

	UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA UNIDAD VALLE DE LAS PALMAS	CÓDIGO: SG-PE-IER
	PROGRAMA EDUCATIVO DE INGENIERÍA EN ENERGÍAS RENOVABLES	REVISIÓN No. 2
	MANUAL DE PRÁCTICAS DE ENERGIA SOLAR APLICADA	PAGINA 1 / 61

ÍNDICE

Número	Práctica	Página
1	Reglamento para uso de laboratorios y talleres.	2
2	Identificación de componentes.	8
3	Medición de potencia, corriente y voltaje.	12
4	Medición de irradiación y temperatura.	20
5	Irradiación solar a lo largo del día.	25
6	Curva de irradiación/voltaje del panel solar, Curva de irradiación/corriente y resistencia del panel solar.	30
7	Características de voltaje-corriente de un panel solar.	35
8	Electricidad del panel solar entregada a la red eléctrica.	43
9	Alimentación de cargas por el panel solar.	49
10	Bibliografía.	61

Realizado por M.I. Eric Efrén Villanueva Vega Erik Rodrigo Arellano Gutiérrez Función Profesor	Coordinado por M.I. Eric Efrén Villanueva Vega Función Coordinador de Ing. en Energías Renovables	Aprobado por M. I. Antonio Gómez Roa Función Director
--	--	--

	UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA UNIDAD VALLE DE LAS PALMAS	CÓDIGO: SG-PE-IER
	PROGRAMA EDUCATIVO DE INGENIERÍA EN ENERGÍAS RENOVABLES	REVISIÓN No. 2
	MANUAL DE PRÁCTICAS DE ENERGIA SOLAR APLICADA	PAGINA 2 / 61

REGLAMENTO PARA USO DE LABORATORIOS Y TALLERES.

OBJETIVOS

- Establecer las condiciones generales y las reglas básicas de conducta asociadas al funcionamiento y al uso de los laboratorios y talleres de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Tecnología (FCITEC).
- Establecer lineamientos para la seguridad de los usuarios del laboratorio o taller, en el manejo adecuado de los equipos y materiales que allí se encuentren.
- Prestar un eficiente servicio a los usuarios, mediante el adecuado funcionamiento del equipo e instalaciones.

CAPITULO I

DISPOSICIONES GENERALES

Artículo 1.- El presente reglamento es de observancia para todos los alumnos, y personal de Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Tecnología.

Artículo 2.- Son sujetos de este reglamento todos los estudiantes que se encuentren inscritos como alumnos en cualquiera de sus programas educativos, docentes de tiempo completo y asignatura, técnicos académicos, invitados, así como personal administrativo de la “Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Tecnología.”

Artículo 3.- La aplicación y vigilancia del presente reglamento compete al Director de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Tecnología, a la Subdirectora, Administrador y al Coordinador de Programa Educativo, Coordinador de Tronco Común de Ingeniería.

Artículo 4.- Para los efectos de este reglamento se entiende por:

- I.” FCITEC”, a la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Tecnología.
- II. **Director**, al Director de la FCITEC;
- III. **Subdirector**, al Subdirector Académico;
- IV. **Administrador**, al Administrador
- IV. **Laboratorio/Taller**, al área destinada para efectuar prácticas, y actividades referentes a las carreras impartidas en la FCITEC; y
- V. **Comisión de Honor y Justicia**, al órgano encargado de velar por el debido cumplimiento del presente reglamento.

Artículo 5.- Corresponde al Técnico Académico responsable de laboratorio, la coordinación de las actividades referentes al uso y cuidado que debe observarse en los laboratorios de la “FCITEC.”

Realizado por M.I. Eric Efrén Villanueva Vega Erik Rodrigo Arellano Gutiérrez Función Profesor	Coordinado por M.I. Eric Efrén Villanueva Vega Función Coordinador de Ing. en Energías Renovables	Aprobado por M. I. Antonio Gómez Roa Función Director
--	--	--

	UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA UNIDAD VALLE DE LAS PALMAS	CÓDIGO: SG-PE-IER
	PROGRAMA EDUCATIVO DE INGENIERÍA EN ENERGÍAS RENOVABLES	REVISIÓN No. 2
	MANUAL DE PRÁCTICAS DE ENERGIA SOLAR APLICADA	PAGINA 3 / 61

CAPITULO II

PROCEDIMIENTO PARA EL USO Y CUIDADO DE LOS LABORATORIOS

Artículo 6.- La entrada de los alumnos a los laboratorios será con previa programación y horarios destinados para su uso.

Artículo 7.- El alumno solo podrá acceder a los laboratorios bajo la supervisión y autorización del profesor de la materia.

Artículo 8.- El alumno deberá registrarse para ingresar a los laboratorios, previo registro y credencial vigente legible sin enmendaduras y que lo acredite como alumno de la "FCITEC".

Artículo 9.- El plantel no se hace responsable de robo, daños o percances ocasionados al material introducido por el alumno o profesor y que sea utilizado para la elaboración de proyectos de los alumnos por lo que se atenderá lo siguiente:

- a) El material podrá permanecer en el Laboratorio por un lapso no mayor a dos semanas, después de haber sido presentado en su materia.
- b) Si se requiere mayor tiempo de permanencia, deberá ser autorizado por Administración, notificando a la Subdirección Académica.
- c) De no cumplirse lo anterior, el material se dispondrá fuera del área de trabajo sin responsabilidad para "FCITEC".

Artículo 10.- Dentro de los laboratorios los docentes y los alumnos, deberán usar el equipo de seguridad adecuado para el trabajo o práctica que desempeñaran, siendo el profesor a cargo del grupo el indicado para supervisar que los alumnos cumplan con ello.

Artículo 11.- El préstamo de material, equipo y herramienta deberá realizarse conforme a la política de préstamos de la FCITEC.

Artículo 12.- Cualquier trabajo que se realice dentro de los laboratorios deberá ser supervisado por el profesor responsable de la materia.

Artículo 13.- Es responsabilidad del grupo y/o usuario(s), el dejar limpio y en buenas condiciones de uso, las instalaciones (y espacios utilizados durante la práctica) y (así como disponer para del) material que sea utilizado en cualquiera de los distintos laboratorios.

Artículo 14.- Los alumnos que hagan mal uso, en forma parcial o total el equipo y mobiliario de los laboratorios, serán sujetos a la sanción que establezca la Dirección.

Artículo 15.- El equipo y herramientas sólo deberán ser utilizados en el interior de las áreas destinadas para su uso. Tratándose de alguna actividad fuera del Taller o Laboratorio, deberá ser autorizado por la Administración.

Artículo 16.- Queda prohibido el uso de herramienta y/o equipos de laboratorio para realizar trabajos que diferentes a aquellos para los que están destinados.

Realizado por M.I. Eric Efrén Villanueva Vega Erik Rodrigo Arellano Gutiérrez Función Profesor	Coordinado por M.I. Eric Efrén Villanueva Vega Función Coordinador de Ing. en Energías Renovables	Aprobado por M. I. Antonio Gómez Roa Función Director
--	--	--

	UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA UNIDAD VALLE DE LAS PALMAS	CÓDIGO: SG-PE-IER
	PROGRAMA EDUCATIVO DE INGENIERÍA EN ENERGÍAS RENOVABLES	REVISIÓN No. 2
	MANUAL DE PRÁCTICAS DE ENERGIA SOLAR APLICADA	PAGINA 4 / 61

Artículo 17.- Es responsabilidad del usuario, los residuos generados en sus prácticas, conforme a la “Ley General para la prevención y gestión integral de los residuos”. Se deberá reportar al Técnico Académico para su correcta disposición.

CAPITULO III

DERECHOS DE LOS USUARIOS

Artículo 18.- Son los derechos de los usuarios:

- I. Tener acceso a los laboratorios el día y hora, para realizar prácticas en las asignaturas que así lo requiera, conforme a los horarios oficiales, o previa calendarización y/o agenda de su uso. El docente requerirá previa identificación.
- II. Obtener el préstamo interno del material de laboratorio necesario para realizar sus prácticas, dentro de los primeros 15 minutos de clase, previa identificación con credencial legible y vigente de la “FCITEC”, acorde a stock de materiales.
- III. Recibir por parte del Técnico Académico la orientación e información sobre el adecuado uso de los laboratorios.

CAPITULO IV

OBLIGACIONES DE LOS USUARIOS

Artículo 19.- Las obligaciones de los usuarios son:

- I. Cumplir con todo lo establecido en el presente Reglamento;
- II. Abstenerse de dañar parcial o totalmente el mobiliario, así como de los materiales y equipo del laboratorio.
- III. Usar e identificar el equipo de seguridad adecuado para el trabajo o práctica que desempeñen (No proporcionado por la Universidad).
- IV. Conducirse con respeto hacia el personal administrativo, académico y estudiantil de los laboratorios;
- V. Desarrollar todas y cada una de las actividades de prácticas, dentro del área del laboratorio previamente asignada por el programa educativo respectivo.
- VI. Cuidar el mobiliario de los talleres y/o laboratorios, previamente asignada por el Programa educativo respectivo.
- VII. Hacer uso del mobiliario y equipo únicamente para los fines académicos enmarcados por la “FCITEC”.

Realizado por M.I. Eric Efrén Villanueva Vega Erik Rodrigo Arellano Gutiérrez Función Profesor	Coordinado por M.I. Eric Efrén Villanueva Vega Función Coordinador de Ing. en Energías Renovables	Aprobado por M. I. Antonio Gómez Roa Función Director
--	--	--

	UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA UNIDAD VALLE DE LAS PALMAS	CÓDIGO: SG-PE-IER
	PROGRAMA EDUCATIVO DE INGENIERÍA EN ENERGÍAS RENOVABLES	REVISIÓN No. 2
	MANUAL DE PRÁCTICAS DE ENERGIA SOLAR APLICADA	PAGINA 5 / 61

VIII. Por estatuto escolar se tiene tolerancia de 10 minutos para registrar su acceso así mismo registrar salida de los laboratorios al término del uso.

IX. Resarcir daños causados al patrimonio de “FCITEC” de los que resultaren responsables siempre y cuando así lo determine la administración y subdirección académica.

X. Abstenerse de fumar en el interior de los laboratorios.

XI. Abstenerse de introducir alimentos, así como cualquier tipo de bebida al interior de las instalaciones;

XII. Abstenerse de dejar basura en el interior de los laboratorios;

XIII. Para el préstamo de materiales y equipo, se deberá referir a las políticas de préstamo;

XIV. Abstenerse de sacar o introducir a los laboratorios, cualquier tipo de material sin previa autorización del responsable;

XV. Abstenerse de operar cualquier máquina o equipo sin autorización y supervisión del docente o del responsable de los laboratorios y/o talleres;

XVI. Reportar inmediatamente cualquier accidente de trabajo ocurrido en los laboratorios y/o talleres;

XVII. Abstenerse de permanecer, dentro de los laboratorios fuera de los horarios asignados para sus respectivas prácticas, sin previa autorización.

XVIII. Llenar la bitácora de uso diario del equipo con todos los datos solicitados en el formato.

XIX. Para hacer uso de los laboratorios y/o talleres es necesario estar dado de alta en el seguro facultativo y presentar el comprobante de la vacuna de tétanos, cuando se le requiera.

XX. Revisar la máquina y/o equipo antes y después de su uso, para asegurarse que se encuentra en condiciones óptimas de funcionamiento.

XXI. Activar ante el IMSS su seguro facultativo, para tener acceso a los laboratorios y talleres de “FCITEC”. Es responsabilidad del docente verificar que el estudiante bajo su cargo tenga activo el seguro facultativo y en el caso que corresponda comprobar que tenga la vacuna del tétanos con los refuerzos.

CAPÍTULO V

REGLAS DE SEGURIDAD

Artículo 20.- El alumno, desde el momento mismo que ingrese a las instalaciones de los laboratorios o talleres, deberá observar la seguridad en las instalaciones, debiendo actuar con cautela y prudencia en el manejo de los aparatos e instrumentos que utilice para sus prácticas, tomando en consideración que por su propia naturaleza resulta de peligro utilizarlos en forma indebida. Así mismo deberá identificar las rutas y salidas de evacuación.

Artículo 21.- Los usuarios deberán utilizar el uniforme, pantalón, zapato cerrado y accesorios de seguridad que correspondan acorde a la NOM-017-STPS-2008.

Realizado por M.I. Eric Efrén Villanueva Vega Erik Rodrigo Arellano Gutiérrez Función Profesor	Coordinado por M.I. Eric Efrén Villanueva Vega Función Coordinador de Ing. en Energías Renovables	Aprobado por M. I. Antonio Gómez Roa Función Director
--	--	--

	UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA UNIDAD VALLE DE LAS PALMAS	CÓDIGO: SG-PE-IER
	PROGRAMA EDUCATIVO DE INGENIERÍA EN ENERGÍAS RENOVABLES	REVISIÓN No. 2
	MANUAL DE PRÁCTICAS DE ENERGIA SOLAR APLICADA	PAGINA 6 / 61

Artículo 22.- En las prácticas que se utilicen sustancias químicas, deberán tomarse las medidas de seguridad pertinentes, que serán evaluadas por el profesor responsable.

Artículo 23.- Cualquier problema identificado en el laboratorio o taller, deberá ser notificado inmediatamente al profesor titular de la materia y/o al Técnico Académico.

CAPÍTULO VI

SANCIONES

Sin menoscabo de las sanciones previstas por otros ordenamientos, los usuarios de los laboratorios y/o talleres, serán responsables por el incumplimiento de las presentes disposiciones, y serán sancionados de conformidad a lo establecido por el artículo 26 del presente Reglamento, mismas que podrán ser aplicadas en forma individual o colectiva.

Artículo 24.- A los usuarios que infrinjan las disposiciones del presente Reglamento podrán ser sujetos a las siguientes sanciones, de conformidad con la gravedad de la falta Sic. Artículo 126 & 127 del estatuto escolar:

- I. Amonestación verbal;
- II. Amonestación por escrito;
- III. Reposición;
- IV. Suspensión de los derechos de usuario; y
- V. Suspensión de los derechos académicos.

Artículo 25.- A los usuarios que infrinjan alguna de las obligaciones señaladas en el Artículo 21 del presente Reglamento se harán acreedores a las sanciones siguientes:

- I. Amonestación verbal, a las conductas señaladas en las fracciones I, III, V; VII, VIII, X y XVII;
- II. Amonestación por escrito con copia a su expediente, a las conductas señaladas en las fracciones XIII, XIV y XV;
- III. Reposición, a las conductas señaladas en las fracciones II y VII Observando lo siguiente:

a). En caso de pérdida, destrucción total o parcial de mobiliario el alumno deberá reponer dicho material en un término no mayor de quince días naturales improrrogables o bien cuando se trate de material deberá reponerlo por otro similar; tratándose de materiales discontinuados o especiales, se tendrá que pagar el costo adicional por la dificultad que genere su reposición a los laboratorios de "FCITEC".

IV. Suspensión de los Derechos de usuario, a las conductas señaladas en las fracciones II VII y XV II observando lo siguiente:

a) Cuando se trate de material dañado a partir de la fecha de la sanción, que concluirá cuando el material dañado sea repuesto por el usuario.

Realizado por M.I. Eric Efrén Villanueva Vega Erik Rodrigo Arellano Gutiérrez Función Profesor	Coordinado por M.I. Eric Efrén Villanueva Vega Función Coordinador de Ing. en Energías Renovables	Aprobado por M. I. Antonio Gómez Roa Función Director
--	--	--

	UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA UNIDAD VALLE DE LAS PALMAS	CÓDIGO: SG-PE-IER
	PROGRAMA EDUCATIVO DE INGENIERÍA EN ENERGÍAS RENOVABLES	REVISIÓN No. 2
	MANUAL DE PRÁCTICAS DE ENERGIA SOLAR APLICADA	PAGINA 7 / 61

V. Suspensión de los Derechos Académicos, a las conductas señaladas en las fracciones II, XI XII y XV observando lo siguiente:

a) Será suspendido seis meses en sus derechos académicos a partir de la comisión de la falta, a partir del inicio o término del siguiente semestre.

Artículo 26.- Al finalizar cada semestre los Técnicos Académicos responsables de Talleres enviará a la Administración el listado de alumnos, académicos y otros usuarios que incumplan las condiciones de préstamo, con copia al expediente académico del alumno moroso, para que se le impongan las sanciones previstas en éste Reglamento.

Artículo 27.- A los empleados académicos y administrativos, que incurran en alguna de las faltas mencionadas en estas disposiciones, se les aplicarán las sanciones o medidas disciplinarias que procedan de acuerdo a la Ley del Trabajo de los Servidores Públicos del Estado y Municipios y la Ley de Responsabilidades de los Servidores Públicos del Estado y Municipios.

Artículo 28.- Las sanciones se impondrán tomando en consideración las condiciones personales y los antecedentes del infractor, las circunstancias en que se cometió la falta y la gravedad de la misma.

Artículo 29.- En todos los casos de responsabilidad relacionada con el uso de laboratorios, se otorgará al responsable de garantía de audiencia, ante la autoridad universitaria correspondiente.

TRANSITORIOS

ARTÍCULO PRIMERO. - El Presente Reglamento entrará en vigor a partir del periodo escolar 2018-2. Se publicará a través del órgano informativo interno de la "ECITEC".

ARTÍCULO SEGUNDO. - Las situaciones no previstas en este Reglamento serán resueltas por la Dirección de la "FCITEC".

Realizado por M.I. Eric Efrén Villanueva Vega Erik Rodrigo Arellano Gutiérrez Función Profesor	Coordinado por M.I. Eric Efrén Villanueva Vega Función Coordinador de Ing. en Energías Renovables	Aprobado por M. I. Antonio Gómez Roa Función Director
--	--	--

	UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA UNIDAD VALLE DE LAS PALMAS	CÓDIGO: SG-PE-IER
	PROGRAMA EDUCATIVO DE INGENIERÍA EN ENERGÍAS RENOVABLES	REVISIÓN No. 2
	MANUAL DE PRÁCTICAS DE ENERGIA SOLAR APLICADA	PAGINA 8 / 61

PRÁCTICA 0. Identificación de componentes

1. Objetivo

Identificar todos los componentes del sistema de energía solar fotovoltaica DeLorenzo y asociarlos con sus funciones.

2. Alcance

La siguiente practica es para conocer el equipo, sus partes, componentes y funcionales para familiarizarse con el antes de empezar con las prácticas de taller.

Material y Equipo

- DL SOLAR-D1 Completo

3. Documentación de referencia

- Photovoltaic Solar Energy Trainer Manual “De Lorenzo DL-SOLAR-D1”.
- Sánchez, Miguel Ángel “Energía Solar Fotovoltaica”, México: Limusa: Innovación y Cualificación, 2012.

4. Procedimiento:

- Identificar los componentes del sistema fotovoltaico, específicamente:
 - Panel Solar
 - Módulos:
 - DL 9032
 - DL 9031
 - DL 9017
 - DL 9021
 - DL 9030
 - Soporte para módulos DL SOLAR
- Identificar las conexiones de salida del generador eléctrico, localizados en la parte trasera y en la parte superior del panel.

Realizado por M.I. Eric Efrén Villanueva Vega Erik Rodrigo Arellano Gutiérrez Función Profesor	Coordinado por M.I. Eric Efrén Villanueva Vega Función Coordinador de Ing. en Energías Renovables	Aprobado por M. I. Antonio Gómez Roa Función Director
--	--	--

	UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA UNIDAD VALLE DE LAS PALMAS	CÓDIGO: SG-PE-IER
	PROGRAMA EDUCATIVO DE INGENIERÍA EN ENERGÍAS RENOVABLES	REVISIÓN No. 2
	MANUAL DE PRÁCTICAS DE ENERGIA SOLAR APLICADA	PAGINA 9 / 61



Figura 1 Parte superior del panel solar.

3. Identificar el termómetro y piranómetro en la parte superior del módulo fotovoltaico.

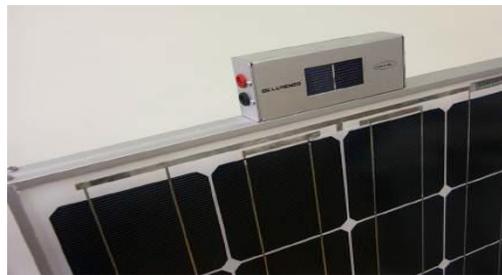


Figura 2 Sensores del módulo fotovoltaico.

4. Identificar las ranuras del Soporte de Módulos y la forma adecuada de montarlos.

Realizado por M.I. Eric Efrén Villanueva Vega Erik Rodrigo Arellano Gutiérrez Función Profesor	Coordinado por M.I. Eric Efrén Villanueva Vega Función Coordinador de Ing. en Energías Renovables	Aprobado por M. I. Antonio Gómez Roa Función Director
--	--	--

	UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA UNIDAD VALLE DE LAS PALMAS	CÓDIGO: SG-PE-IER
	PROGRAMA EDUCATIVO DE INGENIERÍA EN ENERGÍAS RENOVABLES	REVISIÓN No. 2
	MANUAL DE PRÁCTICAS DE ENERGIA SOLAR APLICADA	PAGINA 10 / 61

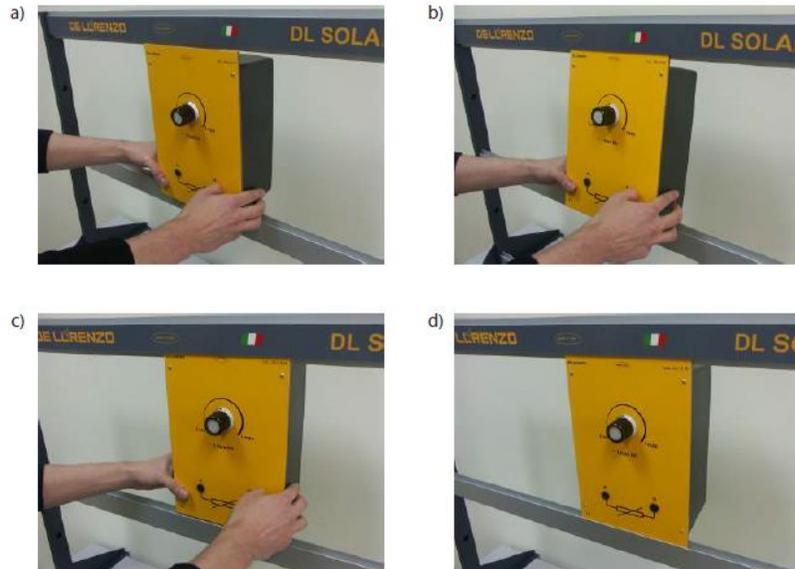


Figura 3 Paso a paso la forma adecuada de montar los módulos en el soporte.

5. Identificar los Módulos y familiarizarse con:

- Las etiquetas que indican los componentes incluidos en cada módulo.
- Las clavijas para las conexiones.

Realizado por M.I. Eric Efrén Villanueva Vega Erik Rodrigo Arellano Gutiérrez Función Profesor	Coordinado por M.I. Eric Efrén Villanueva Vega Función Coordinador de Ing. en Energías Renovables	Aprobado por M. I. Antonio Gómez Roa Función Director
--	--	--

	UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA UNIDAD VALLE DE LAS PALMAS	CÓDIGO: SG-PE-IER
	PROGRAMA EDUCATIVO DE INGENIERÍA EN ENERGÍAS RENOVABLES	REVISIÓN No. 2
	MANUAL DE PRÁCTICAS DE ENERGIA SOLAR APLICADA	PAGINA 11 / 61



Figura 4 DL 9030 y DL 9021 respectivamente.

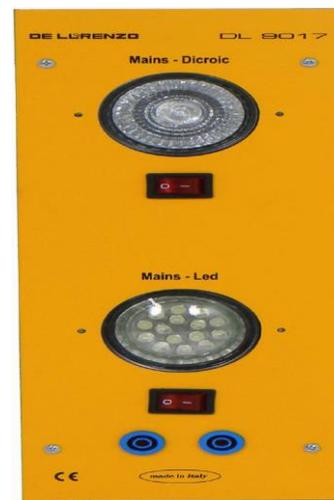


Figura 5 DL 9031, DL 9032 y DL9017 respectivamente.

6. Identificar el conjunto de cables utilizados para las conexiones de módulo a módulo en el soporte de módulos y al panel solar. Estos cables son los siguientes:
- Cables para la interpretación de datos del termómetro y piranómetro

Realizado por M.I. Eric Efrén Villanueva Vega Erik Rodrigo Arellano Gutiérrez Función Profesor	Coordinado por M.I. Eric Efrén Villanueva Vega Función Coordinador de Ing. en Energías Renovables	Aprobado por M. I. Antonio Gómez Roa Función Director
--	--	--

	UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA UNIDAD VALLE DE LAS PALMAS	CÓDIGO: SG-PE-IER
	PROGRAMA EDUCATIVO DE INGENIERÍA EN ENERGÍAS RENOVABLES	REVISIÓN No. 2
	MANUAL DE PRÁCTICAS DE ENERGIA SOLAR APLICADA	PAGINA 12 / 61

- Conjunto de cables rojos negros y azules de 110cm de largo



Figura 6 Cable para los sensores y conjunto de cables para módulos.

- Conjunto de cables de color negro y rojo con conector de 4mm y 60cm de largo.
- 2 cables de alimentación para los módulos 9030 y 0932.



Figura 7 Conjunto de cables para módulos y cables de alimentación.

Realizado por M.I. Eric Efrén Villanueva Vega Erik Rodrigo Arellano Gutiérrez Función Profesor	Coordinado por M.I. Eric Efrén Villanueva Vega Función Coordinador de Ing. en Energías Renovables	Aprobado por M. I. Antonio Gómez Roa Función Director
--	--	--

	UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA UNIDAD VALLE DE LAS PALMAS	CÓDIGO: SG-PE-IER
	PROGRAMA EDUCATIVO DE INGENIERÍA EN ENERGÍAS RENOVABLES	REVISIÓN No. 2
	MANUAL DE PRÁCTICAS DE ENERGIA SOLAR APLICADA	PAGINA 13 / 61

PRÁCTICA 1. Medición de potencia, corriente y voltaje.

1. Objetivo

- Aprender como conectar los módulos según los esquemas.
- Aprender como medir corriente, potencia y voltaje en los módulos.
- Medir los voltajes principales.
- Comparar el consumo eléctrico de diferentes tipos de cargas.

2. Alcance

La siguiente practica muestra el procedimiento para colocar los módulos de entrenamiento

3. Documentación de referencia

- Photovoltaic Solar Energy Trainer Manual “De Lorenzo DL-SOLAR-D1”.
- Sánchez, Miguel Ángel “Energía Solar Fotovoltaica”, México: Limusa: Innovación y Cualificación, 2012.

4. Definiciones

Resistencia: Oposición que encuentra la corriente a su paso por un circuito eléctrico cerrado, atenuando o frenando el libre flujo de circulación de las cargas eléctricas o electrones. Cualquier dispositivo conectado a un circuito eléctrico representa en sí una carga, resistencia u obstáculo para la circulación de la corriente eléctrica.

Lampara halógena: Variante de la lámpara incandescente, en la que el gas inerte se sustituye por un gas halógeno y el vidrio por un compuesto de cuarzo, que soporta mucho mejor el calor y los gases se encuentran en equilibrio químico, mejorando el rendimiento y aumentando su vida útil.

Breaker corto-circuito: Es un interruptor eléctrico de funcionamiento automático diseñado para proteger un circuito eléctrico de los daños causados por el exceso de corriente de una sobrecarga o un cortocircuito. Su función básica es interrumpir el flujo de corriente después de detectar una falla.

5. Procedimiento

• Material y Equipo

- 1) Fuente de poder AC- DL 9032
- 2) Módulo de cortocircuito DL 9031
- 3) Modulo de cargas AC DL 9017
- 4) Modulo tipo Multímetro AC DL 9030

Realizado por M.I. Eric Efrén Villanueva Vega Erik Rodrigo Arellano Gutiérrez Función Profesor	Coordinado por M.I. Eric Efrén Villanueva Vega Función Coordinador de Ing. en Energías Renovables	Aprobado por M. I. Antonio Gómez Roa Función Director
--	--	--

	UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA UNIDAD VALLE DE LAS PALMAS	CÓDIGO: SG-PE-IER
	PROGRAMA EDUCATIVO DE INGENIERÍA EN ENERGÍAS RENOVABLES	REVISIÓN No. 2
	MANUAL DE PRÁCTICAS DE ENERGIA SOLAR APLICADA	PAGINA 14 / 61

● **Actividades de Pre-laboratorio (Ejemplos de introducción)**

- 1) ¿Porque es necesario tener un interruptor de corto-circuito en circuitos de corriente alterna?

- 2) ¿Cuál es la resistencia de la carga si el amperímetro muestra una corriente de 0.5 Amperes y el voltímetro muestra un voltaje de 230V?

- 3) ¿Cuál es la resistencia interna en un amperímetro ideal?

- 4) ¿Cuál es la resistencia interna en un voltímetro ideal?

● **Introducción: Conexión apropiada de las fases**

Antes de empezar la practica es importante revisar lo siguiente:

- Usar la sonda para revisar que las fases estén conectadas correctamente (sin la sonda no es posible saberlo) como se muestra en la figura 1.



Figura 1 Prueba para revisar la conexión correcta de la fase.

Realizado por M.I. Eric Efrén Villanueva Vega Erik Rodrigo Arellano Gutiérrez Función Profesor	Coordinado por M.I. Eric Efrén Villanueva Vega Función Coordinador de Ing. en Energías Renovables	Aprobado por M. I. Antonio Gómez Roa Función Director
--	--	--

	UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA UNIDAD VALLE DE LAS PALMAS	CÓDIGO: SG-PE-IER
	PROGRAMA EDUCATIVO DE INGENIERÍA EN ENERGÍAS RENOVABLES	REVISIÓN No. 2
	MANUAL DE PRÁCTICAS DE ENERGIA SOLAR APLICADA	PAGINA 15 / 61

- La sonda deberá encender cuando se presiona ante la L1, y debería permanecer apagada cuando se coloca en la terminal del Neutro.
- Si la L1 y el Neutro se encuentra invertidos, girar el cable como muestra la figura 2.
- Comprobar con la sonda una vez más la conexión L1-Neutro.



Figura 2 Girando los cables.

Realizado por M.I. Eric Efrén Villanueva Vega Erik Rodrigo Arellano Gutiérrez Función Profesor	Coordinado por M.I. Eric Efrén Villanueva Vega Función Coordinador de Ing. en Energías Renovables	Aprobado por M. I. Antonio Gómez Roa Función Director
--	--	--

	UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA UNIDAD VALLE DE LAS PALMAS	CÓDIGO: SG-PE-IER
	PROGRAMA EDUCATIVO DE INGENIERÍA EN ENERGÍAS RENOVABLES	REVISIÓN No. 2
	MANUAL DE PRÁCTICAS DE ENERGIA SOLAR APLICADA	PAGINA 16 / 61

- **Ejercicio 1: Medición de la tensión de red**

Conectar el modulo como se muestra en la figura 3.

a) La primera fila del módulo DL 9030 muestra el voltaje de red: _____ V.

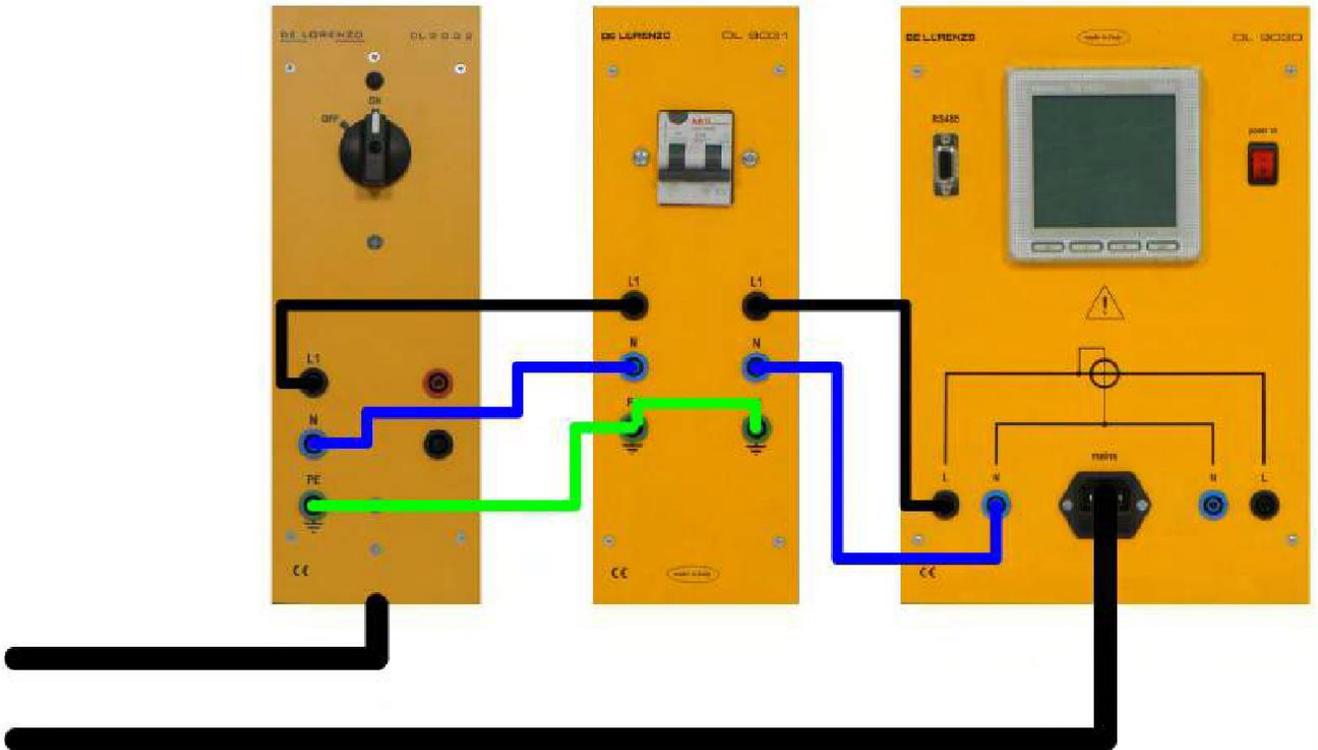


Figura 3 Esquema de conexión del ejercicio 1.

- **Ejercicio 2. Medición de la corriente de carga, tensión, potencia y energía.**

Agregar el módulo de carga DL 9017 y conectar el módulo como se muestra en la figura 4.

Realizado por M.I. Eric Efrén Villanueva Vega Erik Rodrigo Arellano Gutiérrez Función Profesor	Coordinado por M.I. Eric Efrén Villanueva Vega Función Coordinador de Ing. en Energías Renovables	Aprobado por M. I. Antonio Gómez Roa Función Director
--	--	--

	UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA UNIDAD VALLE DE LAS PALMAS	CÓDIGO: SG-PE-IER
	PROGRAMA EDUCATIVO DE INGENIERÍA EN ENERGÍAS RENOVABLES	REVISIÓN No. 2
	MANUAL DE PRÁCTICAS DE ENERGIA SOLAR APLICADA	PAGINA 17 / 61

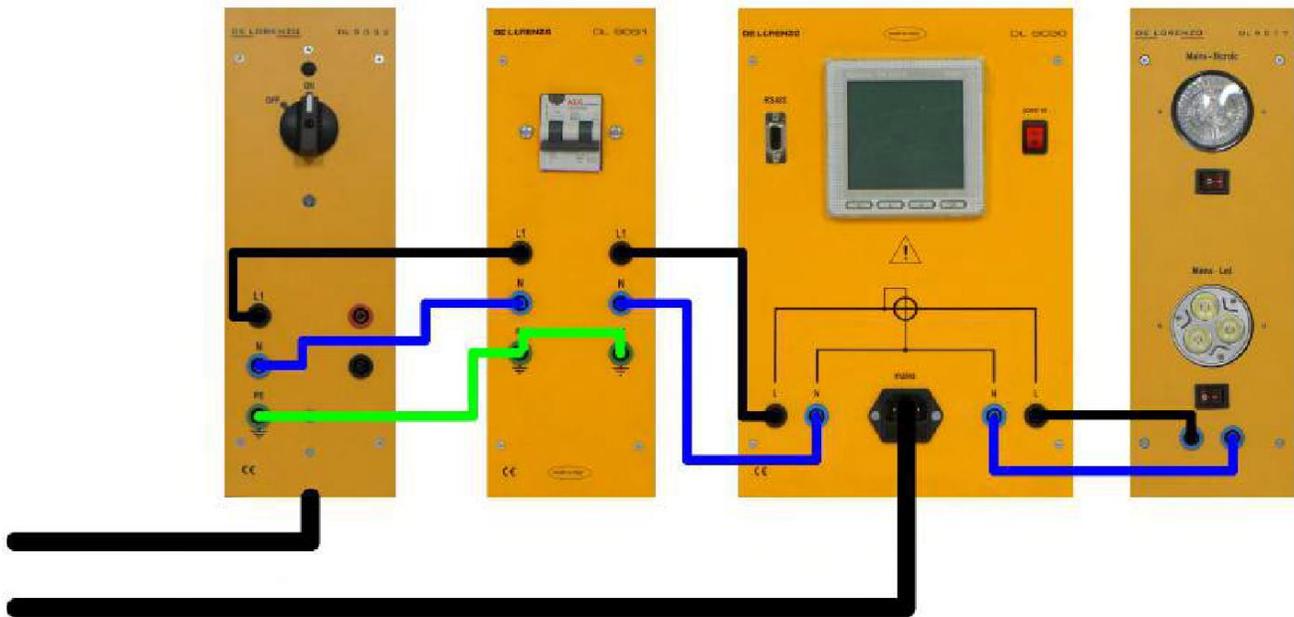


Figura 4 Esquema de conexión del ejercicio 2.

Dibujar el esquema eléctrico para este ejercicio.

Área de dibujo

Realizado por M.I. Eric Efrén Villanueva Vega Erik Rodrigo Arellano Gutiérrez Función Profesor	Coordinado por M.I. Eric Efrén Villanueva Vega Función Coordinador de Ing. en Energías Renovables	Aprobado por M. I. Antonio Gómez Roa Función Director
--	--	--

	UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA UNIDAD VALLE DE LAS PALMAS	CÓDIGO: SG-PE-IER
	PROGRAMA EDUCATIVO DE INGENIERÍA EN ENERGÍAS RENOVABLES	REVISIÓN No. 2
	MANUAL DE PRÁCTICAS DE ENERGIA SOLAR APLICADA	PAGINA 18 / 61

Siga el procedimiento descrito y complete la siguiente tabla.

Medidas de lámpara halógena

- 1) Encender la lampara halógena.
- 2) Anotar el voltaje y la corriente.
- 3) Calcular la resistencia de la lampara halógena y compararla con su resistencia nominal.
- 4) Calcular la potencia de la lampara halógena.
- 5) Comparar la potencia calculada y la potencia medida por el DL 9030. ¿Entregan la misma potencia? _____
- 6) Dejar encendida la lampara halógena por 5 minutos y anotar el consumo eléctrico.
- 7) Apagar la lampara halógena.

Mediciones de lampara LED

- 8) Encender lampara LED.
- 9) Anotar el voltaje y la corriente.
- 10) Calcular la resistencia de la lampara LED y compararla con su resistencia nominal.
- 11) Calcular la potencia de la lampara LED.
- 12) Comparar la potencia calculada y la potencia medida por el DL 9030. ¿Entregan la misma potencia? _____
- 13) Dejar encendida la lampara LED por 5 minutos y anotar el consumo eléctrico.
- 14) Apagar la lampara LED.

Mediciones de las lámparas LED y halógena

- 15) Encender ambas lámparas LED y halógena.
- 16) Anotar el voltaje y la corriente.
- 17) Calcular la resistencia de las lámparas en paralelo basándote en las mediciones de corriente y voltaje.
- 18) Calcular la resistencia paralela basándote en los datos de resistencia nominal.
- 19) Anotar la potencia medida.
- 20) Calcular la potencia con los datos de corriente y voltaje medidos.
- 21) Dejar encendidas ambas lámparas y anotar el consumo eléctrico.
- 22) Apagar las lámparas.

Realizado por M.I. Eric Efrén Villanueva Vega Erik Rodrigo Arellano Gutiérrez Función Profesor	Coordinado por M.I. Eric Efrén Villanueva Vega Función Coordinador de Ing. en Energías Renovables	Aprobado por M. I. Antonio Gómez Roa Función Director
--	--	--

	UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA UNIDAD VALLE DE LAS PALMAS	CÓDIGO: SG-PE-IER
	PROGRAMA EDUCATIVO DE INGENIERÍA EN ENERGÍAS RENOVABLES	REVISIÓN No. 2
	MANUAL DE PRÁCTICAS DE ENERGIA SOLAR APLICADA	PAGINA 19 / 61

	Lámpara Halógena	Lámpara LED	Lámpara Halógena + LED
Voltaje			
Corriente			
Resistencia calculada			
Resistencia nominal			
Potencia medida			
Potencia calculada			
Consumo eléctrico durante 5 minutos			

Preguntas de evaluación

1) ¿Cuál es el rol de tener un interruptor de corto-circuito en circuitos de corriente alterna?

2) ¿Por qué el voltaje permanece constante en las tres columnas de la tabla superior?

3) Comparar el consumo eléctrico de la lampara halógena y LED:

4) Si la lampara LED es 5 veces más cara que una lampara halógena, ¿es viable económicamente utilizarlas?

Realizado por M.I. Eric Efrén Villanueva Vega Erik Rodrigo Arellano Gutiérrez Función Profesor	Coordinado por M.I. Eric Efrén Villanueva Vega Función Coordinador de Ing. en Energías Renovables	Aprobado por M. I. Antonio Gómez Roa Función Director
--	--	--

	UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA UNIDAD VALLE DE LAS PALMAS	CÓDIGO: SG-PE-IER
	PROGRAMA EDUCATIVO DE INGENIERÍA EN ENERGÍAS RENOVABLES	REVISIÓN No. 2
	MANUAL DE PRÁCTICAS DE ENERGIA SOLAR APLICADA	PAGINA 20 / 61

PRÁCTICA 2. Medición de irradiación y temperatura.

1. Objetivo

- Conectar el panel solar al módulo de medición
- Lectura de los valores dados de irradiación, temperatura y voltaje
- Aprender ajustar el panel solar en la posición de mayor irradiación
- Probar inclinaciones y direcciones diferentes del panel solar

2. Alcance

La siguiente practica muestra el procedimiento para posicionar un panel solar a diferentes ángulos de inclinación con el fin de obtener el máximo rendimiento de las células fotovoltaicas, lo cual es aplicado en todas las instalaciones fotovoltaicas consiguiendo generar la máxima energía posible de los módulos, esto al recibir la mayor irradiación solar entregada por día.

3. Documentación de referencia

- Photovoltaic Solar Energy Trainer Manual “De Lorenzo DL-SOLAR-D1”
- Sánchez, Miguel Ángel “Energía Solar Fotovoltaica”, México: Limusa: Innovación y Cualificación, 2012

4. Definiciones

Azimut: Es el ángulo que forma un cuerpo celeste y el Norte, medido en sentido de rotación de las agujas de un reloj alrededor del horizonte del observador.

Irradiación solar: Es la magnitud que mide la energía por unidad de área de radiación solar incidente en una superficie colocada en un lugar y rango de tiempo bien especificados. La magnitud es frecuentemente designada como radiación solar. Su valor depende críticamente de la latitud, la época del año, las horas del día y el clima imperante en el lugar.

Panel solar: Son los elementos fundamentales de cualquier sistema solar fotovoltaico, y su misión es captar la energía solar incidente para generar una corriente eléctrica.

5. Procedimiento

• Material y Equipo

- 1) Panel Solar de Lorenzo
- 2) Fuente de poder DC- DL9032
- 3) Módulo de medición para panel solar DL 9021
- 4) Brújula

Realizado por M.I. Eric Efrén Villanueva Vega Erik Rodrigo Arellano Gutiérrez Función Profesor	Coordinado por M.I. Eric Efrén Villanueva Vega Función Coordinador de Ing. en Energías Renovables	Aprobado por M. I. Antonio Gómez Roa Función Director
--	--	--

	UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA UNIDAD VALLE DE LAS PALMAS	CÓDIGO: SG-PE-IER
	PROGRAMA EDUCATIVO DE INGENIERÍA EN ENERGÍAS RENOVABLES	REVISIÓN No. 2
	MANUAL DE PRÁCTICAS DE ENERGIA SOLAR APLICADA	PAGINA 21 / 61

• **Actividades de Pre-laboratorio (Ejemplos de introducción)**

- 1) ¿En qué unidad se mide la irradiación solar?

- 2) ¿Un panel solar genera corriente en DC o AC?

- 3) ¿En cuál de las siguientes posiciones el panel solar producirá mayor electricidad?

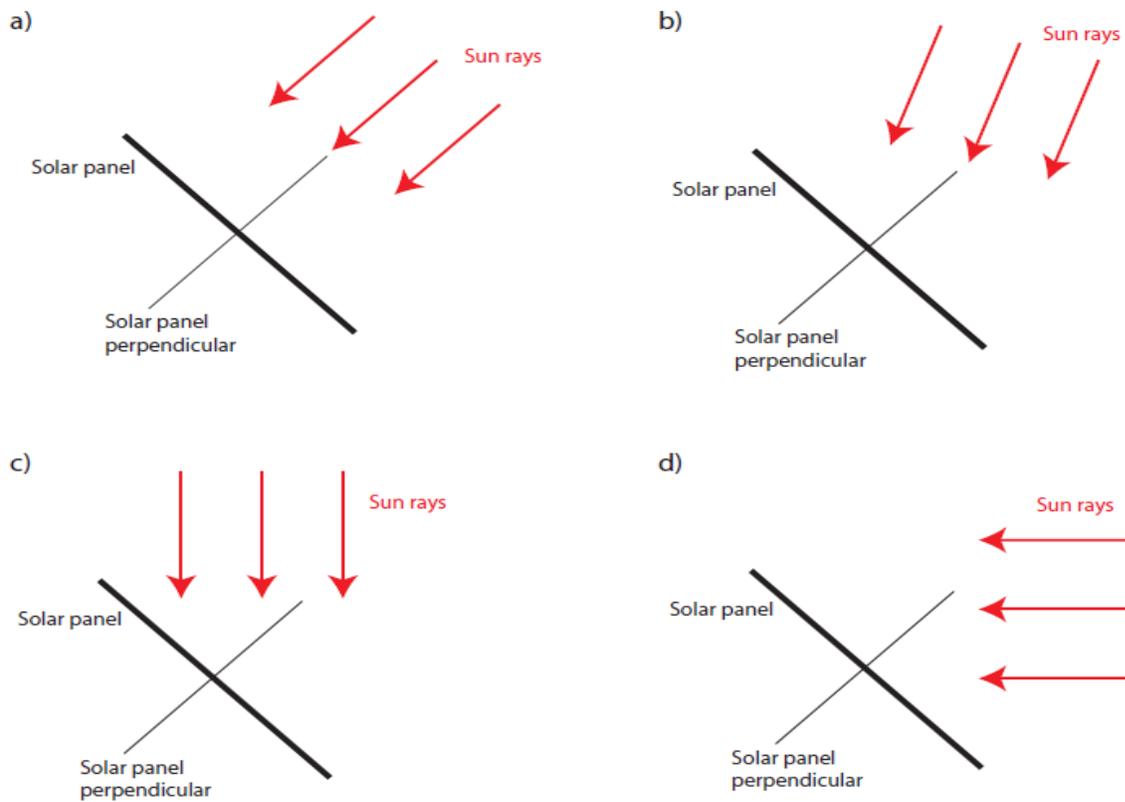


Figura 1. Posiciones del panel solar

Realizado por M.I. Eric Efrén Villanueva Vega Erik Rodrigo Arellano Gutiérrez Función Profesor	Coordinado por M.I. Eric Efrén Villanueva Vega Función Coordinador de Ing. en Energías Renovables	Aprobado por M. I. Antonio Gómez Roa Función Director
--	--	--

	UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA UNIDAD VALLE DE LAS PALMAS	CÓDIGO: SG-PE-IER
	PROGRAMA EDUCATIVO DE INGENIERÍA EN ENERGÍAS RENOVABLES	REVISIÓN No. 2
	MANUAL DE PRÁCTICAS DE ENERGIA SOLAR APLICADA	PAGINA 22 / 61

• **Ejercicio 1: Posicionar el panel solar a la posición de mayor irradiación**

Conectar el modulo como se muestra en la figura 2

- Encontrar la posición en la cual el panel solar recibe mayor irradiación (encontrar el azimut utilizando la brújula, así como también la inclinación con el medidor de ángulos incluido al costado del panel solar): _____° al norte y _____° de la posición horizontal.
- Leer la temperatura del panel solar: _____°

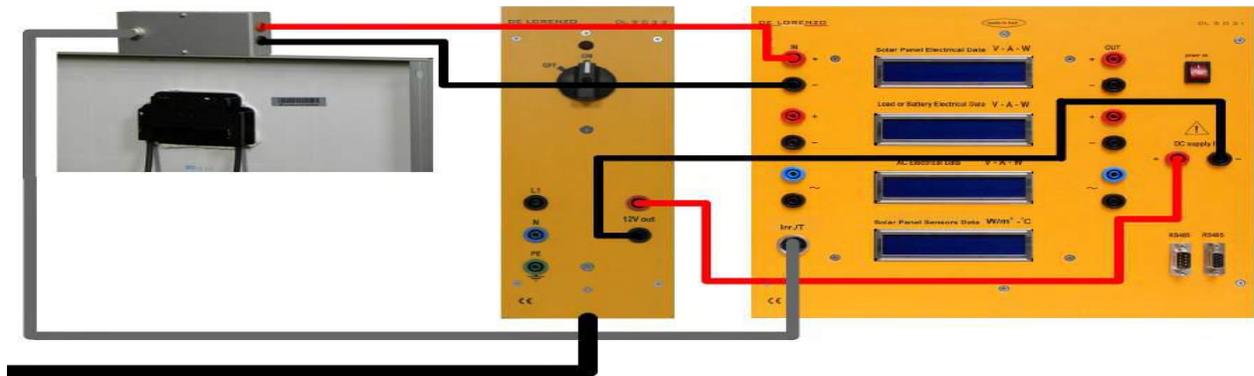


Figura 2 Esquema de conexiones de los ejercicios 1,2,3 y 4.

• **Ejercicio 2. Cambiando la inclinación del panel solar**

- Cambiar la inclinación del panel solar (mantener azimut constante) y llenar la siguiente tabla
- Dibujar la gráfica de inclinación/irradiación basada en las mediciones

Inclination (°)	Irradiation (W/m ²)
0	
10	
20	
30	
40	
50	
60	
70	
80	
90	

Realizado por M.I. Eric Efrén Villanueva Vega Erik Rodrigo Arellano Gutiérrez Función Profesor	Coordinado por M.I. Eric Efrén Villanueva Vega Función Coordinador de Ing. en Energías Renovables	Aprobado por M. I. Antonio Gómez Roa Función Director
--	--	--

	UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA UNIDAD VALLE DE LAS PALMAS	CÓDIGO: SG-PE-IER
	PROGRAMA EDUCATIVO DE INGENIERÍA EN ENERGÍAS RENOVABLES	REVISIÓN No. 2
	MANUAL DE PRÁCTICAS DE ENERGIA SOLAR APLICADA	PAGINA 23 / 61

• **Ejercicio 3 Cambiar el azimut del panel solar**

- Cambiar el azimut (la inclinación es constante) del panel solar y contestar la siguiente tabla
- Dibujar la gráfica azimut/irradiación basada en las mediciones

Azimuth (°)	Irradiation (W/m ²)	[Grid for graph plotting]											
0													
30													
60													
90													
120													
150													
180													
210													
240													
270													
300													
330													

• **Ejercicio 4. Cubrir el panel solar con diferentes materiales**

- Poner el panel solar en la posición de mayor irradiación.
- Leer el valor de irradiación y escribirlos en la siguiente tabla
- Cubrir el panel solar con diferentes materiales (ej. Papel, cartón, tela) y escribe los valores de irradiaciones la siguiente tabla

	Uncovered	Material 1: _____	Material 2: _____	Material 3: _____
Irradiation (W/m ²)				

Tabla 1. Irradiaciones con distintos materiales

Realizado por M.I. Eric Efrén Villanueva Vega Erik Rodrigo Arellano Gutiérrez Función Profesor	Coordinado por M.I. Eric Efrén Villanueva Vega Función Coordinador de Ing. en Energías Renovables	Aprobado por M. I. Antonio Gómez Roa Función Director
--	--	--

	UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA UNIDAD VALLE DE LAS PALMAS	CÓDIGO: SG-PE-IER
	PROGRAMA EDUCATIVO DE INGENIERÍA EN ENERGÍAS RENOVABLES	REVISIÓN No. 2
	MANUAL DE PRÁCTICAS DE ENERGIA SOLAR APLICADA	PAGINA 24 / 61

Preguntas de evaluación

- 1) Una forma fácil de maximizar el rendimiento del panel solar es acoplado un mecanismo el cual se encarga de seguir al sol en el cielo. Sera viable económicamente utilizar estos mecanismos si consumen 700WH/día?

Hour	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12
Stationary solar panel (W/m ²)	8	24	38	46	100	134	152
Moving solar panel (W/m ²)	28	49	67	89	125	148	160
Hour	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19
Stationary solar panel (W/m ²)	140	115	68	41	29	21	9
Moving solar panel (W/m ²)	150	138	97	75	54	38	24

Tabla.2 Comparación entre panel solar fijo y panel solar con mecanismo de seguimiento

- 2) ¿Normalmente, cual es la mejor dirección (Norte, Este, Sur u Oeste) para posicionar el panel solar?
- 3) ¿Cuáles materiales utilizados en el ejercicio 4 afectaron más la irradiación en el panel solar? ¿Por qué?

- Conclusiones

Realizado por M.I. Eric Efrén Villanueva Vega Erik Rodrigo Arellano Gutiérrez Función Profesor	Coordinado por M.I. Eric Efrén Villanueva Vega Función Coordinador de Ing. en Energías Renovables	Aprobado por M. I. Antonio Gómez Roa Función Director
--	--	--

	UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA UNIDAD VALLE DE LAS PALMAS	CÓDIGO: SG-PE-IER
	PROGRAMA EDUCATIVO DE INGENIERÍA EN ENERGÍAS RENOVABLES	REVISIÓN No. 2
	MANUAL DE PRÁCTICAS DE ENERGIA SOLAR APLICADA	PAGINA 25 / 61

PRÁCTICA 3. Irradiación solar a lo largo del día.

1. Objetivo

Obtener una curva de irradiación diaria en Valle de las Palmas.

2. Alcance

La realización de esta práctica es para conocer la radiación solar disponible en el plano de un generador FV, permite al estudiante conocer cómo es que se forman las curvas de irradiación solar diaria de cada ciudad, en este caso realizando una del ejido Valle de las Palmas.

3. Documentación de referencia

- Photovoltaic Solar Energy Trainer Manual “De Lorenzo DL-SOLAR-D1”
- Sánchez, M (2012). “*Energía Solar Fotovoltaica*”. México: Limusa: Innovación y Cualificación.

4. Definiciones

Azimut-Acimut: Es el ángulo que forma un cuerpo celeste y el Norte, medido en sentido de rotación de las agujas de un reloj alrededor del horizonte del observador.

Irradiación solar: Es la magnitud que mide la energía por unidad de área de radiación solar incidente en una superficie colocada en un lugar y rango de tiempo bien especificados. La magnitud es frecuentemente designada como radiación solar. Su valor depende críticamente de la latitud, la época del año, las horas del día y el clima imperante en el lugar.

Panel solar: Son los elementos fundamentales de cualquier sistema solar fotovoltaico, y su misión es captar la energía solar incidente para generar una corriente eléctrica.

5. Procedimiento

• Material y Equipo

- 1) Panel Solar de Lorenzo
- 2) Fuente de poder DC- DL9032
- 3) Módulo de medición para panel solar DL 9021
- 4) Brújula

• Actividades de Pre-laboratorio (Ejemplos de introducción)

- 1) ¿Cuál es el azimut del sureste?
- 2) ¿A qué hora del día es mayor la irradiación solar?

Realizado por M.I. Eric Efrén Villanueva Vega Erik Rodrigo Arellano Gutiérrez Función Profesor	Coordinado por M.I. Eric Efrén Villanueva Vega Función Coordinador de Ing. en Energías Renovables	Aprobado por M. I. Antonio Gómez Roa Función Director
--	--	--

	UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA UNIDAD VALLE DE LAS PALMAS	CÓDIGO: SG-PE-IER
	PROGRAMA EDUCATIVO DE INGENIERÍA EN ENERGÍAS RENOVABLES	REVISIÓN No. 2
	MANUAL DE PRÁCTICAS DE ENERGIA SOLAR APLICADA	PAGINA 26 / 61

• **Ejercicio 1: Obtención de los datos de irradiación solar**

Conectar el módulo como se muestra en la Figura 1.

- a) Encontrar la posición en la cual el panel solar recibe mayor irradiación (encontrar el azimut utilizando la brújula, así como también la inclinación con el medidor de ángulos incluido al costado del panel solar): _____° al norte y _____° de la posición horizontal.
- b) Leer la temperatura del panel solar: _____°

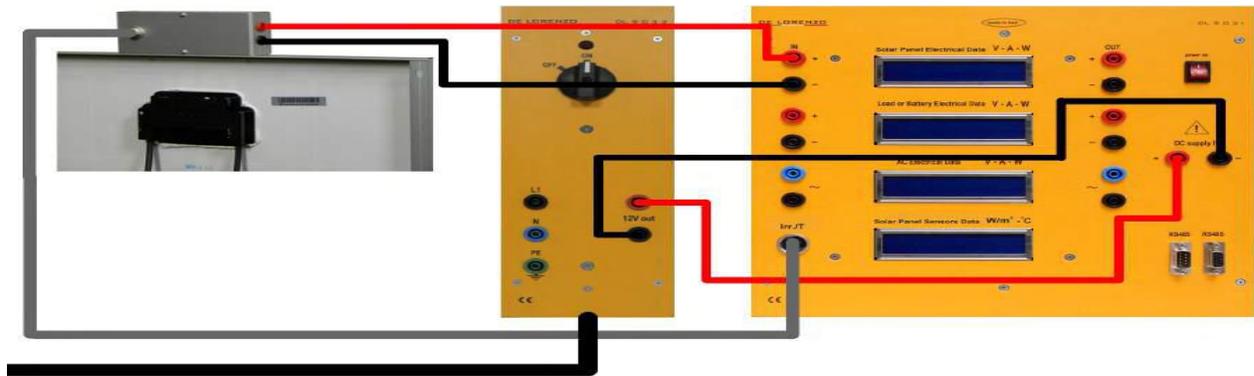


Figura 1. Esquema de conexiones del ejercicio 1.

- c) Completa la fila correspondiente en la siguiente tabla.

Hora	Irradiación (W/m ²)	Inclinación (°)	Azimut (°)	Temperatura (°C)
9:00				
10:00				
11:00				
12:00				
13:00				
14:00				
15:00				
16:00				
17:00				

Realizado por M.I. Eric Efrén Villanueva Vega Erik Rodrigo Arellano Gutiérrez Función Profesor	Coordinado por M.I. Eric Efrén Villanueva Vega Función Coordinador de Ing. en Energías Renovables	Aprobado por M. I. Antonio Gómez Roa Función Director
--	--	--



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA
UNIDAD VALLE DE LAS PALMAS

CÓDIGO: SG-PE-IER

PROGRAMA EDUCATIVO DE INGENIERÍA EN ENERGÍAS RENOVABLES

REVISIÓN No. 2

MANUAL DE PRÁCTICAS DE ENERGIA SOLAR APLICADA

PAGINA 28 / 61

Gráfico de inclinación



Gráfico de acimut



Realizado por

M.I. Eric Efrén Villanueva Vega
Erik Rodrigo Arellano Gutiérrez

Función

Profesor

Coordinado por

M.I. Eric Efrén Villanueva Vega

Función

Coordinador de Ing. en Energías Renovables

Aprobado por

M. I. Antonio Gómez Roa

Función

Director

	UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA UNIDAD VALLE DE LAS PALMAS	CÓDIGO: SG-PE-IER
	PROGRAMA EDUCATIVO DE INGENIERÍA EN ENERGÍAS RENOVABLES	REVISIÓN No. 2
	MANUAL DE PRÁCTICAS DE ENERGIA SOLAR APLICADA	PAGINA 30 / 61

PRÁCTICA 4. Curva de irradiación/voltaje del panel solar, Curva de irradiación/corriente y resistencia del panel solar.

1. Objetivo

- Investigar cómo la irradiación solar influye en el voltaje de salida en el panel solar.
- Investigar cómo la irradiación solar influye en la corriente de cortocircuito del panel solar.
- Medir la resistencia del panel solar.

2. Alcance

Con esta práctica el estudiante puede relacionar los cálculos realizados en la clase basados en las fichas técnicas de un panel solar, al analizar el comportamiento de la corriente y del voltaje en diferentes posiciones y orientaciones del panel solar.

3. Documentación de referencia

- Photovoltaic Solar Energy Trainer Manual “De Lorenzo DL-SOLAR-D1”
- Sánchez, M (2012). “*Energía Solar Fotovoltaica*”. México: Limusa: Innovación y Cualificación.

4. Definiciones

Corriente de saturación: Es la corriente limitante a través de un gas ionizado o un tubo de electrones, de manera que un mayor aumento de voltaje no produce un aumento adicional en la corriente. Varía con la temperatura; esta varianza es el término dominante en el coeficiente de temperatura para un diodo. Una regla general es que se duplica por cada 10 ° C de aumento de temperatura.

Irradiación solar: Es la magnitud que mide la energía por unidad de área de radiación solar incidente en una superficie colocada en un lugar y rango de tiempo bien especificados. La magnitud es frecuentemente designada como radiación solar. Su valor depende críticamente de la latitud, la época del año, las horas del día y el clima imperante en el lugar.

Panel solar: Son los elementos fundamentales de cualquier sistema solar fotovoltaico, y su misión es captar la energía solar incidente para generar una corriente eléctrica.

5. Procedimiento

• Material y Equipo

- 1) Panel Solar de Lorenzo
- 2) Fuente de poder DC- DL9032
- 3) Módulo de medición para panel solar DL 9021

• Actividades de Pre-laboratorio (Ejemplos de introducción)

Realizado por M.I. Eric Efrén Villanueva Vega Erik Rodrigo Arellano Gutiérrez Función Profesor	Coordinado por M.I. Eric Efrén Villanueva Vega Función Coordinador de Ing. en Energías Renovables	Aprobado por M. I. Antonio Gómez Roa Función Director
--	--	--

	UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA UNIDAD VALLE DE LAS PALMAS	CÓDIGO: SG-PE-IER
	PROGRAMA EDUCATIVO DE INGENIERÍA EN ENERGÍAS RENOVABLES	REVISIÓN No. 2
	MANUAL DE PRÁCTICAS DE ENERGIA SOLAR APLICADA	PAGINA 31 / 61

- 1) Con una irradiación de 1 kW/m^2 una célula solar proporciona la máxima potencia en la carga con 10Ω y un voltaje de 0.48 V . El área de una célula solar es de 6 cm^2 . Calcular la eficiencia de una célula solar:

Área de calculo:

• **Ejercicio 1: Obtención de la curva de radiación-voltaje del panel solar.**

Conectar el módulo como se muestra en la figura 1.

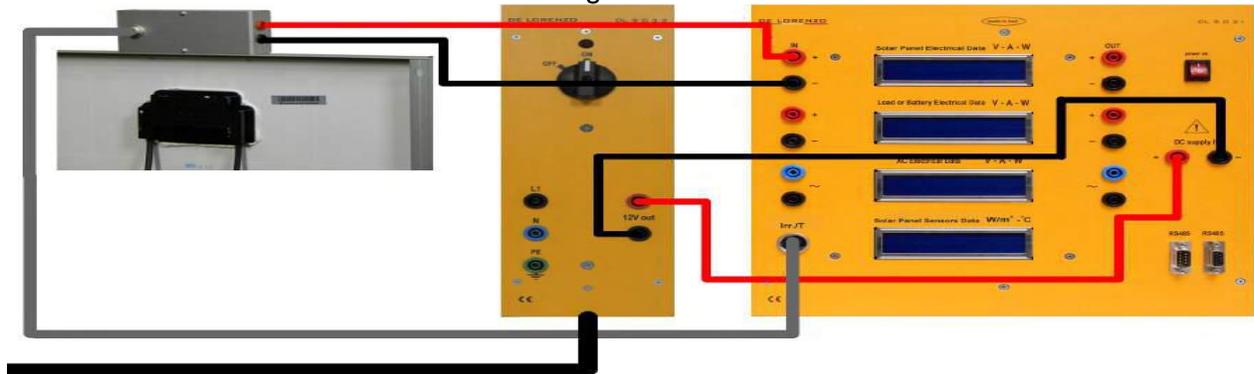


Figura 1. Esquema de conexiones del ejercicio 1.

- Encontrar la posición en la cual el panel solar recibe mayor irradiación (encontrar el azimut utilizando la brújula, así como también la inclinación con el medidor de ángulos incluido al costado del panel solar): _____° al norte y _____° de la posición horizontal.
- Anota los datos en la primera fila de la tabla.
- Cambiar la inclinación y dirección del panel solar para obtener al menos 8 valores diferentes de irradiación (entre cero y el máximo valor de irradiación). Anotar la tensión de salida del panel solar para cada uno de ellos en la tabla.
- Dibuja el gráfico de irradiación-voltaje.

Realizado por M.I. Eric Efrén Villanueva Vega Erik Rodrigo Arellano Gutiérrez Función Profesor	Coordinado por M.I. Eric Efrén Villanueva Vega Función Coordinador de Ing. en Energías Renovables	Aprobado por M. I. Antonio Gómez Roa Función Director
--	--	--

	UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA UNIDAD VALLE DE LAS PALMAS	CÓDIGO: SG-PE-IER
	PROGRAMA EDUCATIVO DE INGENIERÍA EN ENERGÍAS RENOVABLES	REVISIÓN No. 2
	MANUAL DE PRÁCTICAS DE ENERGIA SOLAR APLICADA	PAGINA 32 / 61

Irradiación (W/m ²)	Voltaje (V)



- e) Encontrar la posición en la que el panel solar proporciona la mayor irradiación una vez más.
- f) Medir el voltaje en circuito abierto: _____V

• **Ejercicio 2. Calculando la resistencia interna del panel solar**

Conectar los módulos como se muestra en la Figura 2.

Realizado por M.I. Eric Efrén Villanueva Vega Erik Rodrigo Arellano Gutiérrez Función Profesor	Coordinado por M.I. Eric Efrén Villanueva Vega Función Coordinador de Ing. en Energías Renovables	Aprobado por M. I. Antonio Gómez Roa Función Director
--	--	--

	UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA UNIDAD VALLE DE LAS PALMAS	CÓDIGO: SG-PE-IER
	PROGRAMA EDUCATIVO DE INGENIERÍA EN ENERGÍAS RENOVABLES	REVISIÓN No. 2
	MANUAL DE PRÁCTICAS DE ENERGIA SOLAR APLICADA	PAGINA 33 / 61

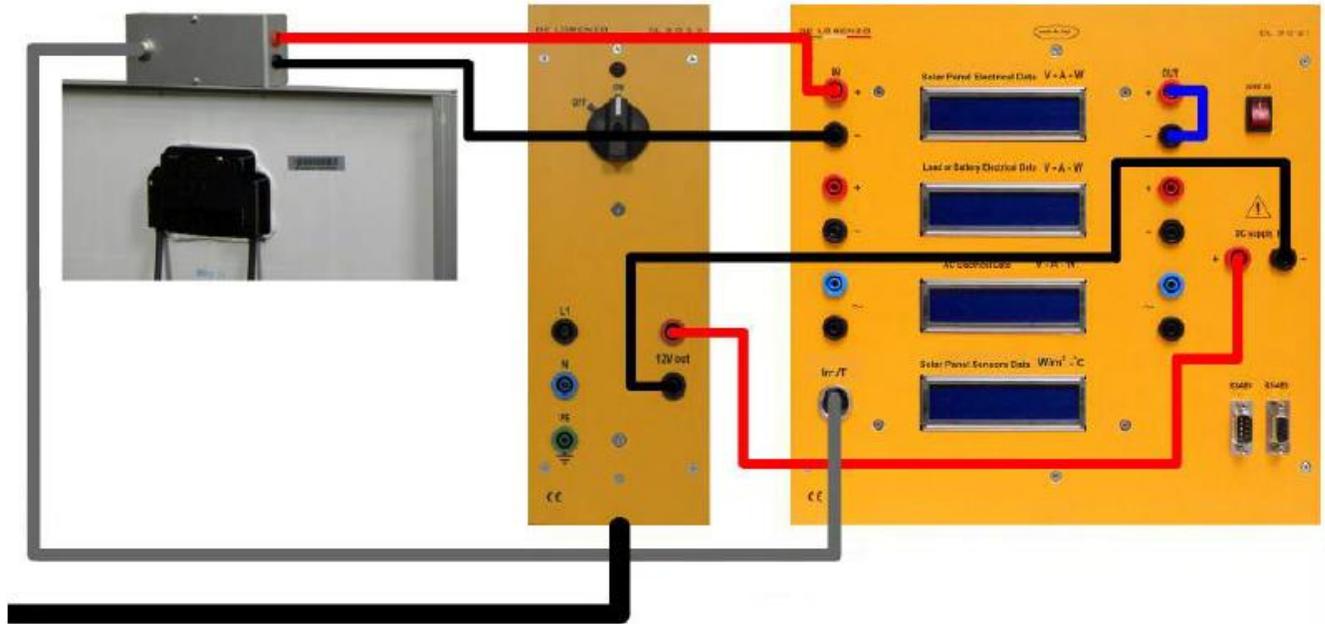


Figura 2. Esquema de conexiones para el ejercicio 2.

- Encontrar la posición en la cual el panel solar recibe mayor irradiación (encontrar el azimut utilizando la brújula, así como también la inclinación con el medidor de ángulos incluido al costado del panel solar): _____° al norte y _____° de la posición horizontal.
- Anota los datos en la primera fila de la tabla.
- Cambiar la inclinación y dirección del panel solar para obtener al menos 8 valores diferentes de irradiación (entre cero y el máximo valor de irradiación). Anotar la corriente de cortocircuito del panel solar para cada uno de ellos en la tabla.
- Dibujar la grafica de corriente-irradiacion.
- Encontrar la posición en la que el panel solar proporciona la mayor irradiación una vez más.
- Medir la corriente de cortocircuito: _____A.
- Usando el voltaje de circuito abierto obtenido en el punto f) del ejercicio anterior, calcular la resistencia interna del panel solar: _____Ω.

Realizado por M.I. Eric Efrén Villanueva Vega Erik Rodrigo Arellano Gutiérrez Función Profesor	Coordinado por M.I. Eric Efrén Villanueva Vega Función Coordinador de Ing. en Energías Renovables	Aprobado por M. I. Antonio Gómez Roa Función Director
--	--	--

	UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA UNIDAD VALLE DE LAS PALMAS	CÓDIGO: SG-PE-IER
	PROGRAMA EDUCATIVO DE INGENIERÍA EN ENERGÍAS RENOVABLES	REVISIÓN No. 2
	MANUAL DE PRÁCTICAS DE ENERGIA SOLAR APLICADA	PAGINA 35 / 61

PRÁCTICA 5. Características de voltaje-corriente de un panel solar.

1. Objetivo

Obtener la curva de voltaje-corriente del panel solar

2. Alcance

Con esta práctica el estudiante puede relacionar los cálculos realizados en la clase basados en las fichas técnicas de un panel solar, al analizar el comportamiento de la corriente y del voltaje en diferentes posiciones y orientaciones del panel solar.

3. Documentación de referencia

- Photovoltaic Solar Energy Trainer Manual “De Lorenzo DL-SOLAR-D1”
- Sánchez, M (2012). “*Energía Solar Fotovoltaica*”. México: Limusa: Innovación y Cualificación.

4. Definiciones

Corriente de saturación: Es la corriente limitante a través de un gas ionizado o un tubo de electrones, de manera que un mayor aumento de voltaje no produce un aumento adicional en la corriente. Varía con la temperatura; esta varianza es el término dominante en el coeficiente de temperatura para un diodo. Una regla general es que se duplica por cada 10 ° C de aumento de temperatura.

Irradiación solar: Es la magnitud que mide la energía por unidad de área de radiación solar incidente en una superficie colocada en un lugar y rango de tiempo bien especificados. La magnitud es frecuentemente designada como radiación solar. Su valor depende críticamente de la latitud, la época del año, las horas del día y el clima imperante en el lugar.

Panel solar: Son los elementos fundamentales de cualquier sistema solar fotovoltaico, y su misión es captar la energía solar incidente para generar una corriente eléctrica.

5. Procedimiento

• Material y Equipo

- 1) Panel Solar de Lorenzo
- 2) Fuente de poder DC- DL9032
- 3) Módulo de medición para panel solar DL 9021
- 4) Reóstato DL 9018

Realizado por M.I. Eric Efrén Villanueva Vega Erik Rodrigo Arellano Gutiérrez Función Profesor	Coordinado por M.I. Eric Efrén Villanueva Vega Función Coordinador de Ing. en Energías Renovables	Aprobado por M. I. Antonio Gómez Roa Función Director
--	--	--

	UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA UNIDAD VALLE DE LAS PALMAS	CÓDIGO: SG-PE-IER
	PROGRAMA EDUCATIVO DE INGENIERÍA EN ENERGÍAS RENOVABLES	REVISIÓN No. 2
	MANUAL DE PRÁCTICAS DE ENERGIA SOLAR APLICADA	PAGINA 37 / 61

Área de calculo:

- **Ejercicio 1: Obtención de la curva de corriente-voltaje del panel solar.**

El diagrama del circuito de este ejercicio se proporciona en la Figura 1, mientras que la Figura 2 proporciona un esquema detallado del circuito.

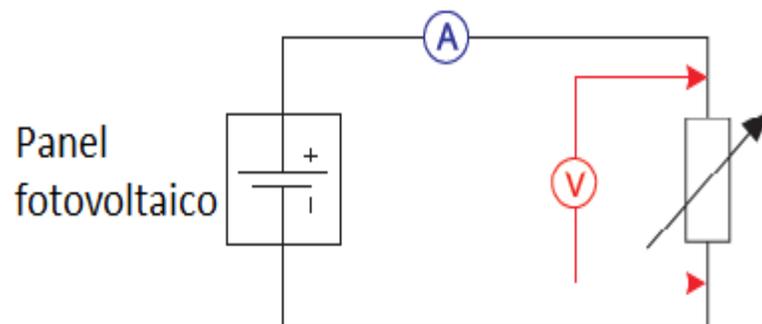


Figura 1. Diagrama del circuito del ejercicio 1.

Realizado por M.I. Eric Efrén Villanueva Vega Erik Rodrigo Arellano Gutiérrez Función Profesor	Coordinado por M.I. Eric Efrén Villanueva Vega Función Coordinador de Ing. en Energías Renovables	Aprobado por M. I. Antonio Gómez Roa Función Director
--	--	--

	UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA UNIDAD VALLE DE LAS PALMAS	CÓDIGO: SG-PE-IER
	PROGRAMA EDUCATIVO DE INGENIERÍA EN ENERGÍAS RENOVABLES	REVISIÓN No. 2
	MANUAL DE PRÁCTICAS DE ENERGIA SOLAR APLICADA	PAGINA 38 / 61

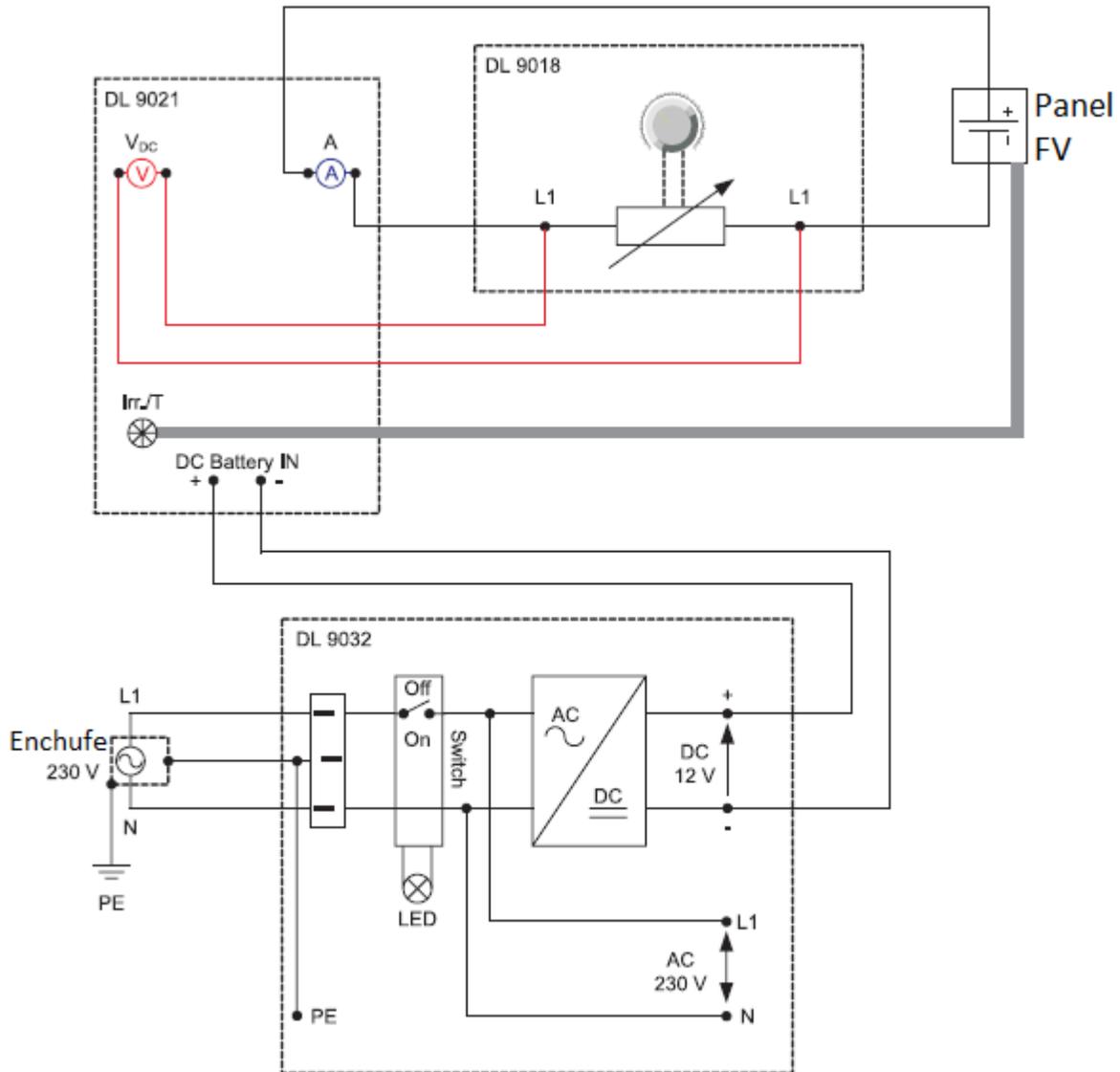


Figura 2. Circuito detallado para el ejercicio 1.

Conectar el módulo como se muestra en la figura 3.

Realizado por M.I. Eric Efrén Villanueva Vega Erik Rodrigo Arellano Gutiérrez Función Profesor	Coordinado por M.I. Eric Efrén Villanueva Vega Función Coordinador de Ing. en Energías Renovables	Aprobado por M. I. Antonio Gómez Roa Función Director
--	--	--

	UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA UNIDAD VALLE DE LAS PALMAS	CÓDIGO: SG-PE-IER
	PROGRAMA EDUCATIVO DE INGENIERÍA EN ENERGÍAS RENOVABLES	REVISIÓN No. 2
	MANUAL DE PRÁCTICAS DE ENERGIA SOLAR APLICADA	PAGINA 39 / 61

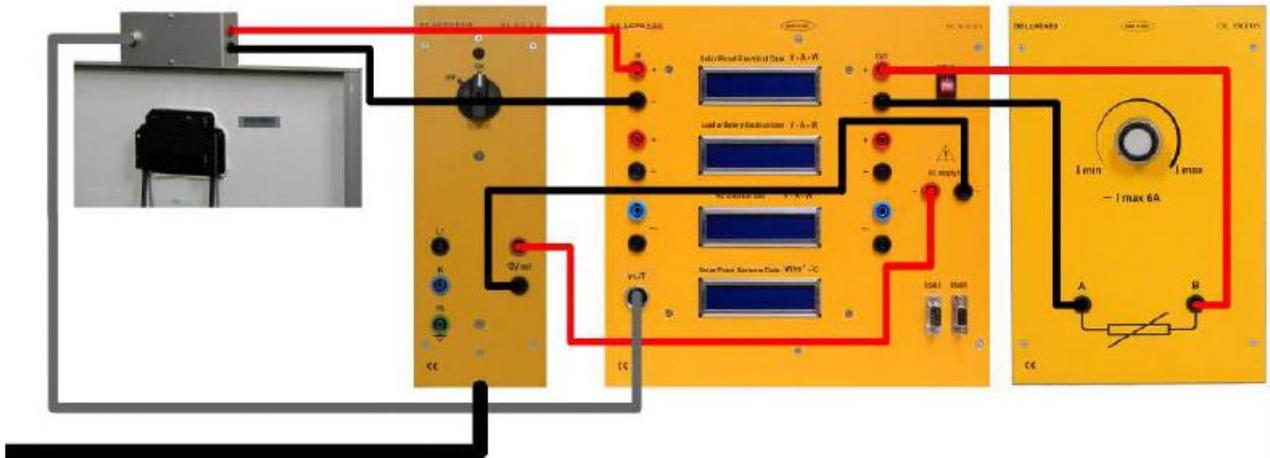


Figura 3. Esquema de conexiones del ejercicio 1.

- Encontrar la posición en la cual el panel solar recibe mayor irradiación (encontrar el azimut utilizando la brújula, así como también la inclinación con el medidor de ángulos incluido al costado del panel solar): _____° al norte y _____° de la posición horizontal.
- Ajustar el reóstato en la posición de máxima resistencia.
- Llenar la tabla con los valores de tensión y corriente.
- Bajar la resistencia del reóstato al 90% y rellenar los valores de tensión y corriente en la tabla.
- Repetir el punto d) en pasos de 10% hasta alcanzar la posición de resistencia mínima del reóstato.

Realizado por M.I. Eric Efrén Villanueva Vega Erik Rodrigo Arellano Gutiérrez Función Profesor	Coordinado por M.I. Eric Efrén Villanueva Vega Función Coordinador de Ing. en Energías Renovables	Aprobado por M. I. Antonio Gómez Roa Función Director
--	--	--

	UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA UNIDAD VALLE DE LAS PALMAS	CÓDIGO: SG-PE-IER
	PROGRAMA EDUCATIVO DE INGENIERÍA EN ENERGÍAS RENOVABLES	REVISIÓN No. 2
	MANUAL DE PRÁCTICAS DE ENERGIA SOLAR APLICADA	PAGINA 40 / 61

Resistencia del reóstato (%)	Voltaje (V)	Corriente (A)
100		
90		
80		
70		
60		
50		
40		
30		
20		
10		
0		

- f) Cambiar la inclinación y dirección del panel solar para obtener un 75% de la irradiación máxima. Repetir el procedimiento de los incisos b) al e).

Resistencia del reóstato (%)	Voltaje (V)	Corriente (A)
100		
90		
80		
70		
60		
50		
40		
30		
20		
10		
0		

- g) Cambiar la inclinación y dirección del panel solar para obtener un 50% de la irradiación máxima. Repetir el procedimiento de los incisos b) al e).

Realizado por M.I. Eric Efrén Villanueva Vega Erik Rodrigo Arellano Gutiérrez Función Profesor	Coordinado por M.I. Eric Efrén Villanueva Vega Función Coordinador de Ing. en Energías Renovables	Aprobado por M. I. Antonio Gómez Roa Función Director
--	--	--

	UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA UNIDAD VALLE DE LAS PALMAS	CÓDIGO: SG-PE-IER
	PROGRAMA EDUCATIVO DE INGENIERÍA EN ENERGÍAS RENOVABLES	REVISIÓN No. 2
	MANUAL DE PRÁCTICAS DE ENERGIA SOLAR APLICADA	PAGINA 41 / 61

Resistencia del reóstato (%)	Voltaje (V)	Corriente (A)
100		
90		
80		
70		
60		
50		
40		
30		
20		
10		
0		

- h) Cambiar la inclinación y dirección del panel solar para obtener un 25% de la irradiación máxima. Repetir el procedimiento de los incisos b) al e).

Resistencia del reóstato (%)	Voltaje (V)	Corriente (A)
100		
90		
80		
70		
60		
50		
40		
30		
20		
10		
0		

Realizado por M.I. Eric Efrén Villanueva Vega Erik Rodrigo Arellano Gutiérrez Función Profesor	Coordinado por M.I. Eric Efrén Villanueva Vega Función Coordinador de Ing. en Energías Renovables	Aprobado por M. I. Antonio Gómez Roa Función Director
--	--	--

	UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA UNIDAD VALLE DE LAS PALMAS	CÓDIGO: SG-PE-IER
	PROGRAMA EDUCATIVO DE INGENIERÍA EN ENERGÍAS RENOVABLES	REVISIÓN No. 2
	MANUAL DE PRÁCTICAS DE ENERGIA SOLAR APLICADA	PAGINA 43 / 61

PRÁCTICA 6. Electricidad del panel solar entregada a la red eléctrica.

1. Objetivo

Medir la electricidad entregada a la red eléctrica.

2. Alcance

Esta práctica tiene el fin de implementar todo lo visto en las primeras prácticas, introduciendo el inversor de CD a CA interconectado a la red, con esto el sistema fotovoltaico esta completo, mostrando al alumno cómo se comporta la electricidad generada por los paneles y como termina en la red eléctrica. También se introducen los costos de la energía para ver la viabilidad de estas tecnologías en diferentes escenarios.

3. Documentación de referencia

- Photovoltaic Solar Energy Trainer Manual “De Lorenzo DL-SOLAR-D1”
- Sánchez, M (2012). “Energía Solar Fotovoltaica”. México: Limusa: Innovación y Cualificación.

4. Definiciones

Inversor: Es un dispositivo que cambia o transforma una tensión de entrada de corriente continua a una tensión simétrica de salida de corriente alterna, con la magnitud y frecuencia deseada por el usuario o el diseñador.

Horas pico de sol: Es una unidad que mide la irradiación solar y se define como la energía por unidad de superficie que se recibiría con una hipotética irradiancia solar constante de 1000 W/m². Una hora solar pico equivale a 1kWh/m².

Operación isla: Esto sucede cuando el inversor es desconectado de la red eléctrica, pero sigue proporcionando energía eléctrica en su localización.

5. Procedimiento

• Material y Equipo

- 1) Panel Solar de Lorenzo
- 2) Modulo tipo Multímetro AC DL 9030
- 3) Módulo de cortocircuito DL 9031
- 4) Fuente de poder DC- DL9032
- 5) Módulo de medición para panel solar DL 9021
- 6) Inversor de potencia interconectado a la red DL9013G

Realizado por M.I. Eric Efrén Villanueva Vega Erik Rodrigo Arellano Gutiérrez Función Profesor	Coordinado por M.I. Eric Efrén Villanueva Vega Función Coordinador de Ing. en Energías Renovables	Aprobado por M. I. Antonio Gómez Roa Función Director
--	--	--

	UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA UNIDAD VALLE DE LAS PALMAS	CÓDIGO: SG-PE-IER
	PROGRAMA EDUCATIVO DE INGENIERÍA EN ENERGÍAS RENOVABLES	REVISIÓN No. 2
	MANUAL DE PRÁCTICAS DE ENERGIA SOLAR APLICADA	PAGINA 44 / 61

• **Actividades de Pre-laboratorio (Ejemplos de introducción)**

- 1) ¿Cómo funciona el inversor de potencia de conexión a la red?

- 2) ¿Cuándo ocurre la operación tipo isla del inversor?

- 3) El panel solar produce constantemente 100W de electricidad durante una hora. Si el inversor interconectado a la red utiliza 2 W de electricidad, ¿cuánta electricidad se entrega a la red eléctrica durante esa hora?

Área de calculo:

- 4) Si la electricidad solar está subvencionada en 0,48 €, ¿Cuál es el ingreso en el ejemplo en el punto 3?

Área de calculo:

- 5) Si un panel solar con capacidad de 2 kW tiene 2 horas pico de sol diarias en promedio a lo largo de un año, y la electricidad solar está subvencionada con 0,50 €. ¿Cuál es el ingreso de esta planta solar?

Realizado por M.I. Eric Efrén Villanueva Vega Erik Rodrigo Arellano Gutiérrez Función Profesor	Coordinado por M.I. Eric Efrén Villanueva Vega Función Coordinador de Ing. en Energías Renovables	Aprobado por M. I. Antonio Gómez Roa Función Director
--	--	--

	UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA UNIDAD VALLE DE LAS PALMAS	CÓDIGO: SG-PE-IER
	PROGRAMA EDUCATIVO DE INGENIERÍA EN ENERGÍAS RENOVABLES	REVISIÓN No. 2
	MANUAL DE PRÁCTICAS DE ENERGIA SOLAR APLICADA	PAGINA 45 / 61

Área de calculo:

- Ejercicio 1: Medición de la electricidad entregada a la red eléctrica.**
 El diagrama del circuito de este ejercicio se proporciona en la Figura 1.

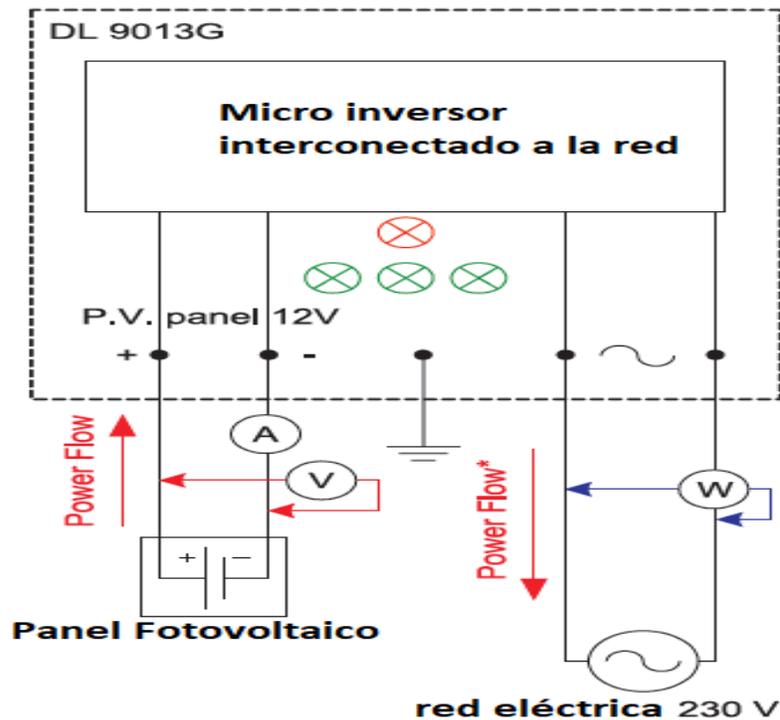


Figura 1. Diagrama del circuito del ejercicio 1.

Realizado por M.I. Eric Efrén Villanueva Vega Erik Rodrigo Arellano Gutiérrez Función Profesor	Coordinado por M.I. Eric Efrén Villanueva Vega Función Coordinador de Ing. en Energías Renovables	Aprobado por M. I. Antonio Gómez Roa Función Director
--	--	--

	UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA UNIDAD VALLE DE LAS PALMAS	CÓDIGO: SG-PE-IER
	PROGRAMA EDUCATIVO DE INGENIERÍA EN ENERGÍAS RENOVABLES	REVISIÓN No. 2
	MANUAL DE PRÁCTICAS DE ENERGIA SOLAR APLICADA	PAGINA 46 / 61

Conectar los módulos como se muestra en la Figura 2.

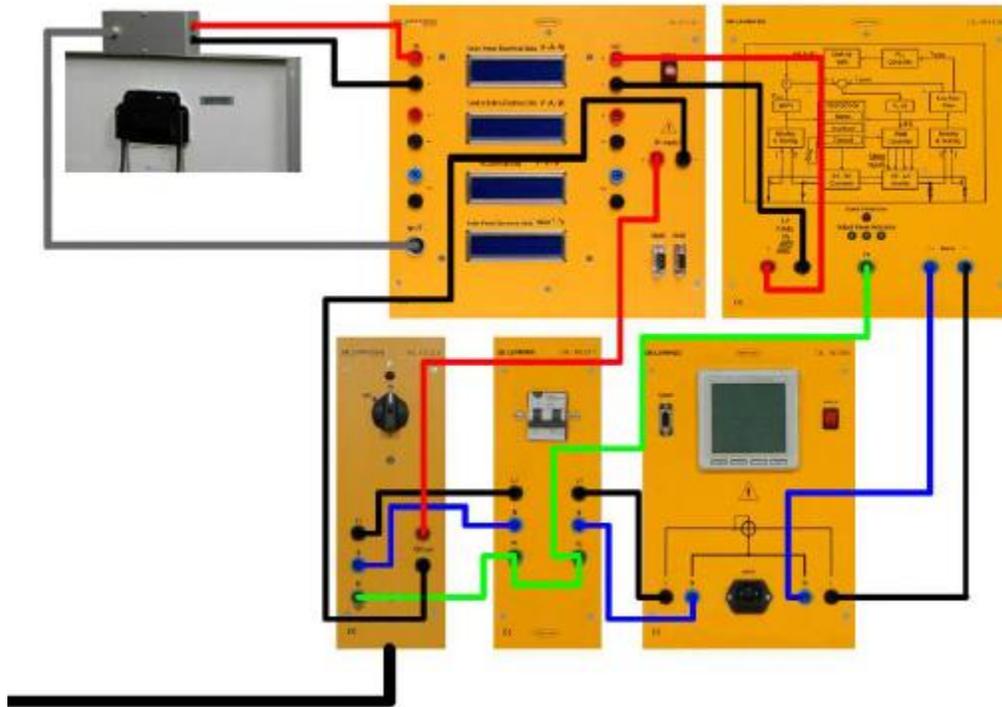


Figura 2. Esquema de conexiones para el ejercicio 1.

- Encontrar la posición en la cual el panel solar recibe mayor irradiación.
- Usando el módulo DL 9030 leer el valor de la electricidad que se entrega a la red eléctrica.
- Llenar la tabla con los valores obtenidos en el punto b).
- Colocar el panel solar para obtener una irradiación del 90% del valor más alto y llenar la fila correspondiente en la tabla.
- Repetir el punto d) en pasos de 10% hasta alcanzar la irradiación mínima. Se alcanza, es decir, a 0 W / m².

Realizado por M.I. Eric Efrén Villanueva Vega Erik Rodrigo Arellano Gutiérrez Función Profesor	Coordinado por M.I. Eric Efrén Villanueva Vega Función Coordinador de Ing. en Energías Renovables	Aprobado por M. I. Antonio Gómez Roa Función Director
--	--	--

	UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA UNIDAD VALLE DE LAS PALMAS	CÓDIGO: SG-PE-IER
	PROGRAMA EDUCATIVO DE INGENIERÍA EN ENERGÍAS RENOVABLES	REVISIÓN No. 2
	MANUAL DE PRÁCTICAS DE ENERGIA SOLAR APLICADA	PAGINA 48 / 61

- **Preguntas de evaluación**

- 1) **¿Cómo influye la irradiación en la electricidad suministrada a la red eléctrica? ¿Es esta relación lineal?**

- 2) **¿Si el precio subsidiado de la electricidad producida por el panel solar es de 0.52 € ¿cuánto ganaríamos vendiendo la electricidad del panel solar en una hora?**

Área de calculo:

- **Conclusiones**

Realizado por M.I. Eric Efrén Villanueva Vega Erik Rodrigo Arellano Gutiérrez Función Profesor	Coordinado por M.I. Eric Efrén Villanueva Vega Función Coordinador de Ing. en Energías Renovables	Aprobado por M. I. Antonio Gómez Roa Función Director
--	--	--

	UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA UNIDAD VALLE DE LAS PALMAS	CÓDIGO: SG-PE-IER
	PROGRAMA EDUCATIVO DE INGENIERÍA EN ENERGÍAS RENOVABLES	REVISIÓN No. 2
	MANUAL DE PRÁCTICAS DE ENERGIA SOLAR APLICADA	PAGINA 49 / 61

PRÁCTICA 7. Alimentación de cargas por el panel solar.

Objetivo

- Suministrar las cargas con la electricidad del panel solar y de la red eléctrica.
- Medir la electricidad producida por el panel solar y suministrada desde la red eléctrica.
- Evaluar la escala de las cargas que puede suministrar la electricidad producida por el panel solar.

Alcance

Con esta practica se pone en funcionamiento el sistema fotovoltaico interconectado a la red, mientras que se tienen cargas consumiendo energía eléctrica, para observar el comportamiento de la demanda y de la oferta energética.

Documentación de referencia

- Photovoltaic Solar Energy Trainer Manual “De Lorenzo DL-SOLAR-D1”
- Sánchez, M (2012). “Energía Solar Fotovoltaica”. México: Limusa: Innovación y Cualificación.

Definiciones

Inversor: Es un dispositivo que cambia o transforma una tensión de entrada de corriente continua a una tensión simétrica de salida de corriente alterna, con la magnitud y frecuencia deseada por el usuario o el diseñador.

Horas pico de sol: Es una unidad que mide la irradiación solar y se define como la energía por unidad de superficie que se recibiría con una hipotética irradiancia solar constante de 1000 W/m². Una hora solar pico equivale a 1kWh/m².

Irradiación solar: Es la magnitud que mide la energía por unidad de área de radiación solar incidente en una superficie colocada en un lugar y rango de tiempo bien especificados. La magnitud es frecuentemente designada como radiación solar. Su valor depende críticamente de la latitud, la época del año, las horas del día y el clima imperante en el lugar.

Procedimiento

- **Material y Equipo**
 - 1) Panel Solar de Lorenzo
 - 2) Modulo tipo Multímetro AC DL 9030
 - 3) Módulo de cortocircuito DL 9031
 - 4) Fuente de poder DC- DL9032
 - 5) Módulo de medición para panel solar DL 9021
 - 6) Inversor de potencia interconectado a la red DL9013G
 - 7) Módulo de cargas AC DL 9017

Realizado por M.I. Eric Efrén Villanueva Vega Erik Rodrigo Arellano Gutiérrez Función Profesor	Coordinado por M.I. Eric Efrén Villanueva Vega Función Coordinador de Ing. en Energías Renovables	Aprobado por M. I. Antonio Gómez Roa Función Director
--	--	--

	UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA UNIDAD VALLE DE LAS PALMAS	CÓDIGO: SG-PE-IER
	PROGRAMA EDUCATIVO DE INGENIERÍA EN ENERGÍAS RENOVABLES	REVISIÓN No. 2
	MANUAL DE PRÁCTICAS DE ENERGIA SOLAR APLICADA	PAGINA 50 / 61

• **Actividades de Pre-laboratorio (Ejemplos de introducción)**

- 1) ¿Cómo puede la electricidad producida por el panel solar alimentar las cargas en corriente alterna?

- 2) ¿Cómo se sincroniza la electricidad producida por el panel solar con la red eléctrica?

- 3) ¿Qué error ocurre si se desconecta la red eléctrica del inversor interconectado a la red?

- 4) Un panel solar con una capacidad de 3 kW tiene 3 horas pico de sol diarias en promedio durante todo el año. El precio de la electricidad es de 0,05 € / kWh, y el hogar consume 8450 kWh por año.
 - a) ¿Cuánto se ahorra en la factura eléctrica por la electricidad suministrada con el panel solar?
 - b) Si la inversión para el módulo solar es de 15 000 €, ¿cuál es el período de retorno de la inversión?
 - c) Si toda la electricidad que utiliza el hogar se suministra desde la red eléctrica, y toda la electricidad producida por el panel solar se vende a la red de distribución por 0,55 € / kWh, ¿cuál es el período de retorno de inversión para un panel solar en este caso?

Área de calculo:

Realizado por M.I. Eric Efrén Villanueva Vega Erik Rodrigo Arellano Gutiérrez Función Profesor	Coordinado por M.I. Eric Efrén Villanueva Vega Función Coordinador de Ing. en Energías Renovables	Aprobado por M. I. Antonio Gómez Roa Función Director
--	--	--

	UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA UNIDAD VALLE DE LAS PALMAS	CÓDIGO: SG-PE-IER
	PROGRAMA EDUCATIVO DE INGENIERÍA EN ENERGÍAS RENOVABLES	REVISIÓN No. 2
	MANUAL DE PRÁCTICAS DE ENERGIA SOLAR APLICADA	PAGINA 51 / 61

- **Ejercicio 1: Medición de la electricidad producida por el panel solar y entregada / tomada de la red eléctrica.**

El diagrama del circuito de este ejercicio se proporciona en la Figura 1. Conectar los módulo de acuerdo con la figura 2.

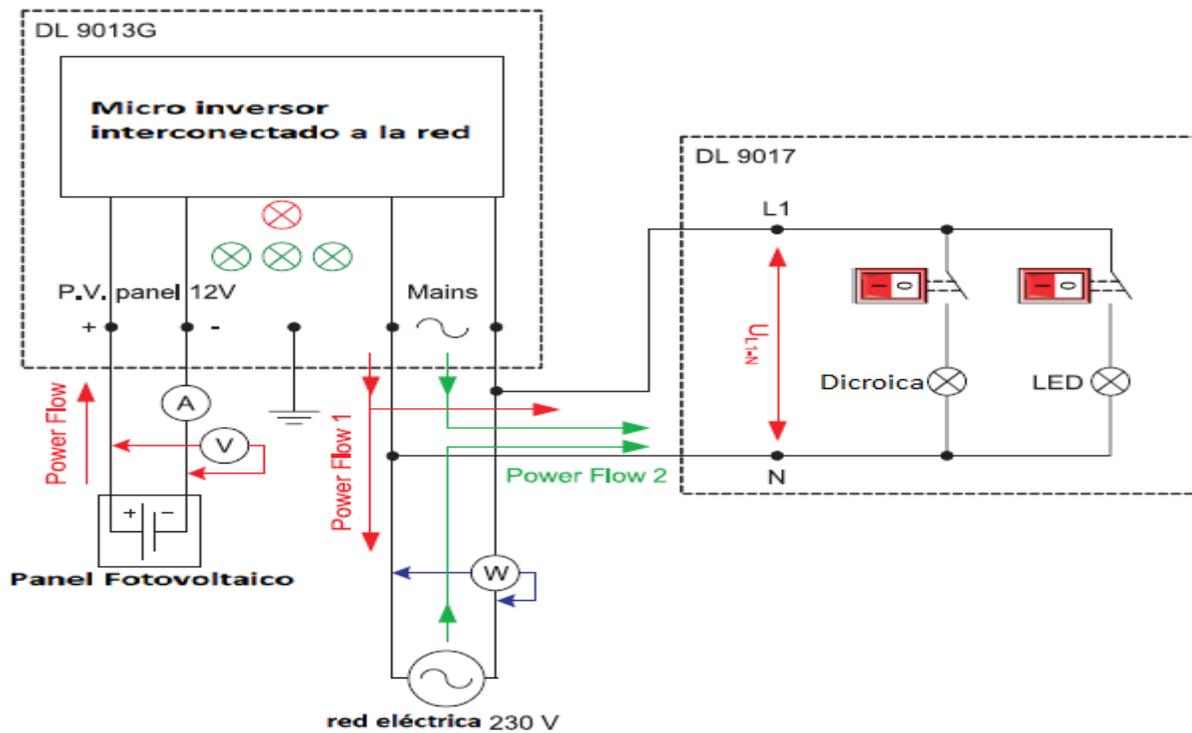


Figura 1. Diagrama del circuito del ejercicio 1.

Realizado por M.I. Eric Efrén Villanueva Vega Erik Rodrigo Arellano Gutiérrez Función Profesor	Coordinado por M.I. Eric Efrén Villanueva Vega Función Coordinador de Ing. en Energías Renovables	Aprobado por M. I. Antonio Gómez Roa Función Director
--	--	--

	UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA UNIDAD VALLE DE LAS PALMAS	CÓDIGO: SG-PE-IER
	PROGRAMA EDUCATIVO DE INGENIERÍA EN ENERGÍAS RENOVABLES	REVISIÓN No. 2
	MANUAL DE PRÁCTICAS DE ENERGIA SOLAR APLICADA	PAGINA 52 / 61

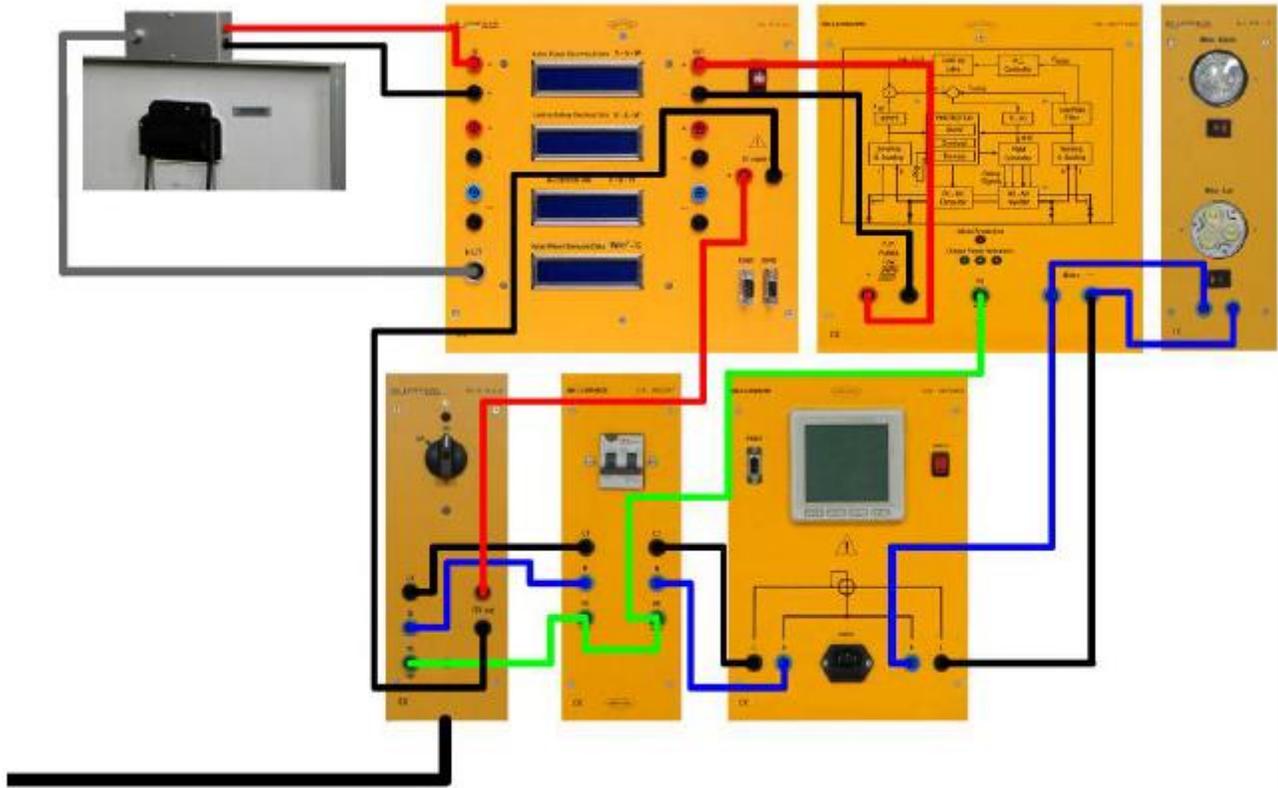


Figura 2. Esquema de conexiones del ejercicio 1.

- Encontrar la posición en la que el panel solar proporciona la mayor irradiación.
- Encender la lámpara LED en el módulo DL 9017.
- Utilizar el módulo DL 9021 para leer el valor de la energía producida por el panel solar y el DL 9030 para leer el valor de la potencia que se entrega a la red eléctrica.
- Rellenar los valores de electricidad producidos y entregados en el caso de la lámpara LED encendida en la primera fila de la tabla
- Apagar la lámpara LED y encender la lámpara dicroica en el módulo DL 9017.
- Utilizar el módulo DL 9021 para leer el valor de la energía producida por el panel solar y el DL 9030 para leer el valor de la potencia que se entrega a la red eléctrica.

Realizado por M.I. Eric Efrén Villanueva Vega Erik Rodrigo Arellano Gutiérrez Función Profesor	Coordinado por M.I. Eric Efrén Villanueva Vega Función Coordinador de Ing. en Energías Renovables	Aprobado por M. I. Antonio Gómez Roa Función Director
--	--	--

	UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA UNIDAD VALLE DE LAS PALMAS	CÓDIGO: SG-PE-IER
	PROGRAMA EDUCATIVO DE INGENIERÍA EN ENERGÍAS RENOVABLES	REVISIÓN No. 2
	MANUAL DE PRÁCTICAS DE ENERGIA SOLAR APLICADA	PAGINA 53 / 61

- g) Rellenar los valores de electricidad producidos y entregados en caso de la lampara dicroica encendida en la primera fila de la tabla.
- h) Encender la lámpara LED y la lámpara dicroica en el módulo DL 9017.
- i) Utilizar el módulo DL 9021 para leer el valor de la energía producida por el panel solar y el DL 9030 para leer el valor de la potencia que se entrega a la red eléctrica.
- j) Rellenar los valores de electricidad producidos y entregados en el caso de ambos lámpara LED y lámpara dicroica encendidas en la primera fila de la tabla
- k) Colocar el panel solar para obtener una irradiación del 90% respecto al valor de irradiación más alto y complete la fila correspondiente en la tabla.
- l) Repetir los puntos b)-j) en pasos de 10% hasta alcanzar la irradiación mínima. Esta se alcanza a los 0 W / m².

Irradiación (W/m ²)	Lampara LED		Lampara dicroica		LED + dicroica	
	Electricidad Producida (W)	Electricidad Entregada (W)	Electricidad Producida (W)	Electricidad Entregada (W)	Electricidad Producida (W)	Electricidad Entregada (W)

- m) Dibujar la curva de electricidad producida-irradiación y la curva electricidad entregada-irradiación para los 3 casos diferentes.

Realizado por M.I. Eric Efrén Villanueva Vega Erik Rodrigo Arellano Gutiérrez Función Profesor	Coordinado por M.I. Eric Efrén Villanueva Vega Función Coordinador de Ing. en Energías Renovables	Aprobado por M. I. Antonio Gómez Roa Función Director
--	--	--



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA
UNIDAD VALLE DE LAS PALMAS

CÓDIGO: SG-PE-IER

PROGRAMA EDUCATIVO DE INGENIERÍA EN ENERGÍAS RENOVABLES

REVISIÓN No. 2

MANUAL DE PRÁCTICAS DE ENERGIA SOLAR APLICADA

PAGINA 54 / 61

Gráfico de electricidad producida-irradiación y electricidad entregada-irradiación. Caso LED

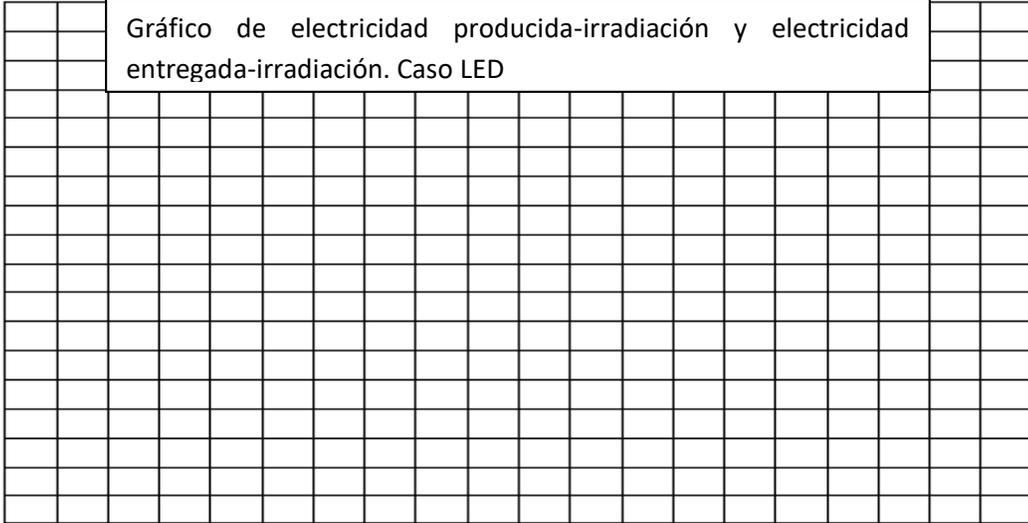
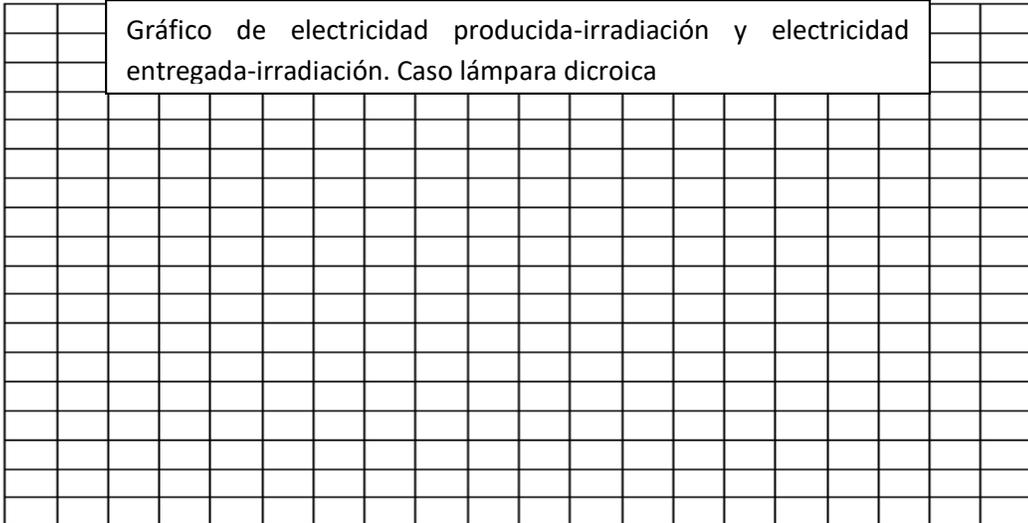


Gráfico de electricidad producida-irradiación y electricidad entregada-irradiación. Caso lámpara dicroica



Realizado por

M.I. Eric Efrén Villanueva Vega
Erik Rodrigo Arellano Gutiérrez

Función

Profesor

Coordinado por

M.I. Eric Efrén Villanueva Vega

Función

Coordinador de Ing. en Energías Renovables

Aprobado por

M. I. Antonio Gómez Roa

Función

Director

	UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA UNIDAD VALLE DE LAS PALMAS	CÓDIGO: SG-PE-IER
	PROGRAMA EDUCATIVO DE INGENIERÍA EN ENERGÍAS RENOVABLES	REVISIÓN No. 2
	MANUAL DE PRÁCTICAS DE ENERGIA SOLAR APLICADA	PAGINA 56 / 61

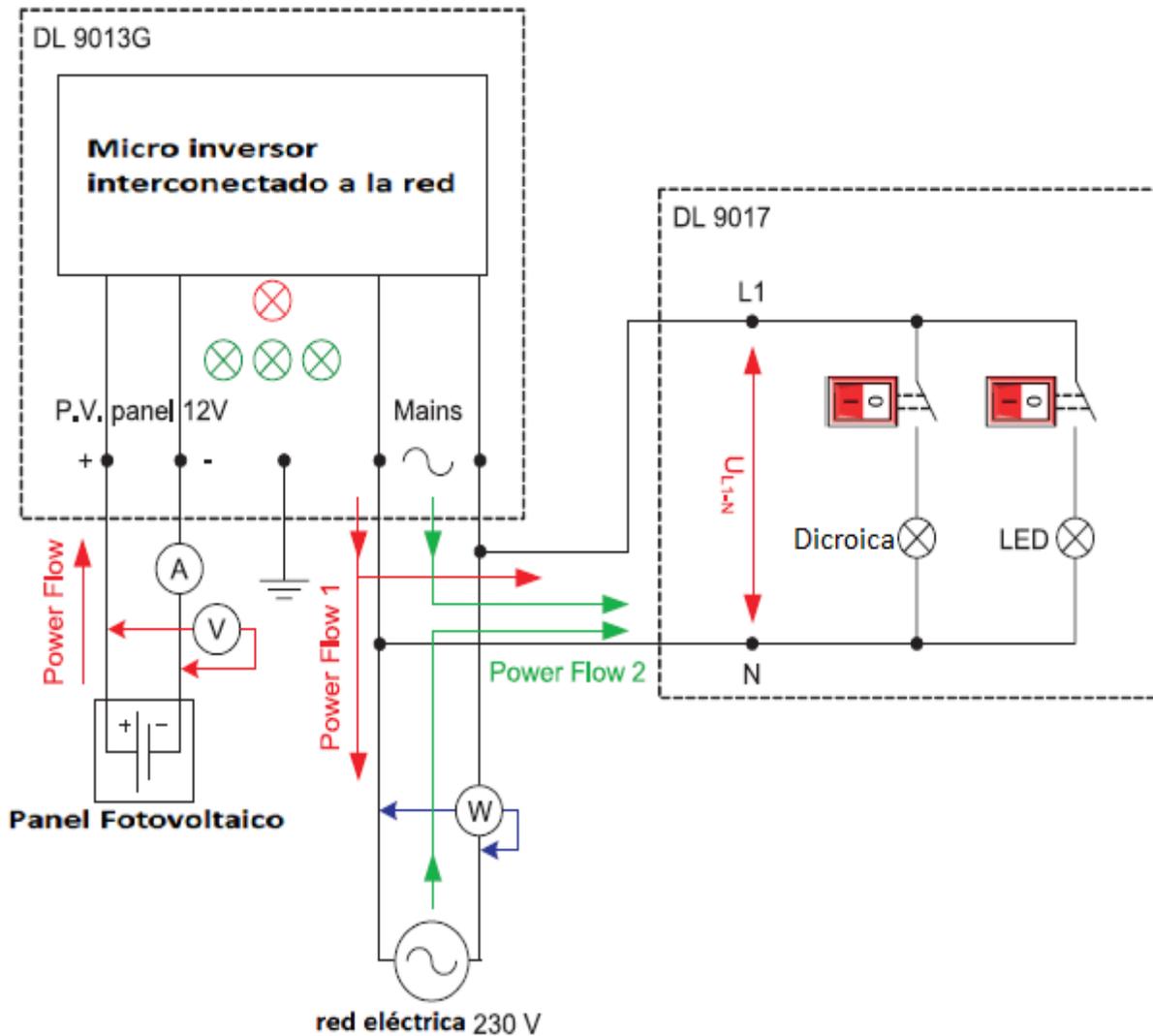


Figura 3. Diagrama del circuito del ejercicio 2.

Realizado por M.I. Eric Efrén Villanueva Vega Erik Rodrigo Arellano Gutiérrez Función Profesor	Coordinado por M.I. Eric Efrén Villanueva Vega Función Coordinador de Ing. en Energías Renovables	Aprobado por M. I. Antonio Gómez Roa Función Director
--	--	--

	UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA UNIDAD VALLE DE LAS PALMAS	CÓDIGO: SG-PE-IER
	PROGRAMA EDUCATIVO DE INGENIERÍA EN ENERGÍAS RENOVABLES	REVISIÓN No. 2
	MANUAL DE PRÁCTICAS DE ENERGIA SOLAR APLICADA	PAGINA 57 / 61

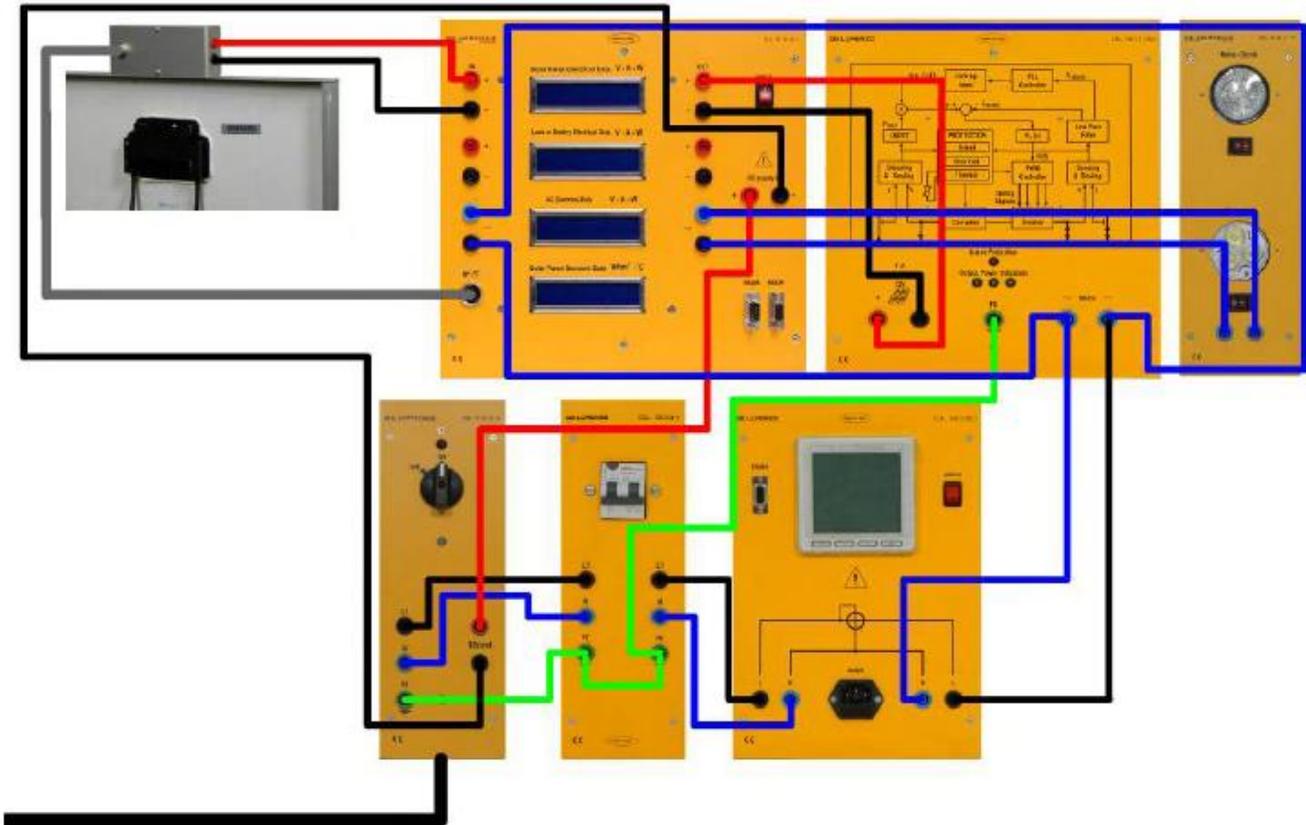


Figura 4. Esquema de conexiones para el ejercicio 2.

- 1) Encontrar la posición en la que el panel solar proporciona la mayor irradiación.
- 2) Encender la lámpara LED en el módulo DL 9017.
- 3) Usar el módulo DL 9021 para calcular el valor de la energía producida por el panel solar (usar un amperímetro y un voltímetro o en su caso multímetro) y leer el valor de la carga del módulo DL 9017. Utilizar el módulo DL 9030 para leer el valor de la potencia entregada a la red eléctrica.
- 4) Llenar en la tabla la electricidad producida, el valor de carga y la electricidad suministrada a la red eléctrica en el caso de la lámpara LED encendida

Realizado por M.I. Eric Efrén Villanueva Vega Erik Rodrigo Arellano Gutiérrez Función Profesor	Coordinado por M.I. Eric Efrén Villanueva Vega Función Coordinador de Ing. en Energías Renovables	Aprobado por M. I. Antonio Gómez Roa Función Director
--	--	--

	UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA UNIDAD VALLE DE LAS PALMAS	CÓDIGO: SG-PE-IER
	PROGRAMA EDUCATIVO DE INGENIERÍA EN ENERGÍAS RENOVABLES	REVISIÓN No. 2
	MANUAL DE PRÁCTICAS DE ENERGIA SOLAR APLICADA	PAGINA 61 / 61

Bibliografía.

- Photovoltaic Solar Energy Trainer Manual “De Lorenzo DL-SOLAR-D1”
- Sánchez, M (2012). “*Energía Solar Fotovoltaica*”. México: Limusa: Innovación y Cualificación.
- Fernández, J. (2010). Compendia de energía solar: fotovoltaica térmica y termoeléctrica (2ª ed.). España: AMV ediciones.
- Labouret, A. y Viloz, M. (2010). Solar Photovoltaic Energy. United Kingdom: Institution of Engineering and Technology.
- Sick F. y Erge T. (1996). Photovoltaic in building: A Design Handbook for Architects and Engineers. France: International Energy Agency.
- Sobri, S., Koohi-Kamali, S. & Rahim, N. A. (2018). Solar photovoltaic generation forecasting methods: A review. Energy Conversion and Management, 156, 459-497.
- Zhang, X., Lau, S.-K. Lau, S. S. Y. & Zhao, Y. (2018). Photovoltaic integrated shading devices (PVSDs): A review. Solar Energy, 170, 947-968.

Realizado por M.I. Eric Efrén Villanueva Vega Erik Rodrigo Arellano Gutiérrez Función Profesor	Coordinado por M.I. Eric Efrén Villanueva Vega Función Coordinador de Ing. en Energías Renovables	Aprobado por M. I. Antonio Gómez Roa Función Director
--	--	--