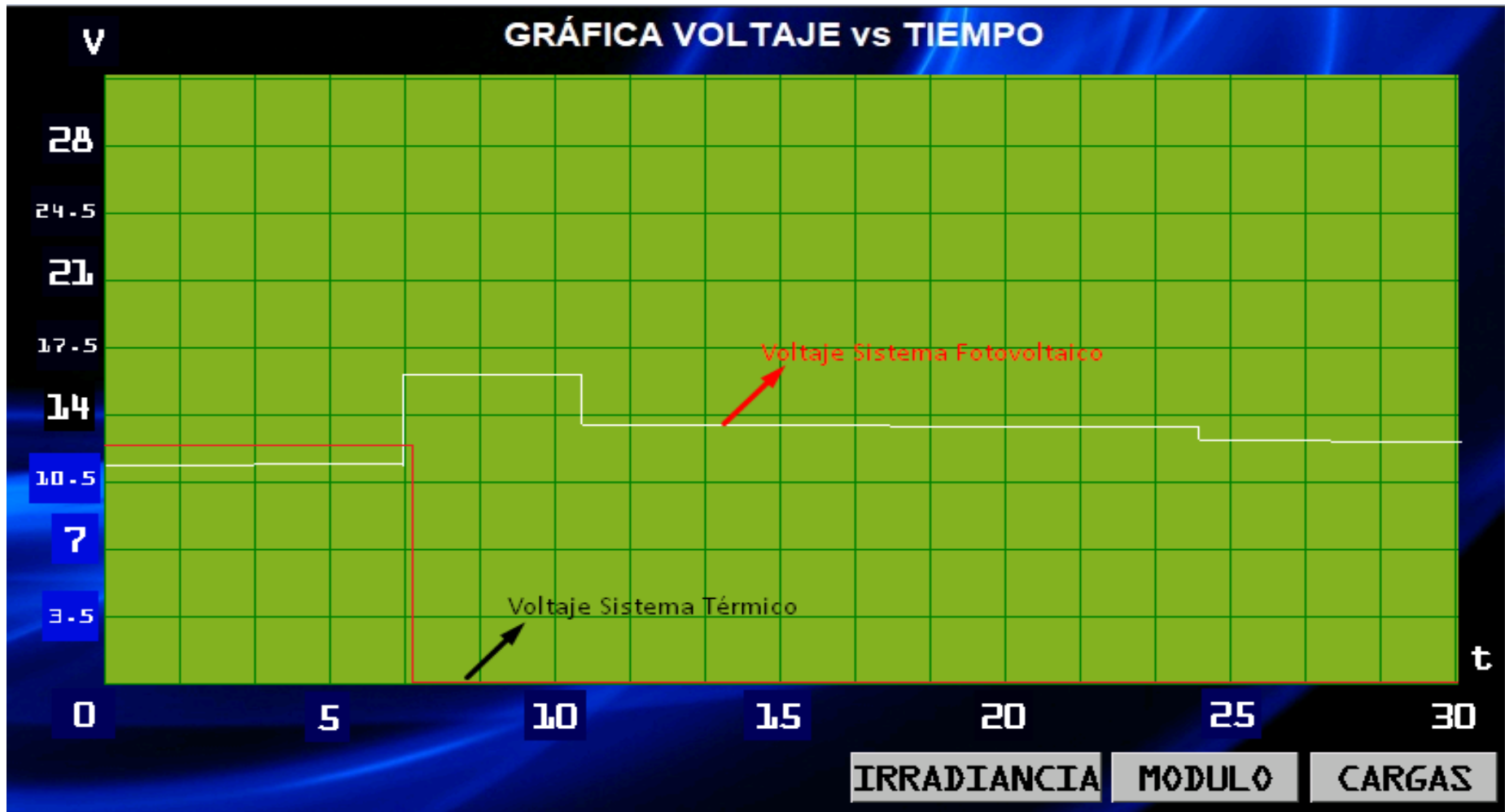
PRUEBA DEL MÓDULO A TODA CARGA

En esta prueba se observa como el mayor aporte de energía es por el sistema fotovoltaico en un 97%, y en un valor mínimo el sistema térmico en 3%, esto debido a la buena irradiancia que se tenía al momento de la prueba teniendo un sistema fiable y sustentable.





PRUEBA DEL MÓDULO A TODA CARGA





ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES





Conclusiones

- Se diseñó y construyó un módulo didáctico de microgeneración distribuida para analizar la fiabilidad y sustentabilidad del suministro de energía entre un sistema fotovoltaico y térmico, con un análisis de datos tomados en varios días, con distintos tipos de irradiación en el laboratorio de accionamientos eléctricos.
-
- Se realizó la transferencia eléctrica entre el sistema fotovoltaico y sistema térmico, mediante la programación en Arduino y PLC LOGO, usando relés y sensores de voltaje que proporcionan valores en tiempo real y permitieron calibrar la transferencia en el momento necesario, tomando en cuenta que el sistema fotovoltaico es la microgeneración Master, obteniendo como valor de mínimo de voltaje para la transferencia de 11.8 V., y para que vuelva a entrar en funcionamiento el sistema Master el voltaje que se obtuvo es de 14.5 V.





- Se implementó el módulo didáctico de microgeneración distribuida en el laboratorio de accionamientos eléctricos, mediante el análisis de irradiancia en dicho lugar obteniendo un valor promedio diario de 944.8 w/m^2 ., siendo este un lugar adecuado para la instalación del módulo didáctico.
-
- Mediante los distintos datos que proporciona el módulo de microgeneración distribuida, se determinó que el mismo tiene un funcionamiento de modo automático y manual con los cuales se puede realizar distintas prácticas de laboratorio utilizando solo el sistema fotovoltaico, o todo el módulo didáctico (sistema fotovoltaico y sistema térmico).





- En base a datos tomados y las curvas de voltaje obtenidas en distintas pruebas, a $\frac{1}{4}$ de carga con una irradiación entre 100 y 1273 w/m², el módulo es fiable debido a que solo existió una desconexión en el tiempo que duro la prueba, a $\frac{1}{2}$ de carga con una irradiancia entre 193 y 1499 w/m²., el módulo es fiable debido a que no existió desconexiones, por la irradiancia que existió el día de la prueba.
- Una vez realizadas todas las pruebas se determinó que el módulo didáctico llega a ser fiable con irradiancias superiores a 900 W/m², sin depender de las cargas que se estén ocupando, ya que se garantiza que el sistema fotovoltaico tendrá un correcto funcionamiento.





RECOMENDACIONES

- Se puede ampliar el proyecto de investigación mediante la implementación de un sistema de microgeneración eólica, así se podría optimizar el funcionamiento del módulo e incrementar la sustentabilidad del mismo por el uso de más energías renovables.
- Para tener una base de datos como voltajes e irradiancias se puede conectar el controlador Arduino directamente al computador y realizar las lecturas mediante el software del mismo.
- Se sugiere utilizar el módulo didáctico en días donde la irradiancia supere los 700 w/m^2 , para tener un buen funcionamiento del módulo.
- Verificar el estado y funcionamiento del generador eléctrico antes de realizar cualquier práctica.





**GRACIAS POR SU
ATENCIÓN**



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA