

Practica No. 2

Caracterización electrónica de Diferentes dispositivos electrónicos tipo diodo con la técnica de Corriente-voltaje (I-V).

Luis René Orozco, Rosa Zúñiga. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, Apdo. Post. 70-646, 04510 Ciudad de México, México

Resumen

En el presente trabajo fueron caracterizados diferentes dispositivos electrónicos, los cuales los podemos dividir en tres clases principales las cuales son: Diodos rectificadores, diodos emisores de Luz (Led's) y celdas solares. Se analiza la relación corriente-voltaje para cada uno de los dispositivos para aprender la técnica que se necesita para saber el voltaje umbral, la potencia máxima con la que operan cada uno de los dispositivos y para el caso de los diferentes diodos utilizados saber de que material están compuestos. Los resultados de este estudio, que se muestran a continuación, se comparan con los datos obtenidos por otros autores mediante métodos más sofisticados.

Keywords: Voltaje Umbral, Corriente-voltaje.

1. Introducción

Diodo

Dentro de los componentes electrónicos encontramos el diodo, un dispositivo comúnmente semiconductor [3] que da respuesta al problema de la transformación de corriente alterna en corriente continua o directa. Está formado por dos electrodos o terminales y a través de él circula la corriente en un sentido [4], es decir, es un componente unidireccional que deja pasar la corriente en un sentido y la bloquea en el otro convirtiéndose en una especie de “válvula eléctrica”. Los diodos semiconductores están compuestos por dos zonas de material semiconductor (comúnmente silicio, germanio, los hay también de arsénico de galio, selenio y óxido de cobre) formando una unión p-n separadas por una barrera, frontera o unión que varía en su voltaje según el material de que esté hecho el diodo (en el diodo de germanio, por ejemplo, esta barrera es de aproximadamente 0.3V mientras que en el de silicio es de aproximadamente 0.7V). Es decir, para que el diodo pueda conducir la corriente debe superar este valor llamado tensión umbral. Para tal propósito, el material de la zona p está tratado química y térmicamente [3].

El funcionamiento del diodo está basado en la unión p-n. Los electrones [5] mayoritarios en n se difunden hacia los huecos en p dando como resultado la pérdida de huecos en el semiconductor p y generando iones negativos que se cargarán, mientras que el semiconductor n perderá electrones y se cargará a su vez positivamente. Así pues, a partir de la corriente y el voltaje podemos hacer una representación gráfica de la curva característica de un diodo que nos proporcionará información sobre la intensidad [5] que circula por el diodo y dándonos el valor de la tensión umbral.

Existen diversos tipos de diodos que pueden ser clasificados [4] según su base semiconductor (germanio, silicio, etc.), estructura, capacidad de potencia, función en el circuito, tasa de voltaje o corriente, etc. El diodo bypass o de protección fotovoltaica, por ejemplo, evita que se consuma energía en un panel cuando una celda solar está sombreada o dañada. Es decir, tiene la función de proteger la integridad de la estructura fotovoltaica a la cual pertenece.

LED

El LED (Light Emitting Diode) o diodo emisor de luz [6] es un componente opto-electrónico que

como su nombre lo indica, es un tipo especial de diodo. Su uso actualmente está difundido dentro de dispositivos electrónicos de audio, vídeo, comunicación y control y para sistemas de iluminación, entre otros. Su funcionamiento está basado en la polarización en sentido directo en una unión p-n donde hay gran cantidad de energía que causa radiación luminosa, es decir, la particularidad de este diodo es que al ser atravesado por la corriente eléctrica emite luz. Esta luz variará de color y los hay que emiten en el infrarrojo y ultravioleta. Las ventajas que presenta [7] sobre otros sistemas se deben a su alta eficiencia, bajo consumo de corriente, tamaño pequeño en comparación con otros, menor emisión de calor y un mayor tiempo de vida. Eléctricamente presentan un comportamiento como un diodo de silicio o germanio, es decir, al pasar corriente eléctrica se hará la inyección de electrones y formación de huecos. Según el material del cual esté hecho el LED habrá una emisión de longitud de onda distinta y por lo tanto el color del LED será distinto.

Celdas solares

Las celdas solares [8], foto-celdas o células fotovoltaicas son otro tipo de dispositivo electrónico que transforma energía lumínica en energía eléctrica. Para hacer esto posible se apoya en el efecto fotoeléctrico (absorción de fotones de luz y emisión de electrones) mediante un material que pueda llevar a cabo este efecto, generalmente semiconductores a base de silicio o germanio. El grado de pureza de éstos o de dopaje con otras sustancias le otorgará diferentes características a las celdas. En el caso del silicio tenemos las celdas de silicio mono-cristalino, policristalino y amorfo. Las ventajas de éstas varían en costo, flexibilidad en el soporte, costos y rendimiento.

Celdas solar en obscuro.

Cuando la celda solar (unión p-n) no está iluminada ni sometida a cualquier diferencia de potencial externa, se produce un equilibrio dinámico en el que se cumple que la corriente proveniente del paso de huecos del material p al n

y de electrones del n al p, a través de la unión, es decir, la corriente denominada de generación, I_g , está equilibrada con la corriente denominada de recombinación, I_r , proveniente del paso de portadores mayoritarios (electrones desde el material n al p y huecos desde el material p al n) a través de la unión. [1]

Celdas solar bajo iluminación.

De manera contraria cuando la unión p-n está iluminada, los fotones que cumplen con la condición, $h\nu \geq E_g$, son absorbidos por el retículo cristalino. [2] Y como sabemos que en el caso del Si se trata de un semiconductor de *band-gap* indirecto, pues en consecuencia, para que un electrón pase desde la banda de valencia a la de conducción necesita un fotón de al menos 1.1eV más una energía adicional aportada por un fonón, que es un cuanto vibracional del retículo.

2. Desarrollo Experimental

En la foto. 1 se muestra la manera en que se dispuso el material, en este caso el potenciómetro de marca comercial KEITHLEY que es el equipo que en su pantalla muestra la gráfica I-V (corriente voltaje).

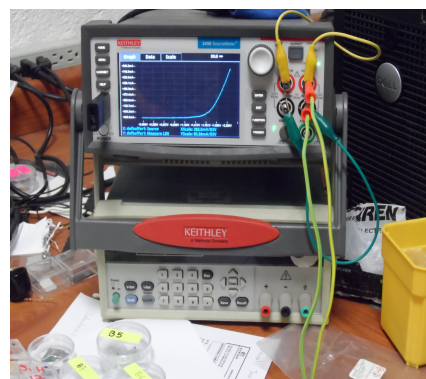


Foto 1 Potenciostato

Antes de empezar las corridas (mediciones) se debe hacer dos cosas: la primera es insertar una USB en la única ranura de USB 2.0 que tiene el equipo, para poder guardar los datos de cada corrida. La segunda cosa que se tiene que hacer es determinar si el equipo se usará

con una configuración de dos o cuatro puntas, para estas mediciones se utilizaron cuatro puntas por que dos puntas alimentan el voltaje que es el eje horizontal y las otras dos puntas leen la corriente que es el eje vertical.

➤ Diodos rectificador.

Terminando lo anterior se procede a la parte de las corridas, empezando con los dos diodos; éstos se conectan a las terminales del Potenciostato que son los cables de color rojo y negro (positivo y negativo respectivamente). Para identificar cual es la polaridad en el diodo se tiene que tener en cuenta que la parte negativa es la que está del lado de una franja que lleva el diodo en su encapsulado, como se puede observar en la foto. 2.



Foto 2: Diodo conectado a las terminales del Potenciostato.

Ya conectado el Diodo al Potenciostato se tiene que entrar al menú de configuración del equipo para cambiar los parámetros de barrido (Esto es fácil ya que el equipo cuenta con tecnología touchscreen) que será para los diodos desde -50mV a 1.5V con pasos de 50mV y limitando el ampere a 1A . Teniendo todo el sistema listo sólo resta presionar el botón **measure** para empezar la corrida que tardará menos de diez segundos en generar la curva corriente voltaje, ya después se guardan los datos en la USB y se realiza lo mismo para el diodo pequeño.

➤ Diodos emisores de luz.

En esta parte se caracterizaron cinco diferentes diodos, como se puede observar en la tabla 1.

No. led	1	2	3	4	5
Color	Rojo	Verde chico	Verde grande	Blanco (UV)	Amarillo

Tabla 1: Diferentes LED'S caracterizados.

El LED No.1 se conectó de manera correcta al Potenciostato como se muestra en el siguiente diagrama.

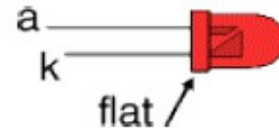


Diagrama 1

En dicho diagrama se muestra que a es el ánodo (+) y k es el cátodo (-). El cátodo es el terminal más corto y puede tener una parte plana sobre el cuerpo del LED. Si se observa con detenimiento el interior del LED, el cátodo suele ser más grande y tiene forma triangular.

Después de haber conectado el LED se continua a cambiar la configuración del Potenciostato para marcar los nuevos parámetros que definirán las corridas de cada uno de los LED'S. Por lo que la configuración de barrido será de 0V a 3V con pasos de 50mV y lo limitaremos a 300mA , esto es básicamente para poder evitarse la colocación de una resistencia en el circuito. A continuación se realizó la corrida que al igual que en el caso de los diodos, el equipo nos mostrara la generación de la curva $I-V$ (corriente-voltaje) en tiempo real y nos daremos cuenta que el led se va a empezar a encender conformes la curva se acerca al eje del voltaje, pero eso lo analizaremos en la parte de **Observaciones y/o Discusiones**.

Terminado la corrida se guardan los datos en un archivo en el dispositivo USB y se realiza lo mismo para los cuatro LED'S restantes.

➤ Una celda solar.

Para este caso se debe tomar en cuenta que la celda ya tiene una fuente interna con la radiación por lo que se necesita suministrar suficiente amperaje, esto es por que la corriente que se genera es además inversa a la de los casos anteriores (Diodos y LED'S) ya que la celda produce corriente. Por tanto la configuración para las corridas será la siguiente el parámetro de amperaje sera de 100mA y se le suministrará un voltaje de 0V a 3.5V .

La primera toma de datos se realizó de manera que no le incidiera ningún tipo de radiación a la superficie de la celda lo que llamamos medición a oscuras, esto se puede ver en la foto 3.



Foto 3: La celda solar sin recibir luz en su superficie.

También se tomaron datos con la celda pero recibiendo radiación directa de un foco de halógeno de 100W a una distancia entre la celda y el foco de 6.7cm , esto se puede ver en la Foto 4.

➤ Dos celdas solares.

Para este caso la configuración para las corridas es la misma que para el caso anterior, sólo que en este caso se conectaron dos celdas del módulo solar en serie y en paralelo por lo que para cada caso se realizaron dos corridas, una en oscuro y dos cuando las dos celdas estuvieran expuestas a la luz. Lo anterior es para comparar la curva corriente-voltaje que se genera en cada caso y poder analizar las diferencias y poder entender

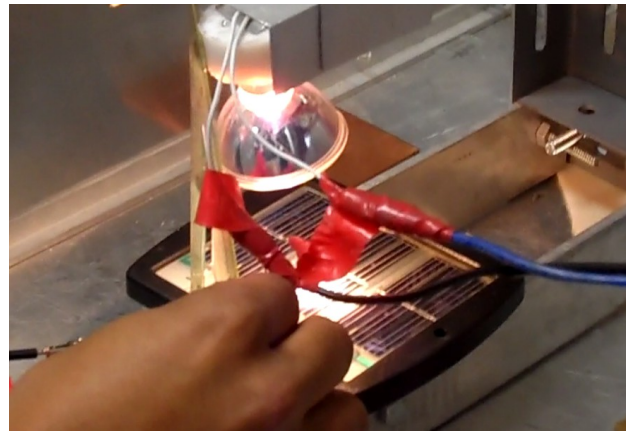


Foto 4: Pequeño simulador solar con un foco de Halógeno.

que es lo que pasa en la parte eléctrica de las celdas solares.



Foto 5: Celdas conectadas en Serie.

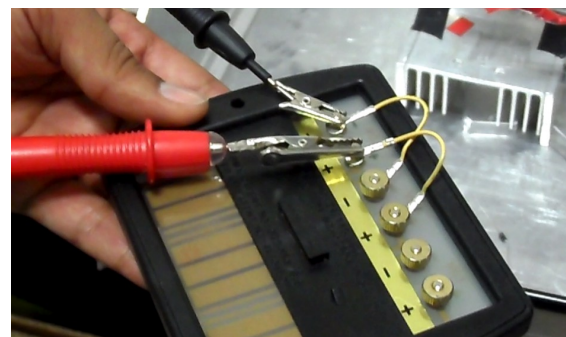


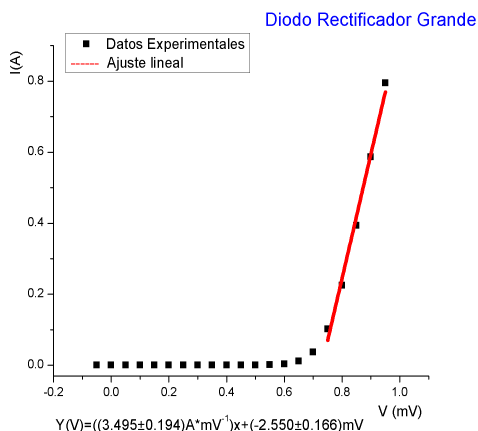
Foto 6: Celdas solares conectadas en Paralelo.

3. Resultados

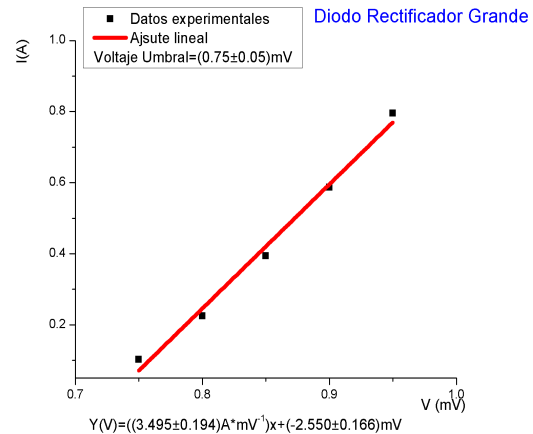
Los datos que se obtuvieron con el Potenciostato

fueron coeficientes de voltaje y amperaje. Con esos datos se determinó la caída de voltaje o Tensión umbral de cada uno de los dispositivos electrónicos analizados, esto es para saber en el caso de los diodos de qué material son. Para el caso de los led's en que rango del espectro visible emiten radiación ya que el color de su encapsulado no es condición suficiente para asegurar de que color son realmente. En los dos casos de las celdas solares a parte de comparar y analizar las curvas I-V se determinó la potencia máxima de las celdas solares para los casos de cuando están siendo radiadas o no.

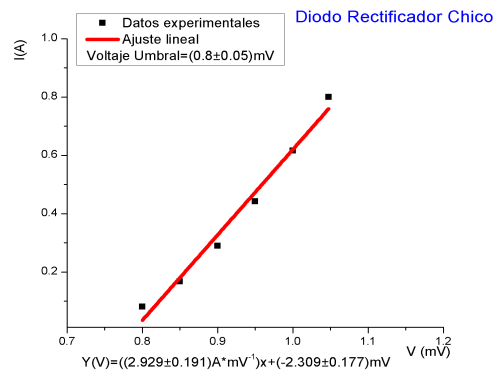
Empezando con el caso de los diodos rectificadores, se graficaron los coeficientes ya mencionados obteniendo una curva, la cual, representa el voltaje (que se suministró al circuito con el equipo) en función de la corriente. La siguiente gráfica muestra lo anterior.



Gráfica 1 Ajuste lineal para determinar el voltaje umbral.

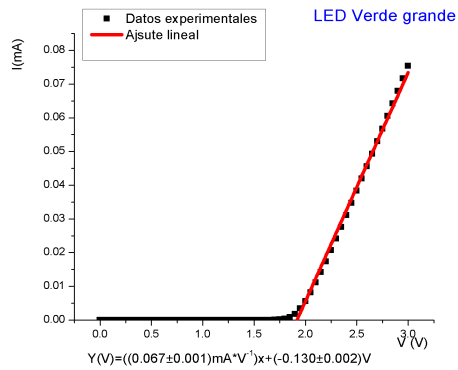


Gráfica 2: Ajuste Lineal aislado de los demás datos.

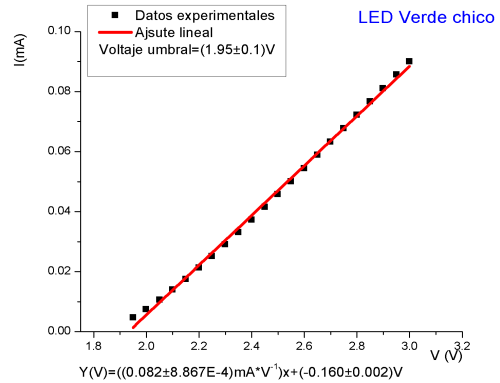


Gráfica 3: Ajuste Lineal aislado de los demás datos.

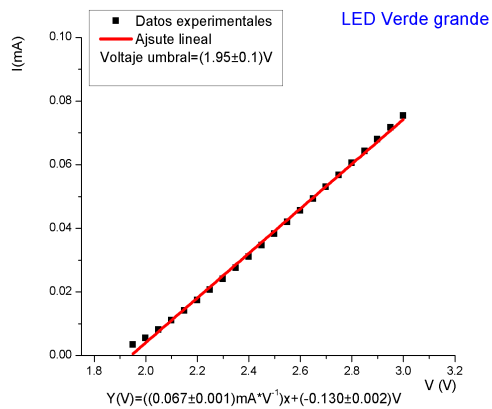
En las siguientes gráficas de cada uno de los diodos emisores de luz (los LED's) lo que se puede observar es como en las anteriores, una curva de corriente-voltaje característica de cada uno de los LED's; lo realmente importante es darse cuenta las diferencias que presentan cada una de estas gráficas para poder determinar en que rango del espectro electromagnético están emitiendo luz.



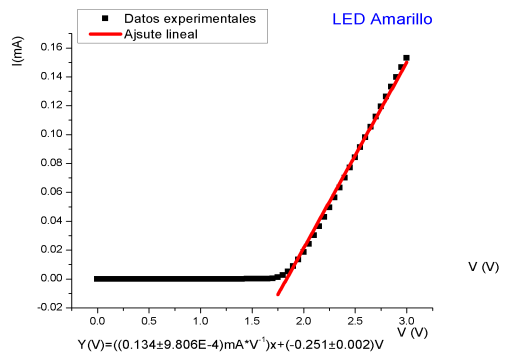
Grafica 4: Ajuste lineal para determinar el voltaje umbral.



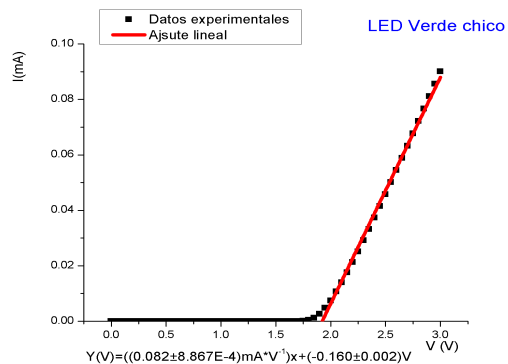
Grafica 7: Ajuste Lineal aislado de los demás datos.



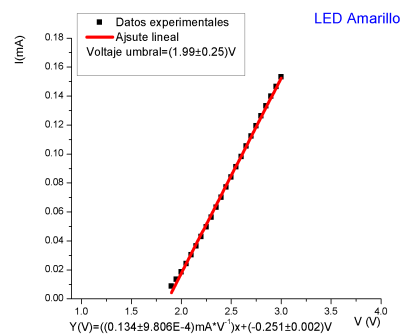
Grafica 5: Ajuste Lineal aislado de los demás datos.



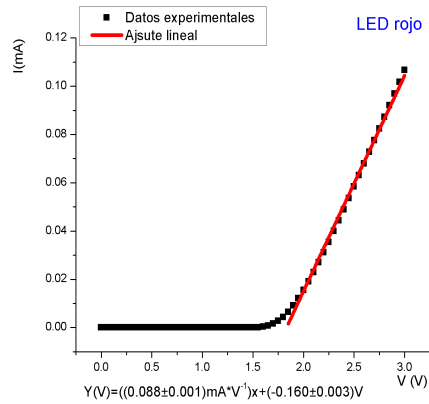
Grafica 8: Ajuste lineal para determinar el voltaje umbral.



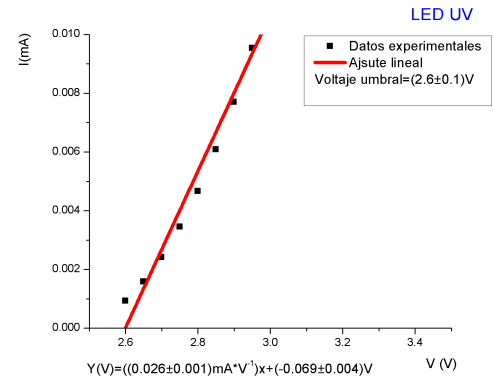
Grafica 6: Ajuste lineal para determinar el voltaje umbral.



Grafica 9: Ajuste Lineal aislado de los demás datos.

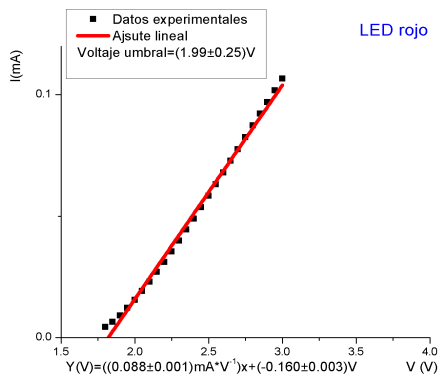


Gráfica 10: Ajuste lineal para determinar el voltaje umbral.

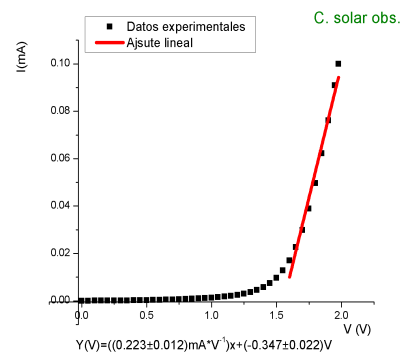


Gráfica 13: Ajuste Lineal aislado de los demás datos.

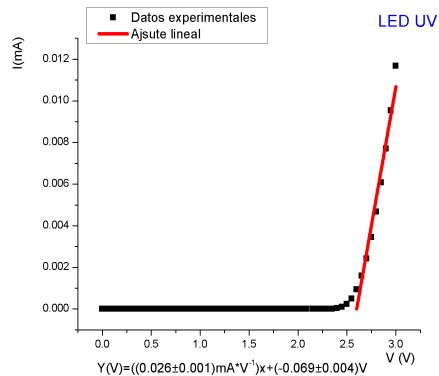
Para el caso de cuando la celda solar está siendo radiada por el foco de 100 W y cuando no lo está se presenta el comportamiento de la curva corriente-voltaje característica de ella en las siguientes cuatro gráficas.



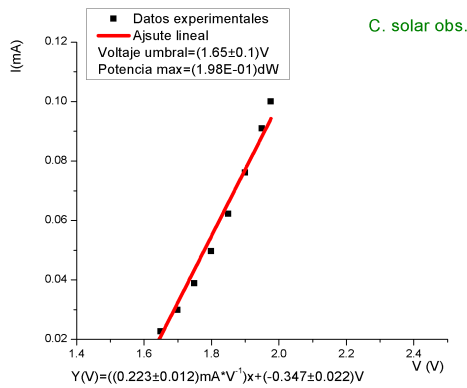
Gráfica 11: Ajuste Lineal aislado de los demás datos.



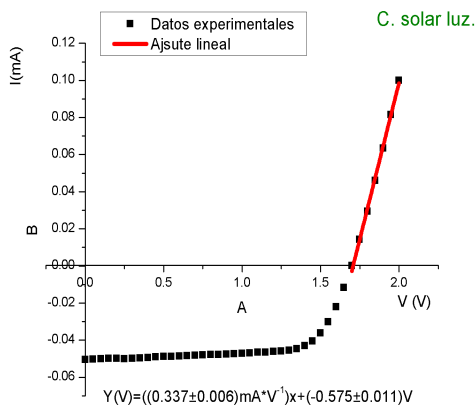
Gráfica 14: Ajuste lineal para determinar el voltaje umbral.



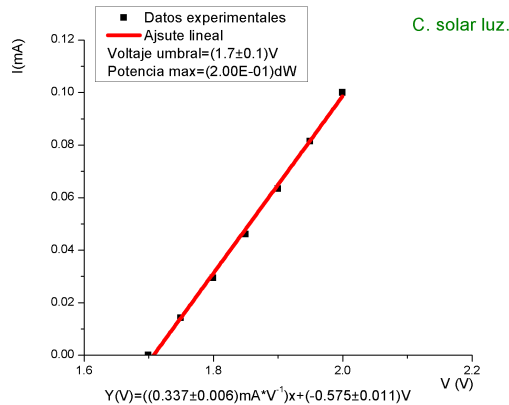
Gráfica 12: Ajuste lineal para determinar el voltaje umbral.



Grafica 15: Ajuste Lineal aislado de los demás datos.

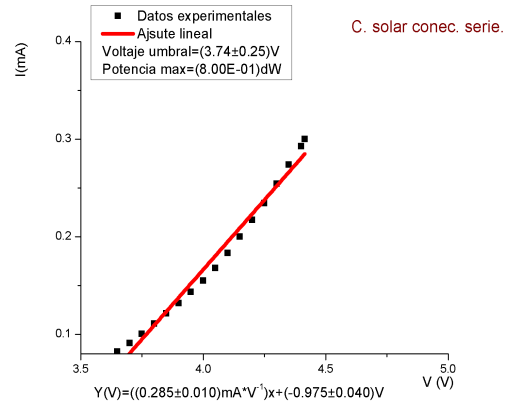


Grafica 16: Ajuste lineal para determinar el voltaje umbral.

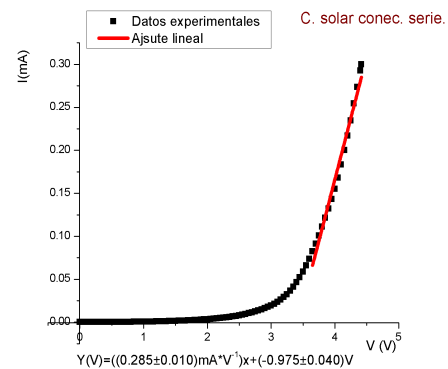


Grafica 17: Ajuste Lineal aislado de los demás datos.

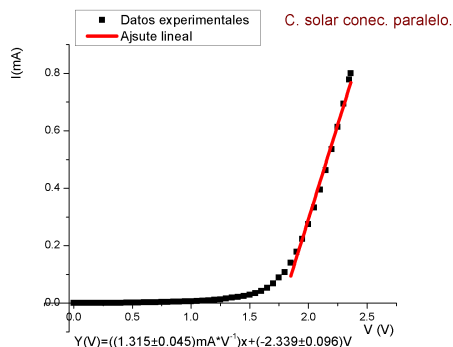
Las siguientes cuatro gráficas corresponden a la toma de datos de cuando la celda solar no está siendo radiada y está conectando tanto en serie como en paralelo con otra celda de (1.5)V.



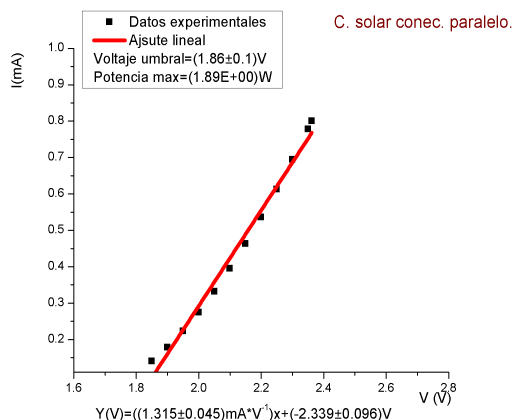
Grafica 18: Ajuste Lineal aislado de los demás datos.



Grafica 19: Ajuste lineal para determinar el voltaje umbral.



Grafica 20: Ajuste lineal para determinar el voltaje umbral.



Grafica 21: Ajuste Lineal aislado de los demás datos.

Dispositivo	Voltaje Umbral	
Diodo grande	(0.75±0.05)mV	
Diodo chico	(0.8±0.05)mV	
Led verde grande	(1.95±0.1)V	
Led verde chico	(1.95±0.1)V	
Led amarillo	(1.99±0.25)V	
Led rojo	(1.99±0.25)V	
Led UV	(2.6±0.1)V	
	Voltaje Umbral	Potencia máx
C. solar obs.	(1.65±0.1)V	(1.98E-01)dW
C. solar Luz.	(1.7±0.1)V	(2.00E-01)dW
C. solar en serie	(3.74±0.25)V	(8.00E-01)dW
C. solar en para.	(1.86±0.1)V	(1.89E+00)W

4. Observaciones y/o Discusión

Se puede observar en la tabla 1 existe una gran diferencia entre los voltajes umbral de cada uno

de los dispositivos electrónicos. Esto se debe en gran parte al material del que están hechos.

Para poder entender la curva (I-V) de los diodos rectificadores que se presentan en las gráficas: 1, 2, 3 y 4, se tiene que recordar que un diodo es un dispositivo que permite el flujo de electricidad en un solo sentido para proteger a otros dispositivos de alguna descarga. Por lo que la tendencia exponencial nos indica que se ha sobrepasado el valor mínimo del diodo y este se ha activado de tal manera que no dejará pasar la corriente en sentido contrario de como está fluya de manera natural.

Lo que hallamos en estos dos tipos de diodos es que caen en el rango de cuando los diodos están hechos de silicio aunque se debe reportar que el más chico necesitó más voltaje para poder tener esa tendencia exponencial argumentamos y llegamos a la conclusión que es muy probable que esté dopado con algún otro material.

Para el caso de los Diodos emisores de luz mejor conocidos como LED's, sus gráficas son: 5 a la 14, cada uno de ellos coinciden tanto su encapsulado como el rango en el cual emiten radiación. Esto se pudo comprobar al comparar el voltaje umbral que se obtuvo con el potencióstato y las tablas patrón que se han obtenido de la comunidad científica. Lo que llamó más la atención fue ver las diferencias que presentan las gráficas de cada uno de los LED's aunque de esto lo más la atención fue la del led UV la curioso fue ver cual presenta una diferencia energética muy marcada a comparación de las demás. Esto en parte o la gran mayoría se debe a que radia en solo una parte del espectro UV.

Pasemos a las celdas solares, al caso cuando analizamos una tanto radiada como no radiada por un foco de 100 W. Tenemos que decir, tomando en cuenta los casos anteriores, que la celda solar sin radiación se comporta como un diodo lo haría y, cuando ésta es radiada, la curva (I-V) se desplaza hacia abajo. Esto se debe a la tensión que fluye por el dispositivo y al aumento de potencia como se puede ver tanto en las

gráficas: 15 a la 18 o también en la tabla 1 en la sección de Potencia máx. La relación que hay entre las celda no radiada y radiada es que en ambas existe generación térmica, en diferente grado pero la hay.

Para el caso de las celdas solares conectadas tanto en serie y en paralelo, lo que podemos decir del análisis es que gráficamente se puede observar que se cumple la condición del arreglo, que es el caso de la conexión en serie, el aumento del voltaje por dos y, en paralelo, el mismo aumento pero ahora para la corriente.

5. Conclusiones

Se obtuvo tanto los coeficientes del voltaje y corriente de cada uno de los dispositivos que se analizaron con el Potenciostato, con los cuales se graficaron las curvas características corriente-voltaje (I-V) para encontrar el voltaje umbral y la potencia máx de cada circuito eléctrico.

La importancia de la presente práctica fue darse cuenta que aunque son dispositivos que parten de la tecnología diodo, tienen diferentes gradiente de potencia de activación como se puede observar en las distintas gráficas de esta presente práctica.

6. Bibliografía

- [1] J. González Velasco. *Energías Renovables*. REVERTÉ. Barcelona. 2009. pp 166-167.
- [2] Op.cit
- [3] Gran Enciclopedia de la Electrónica. Tomo 1: Componentes. Ediciones Nueva Lente. Madrid, 1985. Pp. 33-37
- [4] Turner P. Rufus. Componentes de Estado Sólido. Editorial Diana. México, 1974. Pp. 24-26.
- [5] Diccionario enciclopédico Salvat Universal. Tomo 9. Salvat Editores. Barcelona, 1971. Pp. 198-199
- [6] Turner P. Rufus. Componentes de Estado Sólido. Editorial Diana. México, 1974. Pág. 40
- [7] José de Jesús Morales Romero. Balastro electrónico para diodos emisores de luz. Tesis. IPN. Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica. Pág. 6. Disponible en línea en: <http://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/6305/BALASTROELEC.pdf?sequence=1>
- [8] Iván Martín Guzmán Bautista. Diseño de un prototipo generador de energía eléctrica en base a celdas solares. Tesis. UNAM. Escuela Nacional de Estudios Profesionales