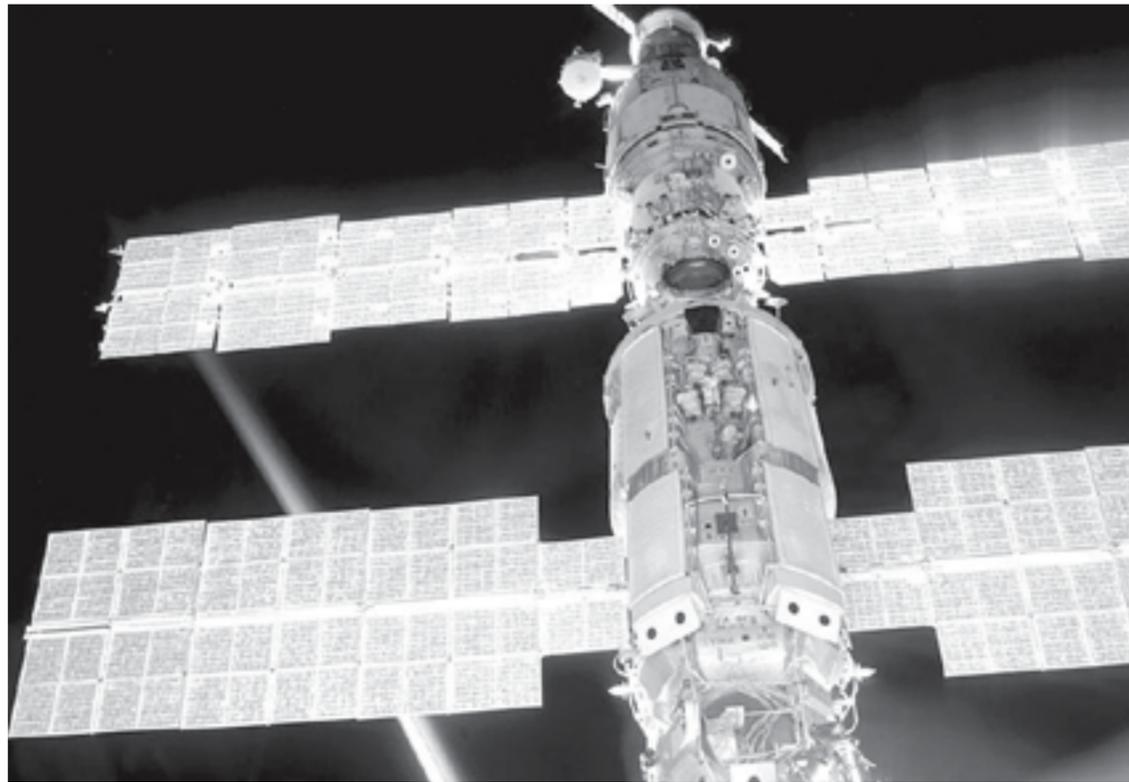


El futuro inmediato de las celdas fotovoltaicas

Antonio Sarmiento Galán
 Instituto de Matemáticas, Unidad Cuernavaca, UNAM
 Miembro de la Academia de Ciencias de Morelos, A. C.

El Sol proporciona a la Tierra una potencia de más de 1,350 watts (w) por metro cuadrado (m²) en promedio; la mitad de dicha cantidad es reflejada hacia el espacio exterior o absorbida por la atmósfera. De manera que 675 w/m² en promedio llegan a la superficie y si consideramos el disco que es iluminado continuamente tiene un área de 127.5 X 10¹² m², obtenemos que el Sol proporciona a la tierra 86.07 X 10¹⁵ w de manera continua. Aquí hemos empleado la llamada notación científica para escribir grandes números; así, 10¹² significa un uno seguido de 12 ceros, es decir, un millón de millones, mientras que 10¹⁵ significa mil millones de millones

Los seres humanos consumimos alrededor de 15 X 10¹² w, es decir, un poco más de la seis milésima parte de lo que nos llega. Visto temporalmente, en 15 segundos el Sol nos provee tanta energía como la que los seres humanos consumimos en un día. Estas cifras son asombrosas y sorprenden-



La electricidad utilizada en la Estación Espacial Internacional es generada mediante la conversión de energía solar por medio de celdas fotovoltaicas especiales.

En 91 minutos y 40 segundos, el Sol proporciona a la superficie terrestre 13.15 X 10¹⁶ watts-hora (wh), tanta energía como los humanos consumimos en un año. En 116.18 horas (4.84 días) nos proporciona 1 X 10¹⁹ wh, es decir, tanta energía como

la que se encuentra en todas las reservas probadas de petróleo, carbón y gas natural del planeta. El watt-hora (wh) es una unidad de energía equivalente a un watt de potencia gastada durante una hora (un foco de 60 watts encendido durante una hora gasta 60 wh; el consumo doméstico es medido por la CFE en miles de wh).

Si fuésemos capaces de capturar la décima parte del 1% de la energía solar que choca con la Tierra –una parte en mil– tendríamos acceso a casi seis veces (5.74) la cantidad de energía que consumimos actualmente en todas sus formas y casi sin emitir gases de efecto invernadero, los cau-

santes del calentamiento global provocado por las actividades humanas. Con la tasa actual de crecimiento en el consumo mundial de energía, 1% cada año, tardaríamos casi 176 años en llegar a consumir diariamente la milésima parte de la energía que el Sol nos proporciona..

Sin embargo, la energía solar suministra aún una fracción diminuta de la capacidad de generación en el planeta. Aunque la energía solar es más que abundante, hasta hace poco los sistemas para capturarla eran ineficientes y caros. A finales del 2009 la capacidad instalada de energía solar fotovoltaica era de 24-25 X 10⁹ w pico y se generaban entre 30 y 35 X 10¹² wh al año; en 2010 se añ-

dieron otros 16-17 X 10⁹ w pico para llegar a un total de 40 X 10⁹ watts pico instalados y una producción de 50 X 10⁹ wh al año.

Afortunadamente, la situación está cambiando. Durante los 30 años previos al 2011, el precio de esta forma de captura de la energía solar cayó exponencialmente, dando pie a la posibilidad de un análogo a la ley de Moore: ésta establece que, a partir de observaciones a lo largo de la historia de la computación, el número de transistores en los circuitos integrados se duplica cada dos años aproximadamente. De manera similar, cada 18 meses se duplica el desempeño de los circuitos integrados debido tanto al mayor número de transistores como de una mayor velocidad en su funcionamiento. Esa es la razón por la que un teléfono móvil tiene actualmente miles de veces más memoria, es decenas de veces más rápido que la primer supercomputadora (Cray 1), pesa algunos gramos en lugar de casi cinco toneladas y cuesta miles de pesos en lugar de cientos de millones. Si algo parecido se establece en el mercado de la tecnología solar, eventualmente tendremos energía masivamente distribuida e increíblemente más barata y más eficiente que la tecnología gigantesca de la que nació.

El laboratorio Nacional de Energía Renovable del Departamento de Energía de los Estados Unidos, ha seguido el precio por watt de la tecnología fotovoltaica desde 1980, la cual ha caído de \$290.00 pesos, en 1980, a menos de \$40.00, a finales del 2009; es decir, un decremento anual del 7% en promedio durante dicho lapso; el precio por watt descendió

Números de EMERGENCIA

	Policía Federal Preventiva.....	3 22-02-56	066
		3 22-48-89	
	Policía Ministerial Estatal.....	3 29-15-00	
	Policía Preventiva Estatal		
	Policía Preventiva Metropolitana		
	Bomberos de Cuernavaca		
	Protección Civil de Cuernavaca		
	Centro de Control Emergencias Civac.....	3 20-50-54	
	Policía Preventiva de Jiutepec.....	3 21-15-25	
	Policía Preventiva de Temixco.....	3 26-93-85	
	Bomberos de Temixco.....	3 85-12-98	
	Policía Preventiva de Emiliano Zapata.....	3 68-28-23	
	Policía Preventiva de Xochitepec.....	3 61-20-93	
	Cruz Roja EMERGENCIAS		065
	Centro de Respuestas a Emergencias Yautepec.....	735 394 1951	
	ERUM	3 29-11-36	
	Agencia Funeraria Naser Morelos.....	3-11-92-23	
		3-11-92-24	



La variedad de diseños estéticos que se utiliza para disfrazar las celdas fotovoltaicas es enorme; en la foto se muestra un ejemplo de luminarias en Long Beach, California.



30% en 2010 y en 2011-12 bajó otro 20%.

¿Qué es lo que impulsa los cambios? Dos procesos, principalmente:

Primero, los fabricantes de celdas han venido diseñando –al igual que los fabricantes de circuitos integrados– procesos de construcción que reducen el costo de la fabricación. Segundo, la eficiencia de las celdas –la fracción de la radiación solar que transforman en energía eléctrica– ha ido en aumento. En los laboratorios se han logrado eficiencias tan altas como 41.35%, algo impensable hace 30 años; las celdas de cristales de silicio llegan a 27.6%, y los métodos baratos de película delgada han alcanzado eficiencias en el laboratorio del 20.3%. Adicionalmente, los métodos comerciales de fabricación en masa, puestos en marcha durante la última década, han logrado ya un aumento en la eficiencia de fabricación del 11.1% con respecto al proceso previo de fabricación comercial.

De continuar la tendencia –y no hay razón alguna para pensar que no lo hará– el costo de la electricidad solar cruzará el valor promedio actual de venta al público de electricidad en Estados Unidos (\$ 1.60 pesos por watt) alrededor del año 2016. Además, dado que el precio promedio de venta al público se ha incrementado alrededor de 3 o 4% anual, en los últimos cinco años, es muy probable que el costo de la electricidad solar lo alcance antes, quizá en 2014. Es posible que para el 2030, la electricidad solar cueste la mitad de lo que actualmente cuesta la generada quemando carbón.

El precio de venta al público, sin embargo, no incluye el daño que se hace al ambiente con la generación de electricidad mediante la quema de combustibles fósiles. Si sólo se incluyese el costo adicional en salud por los problemas respiratorios causados por la contaminación del aire, el valor promedio de venta al público se elevaría muy por encima del costo de generación de cualquier proceso limpio como la conversión de energía solar. Cabe mencionar que para fabricar un sistema fotovoltaico de 1,000 watts, se consumen 1,550,000 wh; dicha energía es generada por el sistema, a la latitud de Morelos, en tan sólo 335 días. Más importante aún, es el hecho de que el funcionamiento de dicho sistema evita la emisión de poco más de 1,240 kg de bióxido de carbono (CO₂) al año.

Un sistema seguro y sostenible de energía debe incorporar el costo de todos los invaluable servicios que nos provee un ambiente saludable, no contaminado.

Referencias consultadas

1) *Electricity self-sufficiency: A case study from Mexico*. Antonio Sarmiento G. Outreach, January 21st, 2013. Special edition to coincide with the third session of the International Renewable Energy Agency (IRENA) Assembly and the World Future Energy Summit (WFES), 13-17 January, 2013. Abu Dhabi. <http://www.stakeholderforum.org/sf/outreach/index.php/component/content/article/170-irena-wrap-up/1382-electricity-self-sufficiency-a-case-study-from-mexico>

2) *Key World Energy Statistics*. App for iPhone <https://itunes.apple.com/fr/app/iea-key-world-energy-statistics/id588999102?mt=8> y *Electricity in a climate constrained world, data and analyses*. International Energy Agency, 2013. <http://www.iea.org/w/bookshop/add.aspx?id=445>

3) *Tracking the Sun III: The Installed Cost of Photovoltaics in the U.S. from 1998-2009*, Barbose, G., N. Darghouth, R. Wiser., LBNL-4121E, Dec. 2010. <http://eetd.lbl.gov/ea/ems/reports/lbnl-4121e.pdf>

4) *2008 Solar Technologies Market Report: January 2010*, (2010). 131 pp. NREL Report TP-6A2-46025; DOE/GO-102010-2867, <http://www.nrel.gov/analysis/pdfs/46025.pdf>

5) *Kyocera CSR Report*. 2009. <http://www.kyocerasolar.com/about-kyocera/kyocera-solar/index.htm>



El Instituto Nacional de Astrofísica Óptica y Electrónica (INAOE)

CONVOCAN A ESTUDIANTES DE SECUNDARIA Y PREPARATORIA O SU EQUIVALENTE A PARTICIPAR EN LA:

9ª Olimpiada Nacional de Astronomía en México.

El examen de la 1ª etapa de nivel secundaria se realizará el viernes 15 de Marzo del 2013 a las 4:00 p.m.

El examen de la 1ª etapa de nivel preparatoria se realizará el viernes 22 de Marzo del 2013 a las 4:00 p.m. ambas en las siguientes sedes:

Sede Región Norte: Bachillerato Internacional UNINTER Calle San Jerónimo No. 304 Col. San Jerónimo Cuernavaca, Morelos Tel (01-777) 311-8649 o 317-1087 www.uninter.edu.mx	Director: Biol. Alfonso Corrales Castro uninterbiu@hotmail.com Coordinador Regional: Ing. Manuel Alexis Pellegrino uninterbiu@hotmail.com
Sede Región Oriente: Escuela "El Peñón" Ex-hacienda Montefalco s/n, Col. Santa Clara Jonacatepec, Morelos Tel. (735)355 03 43 ext. 113 www.elpenon.org.mx	Director: Ing. Erasmo Arrenchú Paredes erasrench@yahoo.com.mx Coordinador Regional: Lic. Enrique Barrera Herrera e.barrera@elpenon.edu.mx

Las inscripciones quedan abiertas a partir de la publicación de la presente y hasta el 13 de Marzo del 2013, para secundaria. Y hasta el 20 de Marzo del 2013, para preparatoria, a través del portal www.inaoep.mx/olimpiada

- ◊ Podrán participar estudiantes de secundaria no mayores de 16 años, de preparatoria no mayores de 18 años, y de prepa abierta no mayores de 21 años
- ◊ No hay límite de inscritos.
- ◊ Se aceptan inscripciones individuales
- ◊ El examen es de forma escrita y consta aproximadamente de 3 a 5 reactivos, con una duración aproximadamente de 2 horas.

El examen Nacional de nivel secundaria se llevará a cabo el viernes 12 de abril en la sede mencionada.

El examen Nacional de nivel preparatoria se llevará a cabo el viernes 12 de abril en la siguiente sede:

- Instituto Nacional Astrofísica Óptica y Electrónica (INAOE)

Los resultados de la 1ª y 2ª etapa serán publicados 15 días después de aplicado el examen a través de las páginas: <http://www.inaoep.mx/olimpiada/> y <https://sites.google.com/site/olimpiadadeastronomiamorelos/>

Nota: cualquier cambio en la convocatoria será publicado en la página <http://www.acmor.org.mx/>.

Para mayores informes enviar correo: nosionhatan@educador.com

ATENTAMENTE

Ing. Noé Jonhatan Gómez Hernández

Delegado Estatal para la Olimpiada Nacional de Astronomía

