REVISTA DE

Energías RENOVABLES

ANES®
Asociación Nacional de Energía Solar

PUBLICACION TRIMESTRAL

OCT-DIC, 2013

Certificado de reserva al uso exclusivo del Título: No. 04-2009-062420531800-102
Registro ISSN en trámite con Folio No. 00000359

20

El sistema de Gestión de Energía ISO-50001 y su reto para México

Sustentabilidad moderna

Las microredes eléctricas apoyadas en turbinas eólicas como solución a la demanda de potencia en las ciudades

Aplicaciones de semiconductores

basados en nitruros III-N: dispositivos fotovoltaicos, un caso particular

En 1975 nos propusimos ser la empresa fabricante de calentadores solares más grande de México

MóduloSolar mr

Hoy...¡Somos el mayor fabricante de calentadores solares de Norteamérica!

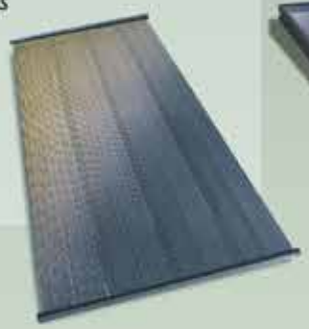
CALENTADORES SOLARES PARA USO DOMESTICO

- Productos Certificados internacionalmente.
- Exportadores a Centro, Sudamérica y Europa.
- Más de 200 distribuidores en México.
- Primeros con un Centro de Investigación, Desarrollo e Innovación.
- La planta de producción más grande en norteamérica.

HECHO EN MÉXICO

Más de 450,000 m² instalados desde 1975

CALENTAMIENTO DE ALBERCAS



SOLUCIONES PARA GRANDES USUARIOS

más de 35 años en lo más alto

Comercializadora General Solar, S.A. de C.V.
Av. Atlacomulco 136 col. Acapantzingo
Cuernavaca, Mor. 62440
Tels (777) 312 8017, 318 0104

01 800 999 5500

www.modulosolar.com.mx

ISO 9001:2008

AENOR ER · IQNet · Premio Nacional de Ahorro de Energía · NORMEX · SOLAR KEYMARK

Editorial

ANES®
Asociación Nacional de Energía Solar

Es tarea urgente e impostergable que la sociedad se comprometa a reducir su dependencia energética de los combustibles fósiles (petróleo, gas) en favor del uso de fuentes renovables de energía y aprendiendo a usar la energía en forma eficiente, debido a la amenaza que representa el agotamiento de los recursos naturales y el cambio climático global, además de otros problemas ambientales, sociales y económicos asociados al uso intensivo de la energía.

En ese sentido, Jim Leape, director general del Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF, por sus siglas en inglés), en su artículo "Planeta Vivo 2012", toca en este número un tema de vital importancia y actualidad: que las personas consumen 50% más de los recursos que la Tierra puede reponer y que la biodiversidad sigue decayendo; esto, junto con la brecha cada vez más grande entre la huella ecológica de las naciones ricas y pobres, pronostica un escenario potencialmente catastrófico en un futuro cercano. Dicho artículo incluye una lista de los 10 países que más contaminan. A la cabeza están Qatar, Kuwait y los Emiratos Árabes Unidos en el Oriente Medio, seguidos de Dinamarca, Bélgica y los Estados Unidos. Por su parte, Australia, Canadá, Holanda e Irlanda les pisan los talones. Los países se clasifican de acuerdo con su consumo de recursos renovables en contraste con su bio-capacidad, es decir, de su habilidad para producir recursos renovables y absorber sus emisiones de CO_2. Como se ve, la lista la lideran países con grandes recursos económicos, cuyo promedio de huella ecológica es hoy cinco veces mayor que la de los países menos favorecidos.

En este sentido,se toca el tema referente a la gestión de los recursos energéticos aplicables al sector productivo y al sector gobierno, la cual es una herramienta fundamental para implementar sistemas de manejo eficiente de la energía que permitan disminuir el consumo energético de la mayoría de sistemas sin comprometer su operación, mediante la promoción de procesos de evaluación y de mejoramiento. Así, se hace evidente que en el mediano plazo la sociedad ya no podrá continuar su desarrollo con base en fuentes de energía que se van agotando.

A continuación, el Dr. Ernesto Yoel Fariñas Wong y el Ing. Javier Cabeza Ferreira desarrollan el uso de pequeñas redes eléctricas que aportan soluciones a problemas actuales en su artículo "Las microrredes eléctricas apoyadas en turbinas eólicas como solución a la demanda de potencia en las ciudades".

Asimismo, en el artículo "Sustentabilidad moderna", Fernando Ausin Gómez aborda el tema haciendo hincapié en que, en nuestros días, el consumo deberá coincidir con la definición de sustentabilidad, es decir, que se deberán satisfacer las necesidades presentes sin comprometer el cumplimiento de aquellas de las generaciones futuras. Por último, un grupo de investigadores provenientes de varias instituciones de educación superior, apoyado por el proyecto Conacyt-Sener, da a conocer su investigación sobre nuevos materiales en aplicaciones de semiconductores.

Aprovecho la ocasión para extenderles un cordial saludo.

Dr. Álvaro Lentz Herrera
Presidente de la ANES

Contenido

El sistema de Gestión de Energía ISO-50001 y su reto para México 2

Las microrredes eléctricas apoyadas en turbinas eólicas como solución a la demanda de potencia en las ciudades 5

Sustentabilidad moderna 10

Aplicaciones de semiconductores basados en nitruros III-N: dispositivos fotovoltaicos, un caso particular 12

REVISTA **Energías** RENOVABLES Año 4 Núm. 20, OCTUBRE-DICIEMBRE, 2013

La Revista Energías Renovables, ANES, es el órgano oficial de comunicación de la Asociación Nacional de Energía Solar, AC, hecha por especialistas en energías renovables y dirigida al medio especializado, así como a ciudadanos interesados en formar parte del cambio energético tan urgente en México, así como en todo el mundo.

XVII Consejo Directivo Nacional 2012 – 2014: Dr. Alvaro Lentz Herrera, Presidente; M.I. Alberto Valdes Palacios, VicePresidente; Ing. Alejandro Velasco, Secretario General; Ing. José Celis Alarcón, Tesorero; Ing. Miroslava Melendez Nieto, Secretaria de Políticas Públicas y Relaciones Institucionales; Ing. Lourdes Angélica Quiñones Juárez, Secretaria de Organización; Dr. Ivan Martínez Cienfuegos, Secretaria de Vocalías; Secretaria de Legislación, Dr. Eduardo Rincón Mejía, Secretaria de Asuntos Internacionales; Ing. Daniel García Valladares, Secretaria de Asuntos Industriales; M.C. Rafael Carmona Dávila, Secretaria de Innovación Tecnológica y Emprendedurismo; Ing. Braulio Vazquez Martínez, Secretaria de Educación; Dr. Tanya Moreno Coronado, Secretaria de Publicaciones y Comité Editorial ;Secretaria de Capacitación, Dr. Armando R. Toledo Almada, Secretaría de Difusión; Ing. Héctor Hernández López, Secretaria de Secciones Estudiantiles; José Luis Beato, Secretaria de Vinculación; Ing. Ricardo Saldaña Flores, Secretaria de Secciones Regionales de ANES.

Editor Responsable; Dr. Tanya Moreno Coronado y M.C. Alberto Valdés Palacios, Secretario de Publicaciones y Comité Editorial; Edición; Coordinadora Editorial: Dafne Krinis, Diseño Gráfico: Rodrigo Cárdenas Torres, Diseño y Dirección de Arte; Consejo Editorial: Dr. José Luis Fernández Zayas, Dr. David Morillón Gálvez, Dr. Eduardo A. Rincón Mejía, Ing. Odón de Buen Rodríguez.

La Revista Energías Renovables, ANES, Año 3, Número 20, OCTUBRE-DICIEMBRE 2013, es una publicación trimestral editada por la Asociación Nacional de Energía Solar, AC. Av. Tamaulipas # 141 Piso 3, Col. Condesa, México D.F., C.P. 06140, Tel. 56-01-87-63 E-mail: anes@anes.org Editor responsable: Dr. Tanya Moreno Coronado y M.C. Alberto Valdés Palacios. Reserva de derechos ante el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Certificado de reserva al uso exclusivo del Título: No. 04-2009-062420531800-102.
Registro ISSN "En trámite"

Impresa por Dicograf, SA de CV. Av. Poder Legislativo No. 304, Col. Prados de Cuernavaca, CP 62250, Cuernavaca, Morelos. Este número se terminó de imprimir el 26 de Septiembre de 2014 con un tiraje de 1000 ejemplares más sobrantes.

El contenido editorial es responsabilidad única y exclusiva de los autores y no representa necesariamente el pensamiento de los editores ni de la Asociación Nacional de Energía Solar, AC.

Prohibida su reproducción total o parcial por cualquier medio audiovisual, electrónico o impreso sin autorización por escrito de los editores y del autor.

Producto Editorial Hecho en México

Sistema de Gestión de Energía ISO-50001 y su reto para México

Iván Martínez Zarco, Facultad de Ingeniería - UNAM

Un asunto que a todos nos concierne es el abasto y disponibilidad de recursos energéticos ya que nuestro estilo y calidad de vida depende en gran medida de la incesante explotación de los mismos, por ejemplo actividades tan cotidianas como transportarse de un lugar a otro, encender la computadora, cocinar alimentos e iluminar la noche parecen sencillas e incluso baratas cuando se piensa en un esquema individual, pero **¿Qué pasa cuando ese esquema individual se multiplica por 120 millones de mexicanos y por 365 días al año?**

Nos enfrentamos a una gran demanda y entonces **¿Cómo podremos satisfacerla?** Si bien existen muchas y variadas formas de generar energía, en México siempre nos hemos inclinado por una sola que es la quema de combustibles fósiles, específicamente el petróleo y sus derivados. México es el octavo productor de petróleo en el mundo y a pesar de contar con amplias reservas de crudo solo existen 6 refinerías en el país lo que implica que no se cuenta con la capacidad de procesar el producto que mantiene a flote la economía nacional, entonces el petróleo mexicano es vendido a bajos precios a países que cuentan con la infraestructura tecnológica y humana para procesarlo y vendérnoslo de vuelta a un costo muy superior al que ellos lo adquirieron. Independientemente de las estadísticas a disposición es un hecho que el precio de la gasolina y del gas LP aumenta de forma sostenida mes con mes aun por encima de la inflación, lo mismo sucede con las tarifas de consumo eléctrico, esto aun en un esquema en el cual todavía no se implementa la recientemente aprobada reforma energética, lo que implica que los costos por energía en todas sus formas aún pueden elevarse más, mucho más.

La creciente demanda de energía no se limita únicamente a México, el resto del planeta y sus 7 mil millones de habitantes se enfrentan a situaciones similares por lo cual surgen medidas auxiliares enfocadas a enfrentar los retos planteados por las crecientes necesidades energéticas globales, dentro de este contexto surge la certificación en Sistemas de Gestión de Energía:

ISO 50001

La ISO 50001 es una certificación formulada por más de 40 países en función de las actuales necesidades económicas, ambientales y por supuesto energéticas de la humanidad, en ella se enumeran las directrices y protocolos de desarrollo de esquemas de gestión energética aplicables al sector productivo, es decir es una guía para implementar sistemas de manejo eficiente de la energía que permite disminuir el consumo energético de la mayoría de sistemas energizados sin reducir su eficacia sujetándolos a constantes procesos de evaluación y mejoramiento, si se implementa correctamente la ISO 50001 puede alcanzar resultados tales como los de Delta Electronics en China que logro reducir su consumo 10.51 millones de kWh en comparación a periodos anuales anteriores lo cual se traduce en un ahorro de 10.2 mil toneladas en emisiones de carbono, en Austria el municipio de Bad Eisenkappel, con 2,400 habitantes redujo su consume energético anual en 25 % equivalente a 86 000 kWh, en Reino Unido la institución académica Sheffield Hallam University redujo sus emisiones en 11% una vez implementada la ISO 50001, lo que implica que el sistema de gestión energética propuesto por la ISO 50001 es aplicable a diversos ámbitos.

¿Quién está capacitado para estructurar, implementar y evaluar un sistema de gestión energética acorde a las ISO 50001?

Teniendo en cuenta que la energía se presenta en una amplia gama de formas y es aplicada a un número aún mayor de sistemas de consumo los cuales implican procesos de transformación regidos por una infinidad de reglas físicas, distintos países han procurado supervisar de cerca que el proceso de implementación de ISO 50001 sea llevado a cabo de forma íntegra y por ende funcional, por ejemplo en Canadá se cuenta con **The Canadian Industry Program for Energy Conservation (CIPEC)** que surge como una asociación entre empresas de iniciativa privada y el gobierno canadiense con el fin de promover, financiar y mejorar continuamente la implementación del esquema de gestión energética propuesto en la ISO 50001, de ahí ha derivado la creación de recursos tecnológicos como la **Energy Savings Toolbox** que es una guía interactiva en la cual se explican a detalle los pasos a seguir para la adaptación de la ISO 50001 a una industria especifica canadiense incluyendo recopilación y monitoreo de datos, además de contar con recursos como hojas de cálculo como apoyo en el análisis de datos recopilados, además de redes de intercambio de información referente al tema en las cuales se comparten métodos y resultados al alcance de cualquier afiliado a la (CIPEC).

En Estados Unidos **The Department of Energy (DOE)** es el principal administrador de la ISO 50001 y tiene como función es garantizar que efectivamente la implementación de la norma derive en resultados tangibles respaldados por un protocolo estrictamente técnico desarrollado por el propio departamento entres sus contribuciones se cuenta con la estructuración de guías de adaptación de la ISO 50001 a la industria estadounidense similares a las elaboradas por sus contrapartes canadienses además de ofrecer cursos de capacitación en implementación de sistemas gestión energética y ofrecer estímulos económicos a resultados comprobados de reducción en consume energético.

Latinoamérica también cuenta con propuestas interesantes como la planteada por la Agencia Chilena de Eficiencia Energética (AChEE), cuyas funciones son muy similares a las de sus contrapartes del norte de América, por supuesto cuentan con una guía adaptada a su industria local, además de asesorías y programas de monitoreo de resultados comprobados referidos a la implementación de la ISO 50001.

¿Quién está capacitado para estructurar, implementar y evaluar un sistema de gestión energética acorde a las ISO 50001 en MEXICO?

En México no se cuenta con programas tan elaborados como en otros países, pero existen entidades gubernamentales (como CONUEE) y privadas con personal capacitado en el área de ingenierías o ramas afines que cuentan con las bases teóricas y la experiencia necesaria en el campo de procesos energéticos para implementar un Sistema de Gestión Energético funcional por lo que inmediatamente se pensaría que son ellos quienes deben estar capacitados y avalados para emitir certificaciones ISO 50001 de forma efectiva, garantizando verdaderos ahorros de energía en el proceso.

Como sucede con algunas Normas del Sector Energético en México, su evaluación y certificación puede recaer en un inadecuado proceso debido a que no hay entes capaces de exigir un seguimiento adecuado y de exigir la experiencia necesaria, con el tiempo se llenan de personas o entidades inexpertas certificando procesos o equipos que no conllevan al objetivo de la creación de la Norma. Lo cual equivale a conceder a un especialista distinto a medicina las facultades de emitir certificados médicos de buena salud a clientes suyos que padezcan cáncer en fases avanzadas y que estos los utilicen para los fines que les convengan, esta situación es muy común en un mercado laboral saturado por la gran oferta en el campo profesional de las humanidades.

Pero más allá de atribuirse facultades que no les corresponden debemos de evitar que "consultorías" energéticas se limiten a emitir la certificación ISO 50001 mediante la evaluación de registros de consumo, simple papeleo, a través de personal sin experiencia y con escasa visitas de campo al sector evaluado, todo esto a un costo menor que una consultoría seria y competente en el tema en cuestión, ya que por ejemplo se podrían emitir certificaciones cual si fuesen licencias de conducir sin examen de habilidades. Claro ejemplo para combatir este tipo de prácticas se encuentre en Estados Unidos, donde el gobierno tiene reglas estrictas al respecto para las empresas o instituciones que quieran entrar a un proceso de certificación ISO 50001 con soporte del gobierno.

No se debe de permitir que el sector productivo en México se encuentre certificado dentro de los lineamientos de la ISO 50001 pero solo en el papel y que carezcan de un sistema adecuado de gestión energética y por ende continúen desperdiciando recursos poniendo en riesgo la sustentabilidad energética de un país. Debemos de evitar que la ambición de algunos atente contra los intereses de todos e impida a México adecuarse a los retos planteados por el esquema energético global actual dejándolo relegado al simple cumplimiento de procesos burocráticos inútiles fuera del papel en el que se les ha redactado. **Y si en México no es posible salvar una simple certificación energética de las garras de la ambición corporativa o de inexpertos buscando ganancias**

¿Que será de las tecnologías verdes de generación y del futuro energético nacional?

Las microrredes eléctricas apoyadas en turbinas eólicas como solución a la demanda de potencia en las ciudades

Dr. Ernesto Yoel Fariñas Wong, farinas@uclv.edu.cu, Universidad Central de Las Villas
Ing. Javier Cabeza Ferreira

En la actualidad, la energía renovable se impone. En el quinquenio reciente se ha llevado a cabo un proceso de instalación de tecnologías que las aprovecha en conjunto. A esta modalidad hoy se le conoce como microrredes de suministro de electricidad y el objetivo de muchas de ellas es desconectarse de las redes nacionales. La desconexión y migración a la generación autónoma despierta cada día más interés en los usuarios e impulsa la construcción de[ok?] aerogeneradores en diferentes configuraciones, los cuales han experimentado grandes cambios tecnológicos debido a la gran variedad de emplazamientos existentes en las ciudades y su entorno.

Al comienzo, las microrredes se apoyaron casi exclusivamente en las tecnologías fotovoltaicas y de aerogeneradores tradicionales tripalas horizontales, pero dada la diversidad de patrones de viento a los que las turbinas se ven sometidas en las ciudades, éstas han evolucionado hacia formas y modelos disímiles. Dicho proceder se justifica debido a la escasez de buenos emplazamientos eólicos cercanos a los consumidores y a que los colindantes con edificaciones se consideran particularmente malos. Sin embargo, los nuevos modelos de aeroturbinas tienen la posibilidad de aprovechar y aguantar vientos racheados y turbulentos, aportando apreciables cantidades de energía a los sistemas eléctricos.

1 ENERGÍAS RENOVABLES EN LAS REDES DE DISTRIBUCIÓN DE MICROREDES

Hoy en día, el establecimiento de una oferta interna y segura de energía limpia se ha convertido en un desafío existencial generalizado, dadas las amenazas geopolíticas a los suministros mundiales de energía y los riesgos graves que se derivan del cambio climático. Las tecnologías de los aerogeneradores a escala comercial han logrado rápidos avances y hoy tienen una enorme capacidad[ok?]; no obstante, muchas regiones no son adecuadas para la instalación de grandes aerogeneradores. Los más conocidos y promocionados son aquellos que forman parques eólicos, pero hay otros que se han ido ganando un espacio cada vez más llamativo como parte de microrredes eléctricas.

En las redes eléctricas actuales, las plantas de energía de regímenes continuos llevan la carga base del sistema, por lo que el flujo energético es constante. En cambio, la energía a partir de fuentes renovables llega en oleadas, cuando sopla el viento o brilla el Sol. Esas ráfagas intermitentes de energía dificultan el trabajo de los operadores del sistema. Por tal motivo, se experimentan cada vez en mayor escala vías distintas para mejorar la intermitencia de las fuentes renovables. Las más utilizadas son el almacenamiento de energía y la previsión dinámica mediante tecnologías de comunicación que contemplen la explotación de la red de acuerdo con el concepto de microrred, por lo que esta variante se integra cada vez más a las fuentes renovables y ayuda a equilibrar el sistema eléctrico

Así, hoy se generalizan a gran velocidad sistemas dotados de contadores de electricidad bidireccionales que informan del uso de la energía a las compañías que suministran la energía eléctrica y permiten al usuario obtener descuentos en la factura (si existen leyes que autorizan vender energía de nuevo a dicha compañía); estos equipos indican, tanto al usuario como a la compañía eléctrica, cuándo es necesario reducir el consumo de electricidad de la red con el fin de evitar los cortes de electricidad que son tan molestos y dañinos.

1.1. SEGURIDAD

Muchas veces, las compañías eléctricas necesitan que un cliente llame para enterarse en dónde se produjo una interrupción. En una microrred o red controlada remotamente, los operadores pueden ser alertados de problemas potenciales, es decir, antes de que ocurra un fallo. Esta capacidad de alerta avanzada permite realizar una reconfiguración inmediata, evita el fenómeno conocido como cascading (similar al “efecto dominó”) que ocasiona interrupciones a gran escala y posibilita hacer un análisis más preciso de sus causas.

Una parte importante de la seguridad nacional es la seguridad cibernética de las redes eléctricas y sus formas de acceso, que pueden ser múltiples: acceso no autorizado e incumplimiento de los sistemas de control; interceptación y manipulación de datos de control, vigilancia y señales; ataque distribuido o coordinado sobre los componentes del sistema; virus o gusanos que dañen el software, y funcionalidad (incluso acciones humanas involuntarias o errores del operador).

Muchos de estos problemas se eliminan al utilizar configuraciones locales, las cuales trabajan con ancho de banda suficiente para una protección más sofisticada de la red y software de cifrado para frustrar los ataques cibernéticos en los equipos de generación de energía y de transporte (Crawford, 2013). De esta manera, las microrredes refuerzan la seguridad de la infraestructura y garantizan que la energía esté disponible, mientras que evitan y prevén las amenazas a la integridad del sistema. Es importante tener en cuenta que a medida que la tecnología penetra se construyen medidas de seguridad adicionales dentro del sistema. Sin embargo, es más segura que la red actual y su comunicación bidireccional le permite identificar con rapidez las amenazas e interrupciones, así como recuperarse y responder a ellas.

1.2. ECONOMÍA

Además de los costes evitados por ausencia de cortes, reclamaciones, mantenimiento o sustitución de infraestructura, la novedosa concepción de red también ayuda a ahorrar a los consumidores, ya que estos tienen más control sobre cómo se utiliza la electricidad en su propia casa y negocio, lo que a la vez puede aumentar sus ingresos discrecionales. A escala nacional, la capacidad de los consumidores de controlar y reducir su consumo de energía y los costes podría resultar en ahorros considerables. Por otra parte, en el campo tecnológico la explotación de aparatos inteligentes en industrias, oficinas, hogares o autos que utilicen esas nuevas tecnologías creará un mercado capaz de energizar varias ramas de las economías nacionales (Blanco, 2010).

1.3. OBSTÁCULOS PARA UNA MICRORED

Hoy, el montaje de microrredes con fuentes renovables enfrenta varios obstáculos, los cuales pueden ser de tres tipos:

Factores Técnicos:

- Carencia de acuerdos para el establecimiento de estándares nacionales e internacionales tendentes a homogeneizar la tecnología con el objeto de que diferentes productores y usuarios la puedan intercambiar.
- La necesidad de cohabitar durante un tiempo prolongado con la red actual.
- Dudas respecto a la madurez de las tecnologías utilizadas en las microredes.

Factores Económicos:

- Plazos largos para la recuperación de la inversión.
- Aumento de la intensidad competitiva en el sector.
- Incremento de la complejidad y riesgos de la gestión.
- Incertidumbre sobre la acogida por parte del cliente.

- **Factores regulatorios:**
  Complejidad regulatoria, necesidad de regular múltiples aspectos nuevos: generación distribuida, centrales virtuales, sistemas de almacenamiento, propiedad de contadores de consumo, privacidad de información.

Inestabilidad regulatoria:

- Diferencias entre mercados que dificultan el desarrollo de soluciones eficientes.
- Superar los obstáculos requiere de una actuación decidida y conjunta por parte de los reguladores del sistema nacional de distribución de electricidad, de las compañías eléctricas, de sus clientes y de los proveedores tecnológicos, y aun de los políticas nacionales y regionales (Katiraei, 2012)

En el cuadro 1 se detallan las principales características de la red eléctrica tradicional y de las microrredes con fuentes renovables. Un análisis comparativo entre ambas muestra cuán lejos está una de las otras y el largo camino que habrá que recorrerse para lograr la homogeneización de ambas tecnologías.

RED ACTUAL	MICRORED
Electromecánica	Digital
Comunicación en una dirección	Comunicaciones bidireccionales
Generación centralizada	Generación distribuida
Algunos sensores	Red monitorizada con sensores
Red "ciega"	Auto monitorizada
Reposición Manuel	Reposición semiautomática o automática
Propensa a fallos y apagones	Protecciones adaptativas
Comprobación manual de los equipos	Equipos con operación remota
Decisiones de emergencia humana	Decisiones basadas en sistemas
Control limitado de flujo	Total control sobre los flujos de potencia
Información del precio de la electricidad escasa	Información total del precio de la electricidad
Consumidores sin apenas elección	Consumidores protagonistas

Tabla 1.- Características de las redes eléctricas

En este ámbito se ha desarrollado la instalación de aerogeneradores en las cercanías de las ciudades y en las propias ciudades. Su instalación se ha extendido gracias al desarrollo de las tecnologías de microrredes y, por tanto, hoy forma parte fundamental de éstas.

2 AEROGENERADORES EN LAS MICROREDES

La generación mediante microrredes que contengan en su configuración aerogeneradores para los hogares y negocios tiene el potencial contribuir de manera significativa en el suministro de electricidad. Para ello, el costo de las pequeñas turbinas debe disminuirse, además de mejorarse la seguridad y la fiabilidad.

La energía eólica en las zonas urbanas es un área nueva, una página aún en blanco. Está pendiente avanzar en criterios de diseño, estética, conceptos, minimización de costos, etc. Si bien la energía potencial del flujo es mucho mayor en campo abierto o en el mar, la construcción de turbinas eólicas para áreas urbanas avanza constantemente y muestra diferentes perspectivas respecto del uso directo de la energía, ya que no sólo se concibe como suministradora de energía a la red sino que los propietarios del emplazamiento la utilizan de manera interna.

La instalación de sistemas de generación eléctrica distribuidos mediante pequeñas turbinas eólicas tiene varias ventajas: reducir la carga en las centrales eléctricas, disminuir la contaminación del aire, evitar el gasto en la construcción de nuevas plantas de energía convencional e impedir la pérdida de energía por trasmisión (Ho'okele, 2013).

Aunque en estos momentos la mayor parte de la generación eólica se encuentra lejos de las ciudades, el viento constituye una fuente energética a ser explotada en esos emplazamientos, para lo que es imprescindible determinar el lugar donde existe el potencial eólico suficiente y cómo aprovecharlo. Arquitectos e ingenieros han tratado de diseñar una respuesta, identificándose en la actualidad tres tendencias claras: turbinas eólicas integradas a la edificación, aerogeneradores instalados en edificios ya existentes y aerogeneradores en zonas comunes, por lo general plazas, parques o paseos peatonales.

2.1. TURBINAS INTEGRADAS A EDIFICIOS

Existen ejemplos de turbinas de eólcias que han sido diseñadas e instaladas en estructuras urbanas, lo cual es una tarea difícil y altamente compleja, ya uqe se compromete toda la forma exterior y la estructura de la edificación en función de la generación de

electricidad por medio del viento; sin embargo, casi todos los diseños realizados no regresan a la mesa de dibujo desde la obra de construcción. Los aerogeneradores integrados son más apropiados para edificios altos, ya que su altura permite acceder a capas con mayor velocidad de viento. Se exponen a continuación algunos ejemplos de diseño de estos tipos de instalaciones.

2.1.1. ENERGY TOWER / BURJ AL-TAQA, RIYADH, DUBAI:

En la parte superior del edificio hay una turbina Darrieus, cuya forma de llama simboliza la sostenibilidad y el manejo delicado de los recursos naturales. Además de generar parte de su consumo energético, el edificio se considera autosuficiente en la categoría (ZED), diseño de cero emisiones y 100% de energía.

2.1.2. BAHRAIN WORLD TRADE CENTRE (BWTC):

Es el caso más conocido y publicitado. Cuenta con tres turbinas eílcas[¿eólicas?] de 29 metros de diámetro, compatibles con puentes que conectan dos torres. Debido a su posicionamiento y al diseño aerodinámico de las torres se canaliza las brisa de la costa del Golfo de Bahrain a través de las turbinas, y se consigue mayor eficiencia en la generación de energía; así, los aerogeneradores cubren aproximadamente de 11 a 15% de las necesidades energéticas de las torres, con lo que se eliminan alrededor de 55 000 kg de emisiones de carbono cada año.

2.1.3. CENTRO DE TRÁNSITO TRANSBAY, SAN FRANCISCO, CALIFORNIA

Este complejo arquitectónico abarca una zona en remodelación de la ciudad. Al disponer en forma circular los aerogeneradores, visualmente expresiva, generarán energía para iluminar la parte superior de la torre.

2.1.4. TORRE DE LA PERLA DEL RÍO, GUANGZHOU, CHINA

Debido a su forma aerodinámica, el edificio reduce al mínimo la interferencia de las fuerzas del viento y las emplea para aliviar las cargas estructurales. El cuerpo del edificio dirige el viento hacia dos aberturas donde se sitúan las turbinas, las cuales alimentan el sistema de calefacción y ventilación. Dos turbinas de eje vertical aprovechan los vientos predominantes del sur y el norte.

2.1.5. STRATA (CASTLE HOUSE), SUR DE LONDRES

Las tres turbinas eólicas de nueve metros localizadas en la parte superior del edificio generan energía suficiente para accionar la iluminación eficiente, lo que constituye una parte integral de las credenciales sostenibles para el edificio en su conjunto. Las turbinas quedan insertadas en la estructura –una carcasa aerodinámica que mejora el rendimiento– en forma perpendicular a la dirección predominante del viento.

3 ARGUMENTOS A FAVOR DE LAS TURBINAS EÓLICAS INTEGRADAS

La demanda de energía económica es un argumento comercial, una alternativa ante las fuentes tradicionales que cada vez son más caras (petróleo, gas, nuclear) y una vía para demostrar conciencia ambiental y promover este tipo de comportamiento.

A medida que los edificios ganan altura, reciben vientos más veloces, con lo que es posible prescindir de una torre para la turbina. La estructura del edificio se puede emplear para revestir las turbinas y mejorar su rendimiento logrando el efecto Venturi, en tanto se ocultan a la vista desde ciertos ángulos; con esto, se logra además que la estructura del edificio sea más segura en términos aerodinámicos, porque el viento se dirige y concentra en las turbinas. Al lograr la cercanía entre la generación y el consumidor, será posible disminuir las largas líneas de transmisión de energía y anular las pérdidas significativas por transmisión.

4 ARGUMENTOS EN CONTRA DE AEROGENERADORES INTEGRADOS

Muchos consideran que los rascacielos son símbolos de estatus para presumir riqueza. El ahorro de dinero con base en la generación mediante renovables puede parecer una quimera en estos edificios, por eso muchos ponen en entredicho la ventilación natural y la instalación de turbinas de viento para generar electricidad en éstos. El elemento principal de las turbinas eólicas es la existencia del recurso viento, y éste, sin mediciones certeras no es confiable. No obstante, ni aun así hay seguridad respecto de una buena explotación del recurso eólico en el caso de las ciudades, ya que constituye un problema latente la aparición de nuevas edificaciones en torno del emplazamiento que cambien las condiciones locales del viento. Esto obliga a que el entorno forme parte del proyecto de generación. Otros temas delicados son el ruido y las vibraciones que se producen en el propio edificio y los circundantes, así como los requerimientos ciudadanos de mejores estándares de comodidad y menor ruido o vibraciones.

5 TURBINAS PEQUEÑAS EN EDIFICIOS YA EXISTENTES

Una opción para instalar aerogeneradores en zonas urbanizadas es hacerlo en edificios ya existentes, para lo cual se deben verificar aspectos como el régimen de vientos, el ruido aerodinámico de las máquinas y la velocidad para la cual se diseñó la turbina.

La evaluación del régimen de vientos en las zonas urbanas y los alrededores de edificios aislados requiere de una campaña de mediciones abundante en tiempo y datos. Con el objeto de llevar a cabo las evaluaciones de los recursos de potencial de energía eólica en una variedad de entornos urbanos (centros de las ciudades, bloques de alta densidad de viviendas adosadas, barrios de viviendas adosadas suburbanos, zonas de tiendas, centros industriales, etc.), será necesaria una ardua instalación de equipos y recolección de datos, así como identificar las características del viento en cada emplazamiento tipo.

Con ese propósito es preciso alcanzar una mejor comprensión de las líneas locales de corriente de aire alrededor y encima de los edificios a través de una combinación de modelación mediante dinámica de fluidos computacional y mediciones in situ. Se debe considerar la posibilidad real de desarrollar una instalación de ensayo dedicada a evaluar el efecto de la propia turbina de viento en el flujo sobre (o alrededor) del edificio y para valorar (y posiblemente certificar) diferentes dispositivos.

Lo anterior permitirá comprender las consecuencias estructurales y el ruido de las turbinas eólicas en la estructura del edificio. Además, sopesar posibles combinaciones de los sistemas descritos con anterioridad para determinar las pautas de instalación de capacidades de carga adecuadas. Con esa finalidad, será preciso revaluar las normas de seguridad de las pequeñas turbinas para garantizar qué gama de probabilidades de turbulencia y qué condiciones de cizalladura producida por el viento se cubren adecuadamente. Por último, será menester llevar a cabo una revisión exhaustiva de los niveles de ruido de fondo en los entornos urbanos y la posible contribución adicional de diversas tecnologías.

Para las aplicaciones mencionadas, se debe optimizar el diseño de las máquinas en función del entorno real en el que se van a instalar. Por tanto, los estudios de laboratorio y otros con base en métodos numéricos serán determinantes en los costos e inmediatez de las soluciones finales. Particular atención debe prestarse a la optimización de dispositivos para su funcionamiento en conductos y de flujo cruzado de acuerdo con las condiciones de turbulencia, así que es indispensable evaluar turbinas de eje vertical y de eje horizontal para medir su eficiencia y capacidad de aprovechamiento del recurso particular de cada sitio.

En consonancia con el volumen de información de que se dispondrá, habrá que desarrollar un sistema de información geográfica (SIG) que incorpore datos sobre la topografía local; la topología de los edificios; la morfología, orientación, altura y condiciones de la pared, así como el tipo de techo. Es evidente que el desarrollo de esta base de datos podrá tener beneficios adicionales fuera de este campo, incluido el potencial de energía solar para edificios, lo que permitiría evaluar correctamente el recurso potencial en edificios altos y otras estructuras como parte de una microrred.

En el proceso de integrar las turbinas a las microrredes será necesario optimizar inversores, controladores de inversor y generadores eléctricos; desarrollar sistemas adecuados y métodos de prueba de fallos para los rotores de las turbinas, y evaluar los obstáculos de carácter no técnico como el costo de capital, seguros, finanzas usuario final y cuestiones sociales (Todd, 2009)

5.1. COLOCACIÓN Y MONTAJE

Hay que tener en cuenta las cargas en el techo si las turbinas se instalan en casas ya existentes. El principal problema en las zonas de turbulencia son los tejados. Las turbulencias provocan grandes cambios en carga y rendimiento, lo que resta eficiencia a la máquina. Por tanto, se suele recurrir a torres altas para escapar de la zona más turbulenta, por lo que altos momentos son inducidos en la estructura del techo. Esto requiere un punto razonable y fuerte de fijación, además de un análisis estructural de la cubierta. La prevención o reducción de la vibración se consigue con soportes de goma. Las vibraciones no constituyen un problema cuando existe un punto fuerte en una viga de hormigón armado o con fijación similar; asimismo, utilizar un sistema de montaje flexible entre la torre y la estructura del techo puede proporcionar amortiguación adicional.

5.2. ESTUDIOS DEL CASO

Desde hace algunos años se tienen en cuenta las pequeñas turbinas para apoyar las necesidades de electricidad. A menudo, el enfoque es un estudio de factibilidad, pero no va más allá. Algunos fabricantes hacen grandes promesas a sus clientes que no cumplen. La transmisión de vibraciones y, con ella, la fatiga de la estructura de los edificios y las emisiones de ruido debido a las vibraciones ocasionaron el rápido fin de este mercado, pero al mismo tiempo se dañó la reputación de la energía eólica a pequeña escala.
Fabricantes como Ampair no recomiendan la instalación en los techos, ya que ni las turbinas ni la estructura del techo están diseñadas para esta aplicación. El grupo WINEUR (Wind Energy Integration in the Urban Environment o Viento de Integración Energética en el Medio Ambiente Urbano) realizó estudios de viabilidad, aun entre sus socios de Francia, los Países Bajos y el Reino Unido, los cuales determinaron que existen condiciones propicias para el desarrollo de este tipo de fuente energética si se hace una investigación multicriterio de los fenómenos que intervienen en la generación eólica urbana.

El análisis de un escenario de producción de energía teórica con base en curvas de potencia dadas por los fabricantes con una eficiencia de conversión eléctrica de 97% para diferentes velocidades medias de viento y una disponibilidad de 70% arrojó los siguientes resultados: producción anual de 1,452 kWh para el modelo Swift de 1.5 kW, y para el modelo Airdolphin de 1.0 kW, una producción de 1,260 kWh. Las estimaciones parecen optimistas, ya que la curva de potencia tanto para el Airdolphin como para la turbina de Swift muestra una potencia de 100 W máximos con viento de 5 m/s. Esto brinda la perspectiva de que a partir de dos máquinas sin modificaciones o ajustes especiales en emplazamientos urbanos se obtiene una producción energética aceptable.

Al respecto, varios reportes de estudio de campo señalan lo siguiente:

- Se instalaron tres máquinas Bergey de 3.2 m de diámetro en Temple Bar, Dublín. Durante el tiempo de monitoreo reportaron buenos resultados, ya que no mostraron ningún problema de funcionamiento ni daños en la estructura o las máquinas. En el Edificio Verde, una fábrica de Bélgica, se instalaron en octubre de 2003 tres turbinas Fortis Montana de 5 m de diámetro, las cuales cumplieron el tiempo de prueba satisfactoriamente.

- En el noreste de Inglaterra, 15 edificios convencionales fueron reequipados con turbinas Windseeker en la Universidad de Strathclyde, de una patente de 1979 por G. W. Webster. El fabricante de pequeños aerogeneradores Proven ha instalado máquinas en lugares públicos abiertos y en tejados de variadas geometrías. Por ejemplo, en la School of Art de Glasgow, Proven Energy recomendó un aerogenerador de 2.5 kW. La casa Colombo tiene un plan piloto que consta de la instalación de dos turbinas de viento de 6 kW.

- En Palestra, Londres, en 2004 el sistema de la azotea Swift Wind Energy recibió la aprobación oficial para obtener la acreditación del Fideicomiso para el Ahorro de Energía en Escocia a través de la iniciativa comunitaria Scottish & Renovables Householder, el cual funciona hasta ahora sin problemas visibles.

6 ARGUMENTOS A FAVOR Y EN CONTRA DE LAS PEQUEÑAS TURBINAS DE VIENTO MONTADAS EN EDIFICIOS

Tener menor pérdida de transporte de energía, en combinación con paneles solares, permite cubrir el espectro básico de generación mediante renovables. Los sistemas pueden compartir el mismo hardware, y como este tipo de máquina multiplicadora requiere poco mantenimiento, ocasiona menos ruido y menos vibraciones del engranaje. El ruido de fondo en las ciudades es alto y cubre la mayor parte de las emisiones de ruido de las turbinas. La necesidad de energía es cada vez más imprescindible en la vida cotidiana y su generación es accesible para los mismos consumidores.

Cada construcción tiene materiales particulares y, por tanto, características distintivas de resistencia y durabilidad. Por tal razón, una solución universal no es práctica y dificulta y encarece el proceso de cada proyecto de instalación. La transmisión de las vibraciones y el ruido cambia de un caso a otro. Las normas de seguridad deben ser altas mientras que el límite de emisión de ruido debe ser más bajo que en un campo abierto. El ruido ocasionado por una turbulencia elevada y un cambio rápido de la velocidad media y la dirección del viento pueden molestar a los vecinos, quienes además no se benefician en modo alguno de la turbina.

7 CONCLUSIONES

Los aerogeneradores se encuentran en tres modalidades: integrados en edificios desde su etapa de proyecto, instalados en edificios existentes y colocados en espacios públicos. Si bien éstos se ven cada vez más en las ciudades, en la práctica aún no se ha explorado la aplicación de la energía eólica urbana. Las pequeñas turbinas eólicas que hoy existen en el mercado no suelen estar diseñadas para la velocidad del viento de las ciudades, que por lo general son bajas, y mucho menos para las condiciones de viento inestable, turbulento y racheado de los entornos urbanos. Lo mismo se aplica a las estructuras donde se pretenden instalar, que no están diseñadas para soportar las cargas dinámicas. Algunas pruebas de campo con pequeñas turbinas de viento en edificios ya existentes han fallado debido a las emisiones de ruido, las altas turbulencias (que agrietaron las palas) y la transmisión de vibraciones al edificio.

Al mismo tiempo, hay fabricantes interesados en probar que participan con éxito en la generación urbana con sus productos. Cada vez más fabricantes se esfuerzan en desarrollar turbinas apropiadas para las zonas urbanas. Es imprescindible conocer a fondo acerca de la optimización del diseño de las palas, la amortiguación mecánica, la emisión de ruido, los procedimientos de seguridad, la eficiencia del generador y el posicionamiento.

Además de estas tareas pendientes, la aceptación social y, por consiguiente, el mercado, son factores importantes. Será esencial escoger el modelo en función del sitio y no sólo considerar si es más adecuada una turbina de eje vertical que una horizontal.

En general, las pequeñas turbinas de viento son menos eficientes que las grandes, y las de eje horizontal superan a las de eje vertical, pero estas últimas son mejores para vientos turbulentos como los de las ciudades. En estos escenarios, la dirección del viento cambia con frecuencia y rápido, por lo que las actuales turbinas de eje horizontal son menos eficientes y las verticales son más apreciadas e igualan en eficiencia a las horizontales.

BIBLIOGRAFÍA

Blanco, S: (2010): "Las Redes Eléctricas Inteligentes: el aporte de las TIC", Indra,. [Consulta: Junio 2013]. Disponible http://www.fundaciongasnatural.org/SiteCollectionDocuments/Actividades/Seminarios/Madrid%2020100526/2_Santiago%20Blanco.pdf.

Crawford, M. (2013), Microgrids may Power Entire U:S: in Future, ASME ORG, available in: https://www.asme.org/kb/news—-articles/articles/renewable-energy/microgrids-may-power-entire-u-s—in-future, viewed March 2013.

Dutton A. (2012), "The Feasibility of Building- Mounted/ Integrated Wind Turbines (BUWTs): Achieving their Potential for Carbon Emission Reduction"; Final Report, 4th May 2012, available in http://www.powerengineeringint.com/articles/print/volume-18/issue-4/power-report/microgrids-key-to-the-smart-grids-evolution.html, viewed. March 2013.

Ho'okele S. (2013) "Complete phase one at Joint Base Pearl Harbor-Hickam", available in http://www.hookelenews.com/spiders-complete-phase-one-at-joint-base-pearl-harbor-hickam/. Viewed. March 2013

Katiraei F. (2012), "Microgrids manegent control and operation". Power and Energy Magazine, IEEE. Volume: 6, Issue: 3, May-June 2012, pp 54 – 65, Product.

Ruck B., (2009), "Einführung in die Gebäude- & Umweltaerodynamik", Lecture Notes, Univerity Karlsruhe, available in http://www.urbanwind.net/downloads.html, viewed, march 2013.

Todd, B. (2009), "The business case for microgrids White paper: The new face of energy modernization", Available in http://www.renewableenergyfocus.com/view/3199/dc-microgrids-a-new-source-of-local-power-generation/, viewed. March 2013

Sustentabilidad moderna

El reto principal que enfrenta la humanidad hoy en día es la falta de sustentabilidad. De acuerdo con las Naciones Unidas, la sustentabilidad consiste en el consumo mesurado de recursos para no comprometer las necesidades de las generaciones futuras. Vivir sustentablemente significa usar solamente la cantidad de recursos que se necesitan hoy en día, para que las generaciones del mañana también gocen de la misma cantidad de recursos. Según el Ecological Footprint Network, en términos globales se rebasaron los límites naturales hace décadas y hoy en día se consume más de 40% de recursos naturales de lo que la Tierra puede regenerar; es decir se consumen **1.4 planetas Tierra cuando solamente tenemos 1.**

Fernando Ausin Gómez
BIOTU

En nuestra búsqueda por la sustentabilidad, el primer lugar para empezar es recurrir a los pueblos que han vivido más sustentablemente en el mundo. En México, al igual que otros países de América Latina y el mundo, pedimos consejo y guía a los pueblos indígenas tradicionales que siguen en el marco de la naturaleza. Históricamente, dada su cosmovisión universal y principios de la unidad de todas las cosas, casi todos los pueblos ancestrales del mundo vivían según la sustentabilidad ambiental y consumiendo recursos sin poner en riesgo los de las generaciones futuras. Aunque el término sustentabilidad es una noción externa a los pueblos originarios, y en muchas instancias la *sustentabilidad* se traduce simple y sencillamente como "vida" en las lenguas indígenas, nuestra primera labor es aprender cómo vivir sustentablemente: como lo hacían y hacen grandes grupos históricos que todavía viven de esa manera.

Ahí encontramos la filosofía de la sustentabilidad moderna, que crea así un equilibrio entre el legado ancestral de las comunidades indígenas de vivir en armonía con la naturaleza y los avances tecnológicos en telecomunicaciones y energía renovable que el mundo moderno nos brinda.

Las energías renovables se refieren a las diferentes fuentes de energía provenientes de recursos renovables. Por ejemplo, los paneles solares brindan electricidad por medio de la luz del Sol que las celdas fotovoltaicas atrapan. De igual manera, los molinos eólicos brindan energía del viento que las mueve y las plantas de geotermia producen energía a partir de las altas temperaturas de la Tierra.

En nuestro mundo de recursos limitados, las energías renovables son importantes porque provienen de fuentes sustentables e ilimitadas; es decir, usar energías renovables hoy no compromete las necesidades de futuras generaciones y se pueden utilizar durante tiempo indefinido, ya que fuentes como el Sol, viento y la temperatura terrestre son renovables (menos por el momento).

A diferencia de la energías no renovables (aquellas provenientes de combustibles fósiles como petróleo, gas natural y carbón), las energías renovables no contaminan el medio ambiente al producir energía. Las fuentes de energías no renovables pueden ser más costosas de lo que aparentan por los efectos secundarios que ocasionan en la atmósfera y los seres vivos. Un paso importante hacia la sustentabilidad social es el uso de las energías renovables.

Algo fundamental en la búsqueda de la sustentabilidad moderna es tema de la espiritualidad personal. Tener energía al compás que nos guía hacia el despertar nuestras conciencias, ya que desarrollarla espiritualidad nos ayuda a entender nuestra interconección y unidad con el todo. Conocernos desde lo más interno de nuestro ser nos ayuda a entender plenamente quiénes somos.

Muchos sabios señalan que nuestra sociedad se encuentra en una crisis espiritual que se ve reflejada en muchos ámbitos tanto personales como sociales. Reconocer los retos ambientales, políticos, económicos y sociales que encaramos hoy en día requiere de gran compromiso y fortaleza personal. Por lo tanto, prepararnos espiritual y personalmente, al reconocer verdaderamente quiénes somos y cuáles son nuestras conecciones, nos ayuda a vivir vidas más plenas.

Tenemos que reconocer profundamente que si queremos cambiar al mundo, los primeros que tenemos que cambiar somos nosotros mismos. Nuestra espiritualidad es nuestra religión, y cada uno de nosotros la practicamos a nuestra manera. Como el gran autor Mark Twain alguna vez dijo: "no dejes que tu escuela interfiera con tu educación", de igual manera no hay que dejar que nuestra religión interfiera con nuestra espiritualidad. Cada uno de nosotros tenemos talentos únicos y especiales que son fundamentales para crear el mundo que queremos vivir. Sólo es cosa de que nos activemos y los utilicemos de manera integral.

Por otra parte, la comunidad y la participación ciudadana son dos fundamentos esenciales para obtener la sustentabilidad moderna. El significado de la democracia es "el gobierno de un pueblo." Por lo tanto, es responsabilidad y derecho de los y las ciudadanas que viven en una democracia y participar en la forma de gobernar de sus representantes.

México supuestamente es una democracia participativa, en que la opinión de sus ciudadanos es importante en la toma de decisiones de sus gobernantes. Es por eso que los y las ciudadanas emiten su voto por las personas que los representan. La participación e influencia política en nuestra sociedad son fundamentales, ya que por medio de nuestra participación en la política podemos crear una relación con nuestros gobernantes, y mantenerles en forma respetuosa y pacífica nuestras demandas, peticiones e ideas para nuestra comunidad, estado y país. Esta es una de las formas más viables de efectuar los cambios necesarios en el ámbito nacional.

Sin embargo, la participación ciudadana no se limita a la incidencia política. También incluye la participación e influencia en nuestras comunidades, escuelas, empresas y otras organizaciones civiles. Al activarnos nosotros mismos como miembros activos de nuestras comunidades, sea política social o económicamente, nuestra voz y nuestro voto cuentan. Eso se puede traducir no solamente en las urnas electorales, sino que también safecta el consumo de productos, al aprobar si una compañía obedece o ignora las normas ambientales y sociales, o si nosotros estamos dispuestos a dar nuestro dinero y recursos a unas prácticas que potencialmente pudieran dañar nuestra salud y la del medio ambiente. De igual forma, la participación ciudadana se mide en como participamos, dirigimos y exigimos cambios dentro de nuestras actividades en nuestras sociedades. Estos cambios se pueden llevar a cabo en nuestros grupos sociales, escuelas, organizaciones civiles y demás grupos en los que participamos.

Estamos viviendo años muy importantes para la sustentabilidad humana en el planeta. Todos tenemos la oportunidad de activarnos y ayudar a decidir cómo vamos a garantizar sustentabilidad moderna en el mundo. Estos cambios pueden realizarse en forma individual, claro, sin embargo hacerlo en forma comunitaria y con el apoyo y consenso de otros miembros de nuestras comunidades proporcionará logros más amplios. En estos años de oportunidades, tanto individuales como colectivas, recordemos que después de informarnos y educarnos sobre los retos que enfrentamos, el paso inmediato es tomar acción.

APLICACIONES DE SEMICONDUCTORES basados en nitruros III-N: dispositivos fotovoltaicos, un caso particular

M. López-López,*, M. Ramírez-López1, G. Contreras-Puente2, G. Santana-Rodrígez3, R. Mendoza-Pérez4, J. Aguilar-Hernández2, F. de Moure-Flores2, L. Zamora-Peredo5, V. H. Mendez-Garcia6, O. de Melo7, J. Huerta-Ruelas8.

El descubrimiento en el siglo XIX de las propiedades electro-ópticas de los materiales semiconductores dio comienzo a una revolución tecnológica sin precedentes que ha transformado profundamente a nuestra sociedad. Desde entonces, y en particular desde mediados del siglo pasado con el procesamiento del primer transistor, se ha producido un vertiginoso desarrollo de las tecnologías relacionadas con dichos materiales, tanto las que se refieren a la obtención y síntesis de semiconductores como las de fabricación de dispositivos basados en dichos materiales. En la actualidad, existe una gran variedad de materiales semiconductores, desde los básicos radicados en el grupo IV de la tabla periódica hasta los compuestos binarios, ternarios y cuaternarios derivados de los grupos II-VI, III-V, I-III-VI2 y otros de mayor complejidad. (figura 1).

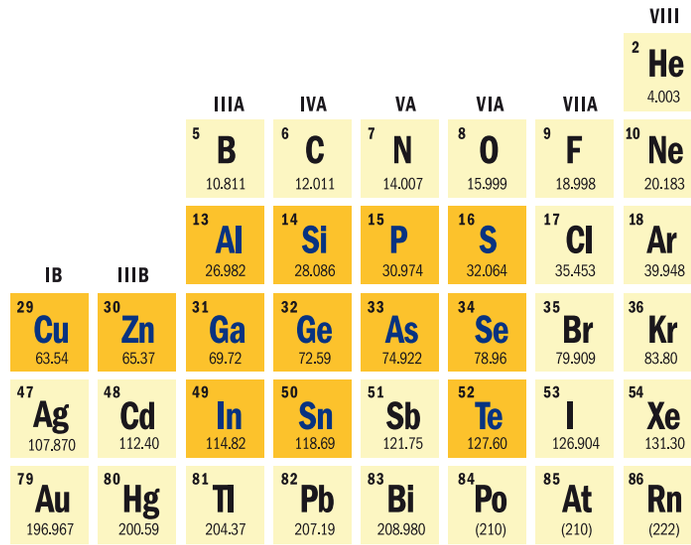


Figura 1. Ubicación en la tabla periódica de los semiconductores básicos (Si y Ge) y de los elementos de los cuales se derivan compuestos covalentes semiconductores.

En nuestro país existe una gran variedad de posibilidades para el uso sustentable de fuentes renovables de energía y en particular para la generación de energía eléctrica a partir de éstas. Una de las posibilidades de especial interés es el uso de celdas solares para aplicaciones terrestres que ofrezcan una alternativa de energía limpia, renovable y sustentable en el corto plazo. Una de las líneas de investigación de las celdas solares en la actualidad se basa en el estudio de nuevas aleaciones con elementos de la tabla periódica, con el propósito de obtener propiedades ópticas y eléctricas adecuadas para incrementar la *eficiencia fotovoltaica* (porcentaje de energía solar convertida en energía eléctrica). Los compuestos III-N (nitruros) constituidos con los elementos metálicos Al (aluminio), Ga (galio) o In (indio) han tenido un gran desarrollo. Estas aleaciones poseen una banda prohibida de energía "Eg" de rango muy amplio, con longitudes de onda que van desde el ultravioleta hasta el infrarrojo, ideales para utilizarse en dispositivos fotovoltaicos de nueva generación.

Algunas aplicaciones de estos semiconductores basados en nitruros III-N, son:

a. **Automotri.**
b. **Sector militar**
c. **Optoelectrónica**
d. **Medioambientales**
e. **Medicina**
f. **Generación, ahorro, transporte y distribución de energía eléctrica**

Automotriz: se proyecta que los vehículos híbridos y eléctricos estén equipados con dispositivos basados en nitruro de galio (GaN), en los sistemas tanto de propulsión como de distribución de energía del vehículo, (figura 2).

Figura 2. Vehículo con luces diurnas de LED

Sector militar: en este sector el impacto de los semiconductores de una banda ancha prohibida de energía "E_g" ha provocado cambios en las capacidades militares que dependen de las tecnologías de radiofrecuencia y de electrónica de potencia. Así, en el caso de la electrónica de radiofrecuencia (RF), el GaN permitirá desarrollar amplificadores de RF que podrán suministrar hasta cien veces más potencia que los actuales dispositivos basados en arsenuro de galio (GaAs), lo que convertirá al nitruro de galio en la primera tecnología en estado sólido que podrá competir en prestaciones con la tecnología de tubos de vacío de electrones (tubos de ondas progresivas TWT, klystron, etc.). La sustitución de estos tubos de vacío por dispositivos de GaN está permitiendo construir radares sin precedentes, reduciendo además el peso, volumen y costo de fabricación de dichos equipos.

Optoelectrónica: hoy en día, la aplicación de semiconductores basados en nitruros semiconductores III-N se efectúa principalmente en transistores, telefonía móvil, dispositivos de almacenamiento óptico (disco Blu-ray), láseres, etcétera.

La formación de la aleación de GaN con Al (AlGaN) conduce a la formación de heteroestructuras semiconductoras AlGaN/GaN, con las cuales se pueden fabricar transistores con gran velocidad de respuesta y elevada potencia. Debido a que los enlaces interatómicos poseen un elevado carácter iónico, estos iones generan intensos campos eléctricos internos que inducen entre el AlGaN y el GaN una concentración de electrones del orden de $10^{13} cm^{-2}$. En la actualidad los transistores más rápidos son los de efecto de campo HFET *(Heterostructure Field Effect Transistors)*, que ya se fabrican a base de nitruros, (figura 3).

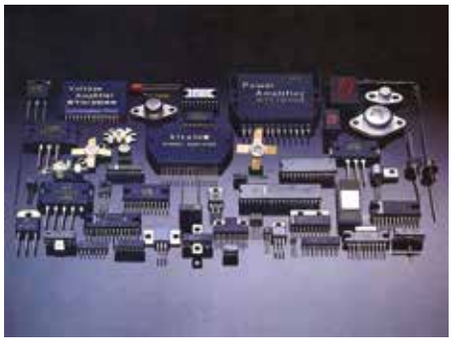


Figura 3. Transistores HFET basados en aleaciones semiconductoras AlGaN/GaN.

El desarrollo de dispositivos emisores de luz con alta eficiencia, desde el UV hasta el IR usando los semiconductores formados por nitruros del grupo III-N, abre un gran campo de aplicaciones, entre las que se puede destacar la fabricación de LED *(Light-Emitting Diode)* dispositivo semiconductor que emite luz monocromática). Así mismo, la aplicación de diodos láser azules en lectores de discos compactos *(disco Blu-ray)* permite mayor capacidad de almacenamiento debido a que el grabado de información se realiza a menor longitud de onda, es decir, de tan sólo 405 nm frente a los 650 nm empleados hasta ahora por los sistemas DVD *(Digital Versatile Disc)*, consiguiendo así almacenar hasta 25 GB en un disco compacto (50 GB de doble capa).

La velocidad de lectura de estos dispositivos ópticos ha aumentado en forma exponencial, situándose en unos 36 Mb/s. Actualmente se trabaja en prototipos que prometen doblar esta tasa hasta situarla en unos 72 Mb/s (figura 4).

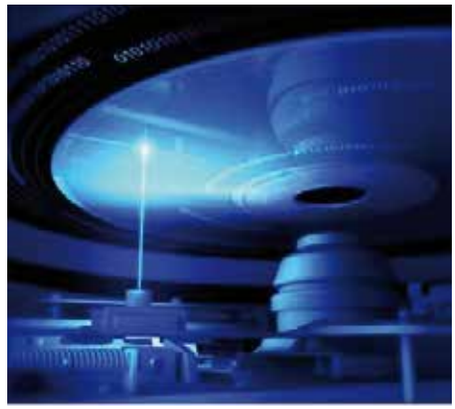


Figura 4. Lectura o escritura de un disco compacto mediante un láser azul (Blu-Ray).

El GaN, por ejemplo, se puede crecer por MBE (epitaxia de haces moleculares) sobre un sustrato de silicio o zafiro, poniendo entre ambos una capa de unos 3,000 nm de AlN, que posee la misma estructura cristalina que el GaN y por consiguiente un parámetro de red y un coeficiente de dilatación térmica más parecidos a los del GaN, y que es capaz de absorber y disipar la mayoría de las tensiones producidas por los distintos parámetros de red y coeficientes de dilatación térmica entre el GaN y el silicio. Posterior al depósito de entre 3 y 12 monocapas de GaN sobre el AlN, se interrumpe el crecimiento por 10 seg, y debido a la relajación de la red del GaN, se produce la autoformación de "pequeñas islitas" de GaN llamadas *puntos cuánticos.*

En la figura 5 se puede ver un apilamiento de puntos cuánticos de GaN separados por capas de AlN [3].

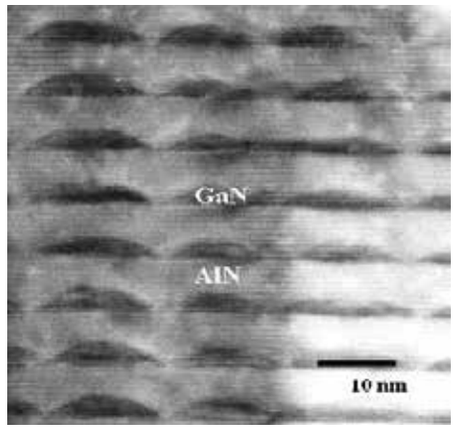
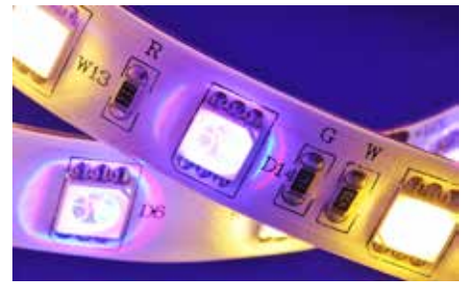


Figura 5. Puntos cuánticos de GaN en una red de AlN.

Además de reducir la densidad de dislocaciones, los estados electrónicos en los puntos cuánticos están localizados y la energía, por lo tanto, está "cuantizada", por lo que se tiene una mayor eficiencia y duración en las transiciones ópticas [4].

Por otra parte, se espera que alrededor del año 2025 los LED basados en GaN dominen el mercado y lleguen a reemplazar a la tecnología tradicional de lámparas incandescentes y fluorescentes. Estas lámparas LED permitirán hasta 50% de ahorro energético, respecto de los tubos fluorescentes actuales y las lámparas ahorradoras de plasma, que además requieren de mercurio para su funcionamiento, el cual es un elemento tóxico.



Medioambientales: los LED ultravioleta (UV-LED) basados en AlGaN se proyectan para potabilización del agua, mediante la fabricación de módulos de esterilización. Estos módulos han demostrado eficiencia para matar bacterias dañinas en el agua, y no requieren de una fuente de energía externa para su funcionamiento, pues el mismo flujo de agua a esterilizar se usa para generar la corriente eléctrica requerida para accionar los UV-LED. Estos módulos de purificación serán más pequeños y adecuados que los actuales basados en lámparas de mercurio.

Aunque el concepto de la destrucción de las bacterias con UV-LED se había demostrado antes con muestras de agua estática, la purificación del agua que fluye es crítica para que la tecnología llegue a ser comercialmente viable. Los dispositivos deben emitir a 280 nm, y se diseñan para maximizar el reflejo de luz en esta longitud de onda (figura 6).

En pruebas, usando agua de la llave contaminada con una concentración de 10,000 microbios/ml de *E Coli*, los UV-LED destruyeron por lo menos 95.5% de las bacterias. Los mejores resultados se consiguieron en flujos de agua más bajos, donde se dió la destrucción de hasta 99% de los gérmenes. Estos resultados han demostrado la viabilidad del purificador de fluido de agua por UV-LED. El desafío es continuar mejorando la eficacia del UV-LED y la potencia generada mediante estructuras en base a semiconductores AlN/AlGaN para emisión de luz UV a través de substratos transparentes de zafiro [5] (figura7). Mayor potencia posibilitaría la utilización de un flujo más rápido para obtener mayor cantidad de agua purificada por minuto.

Radiación ultravioleta

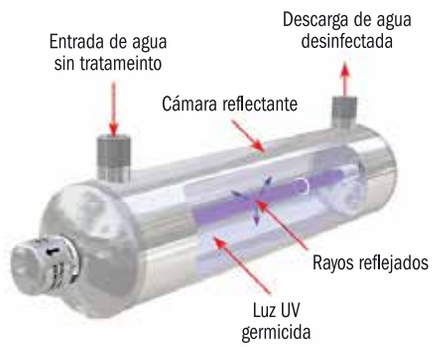


Figura 6. Purificación de agua por emisión de luz UV.

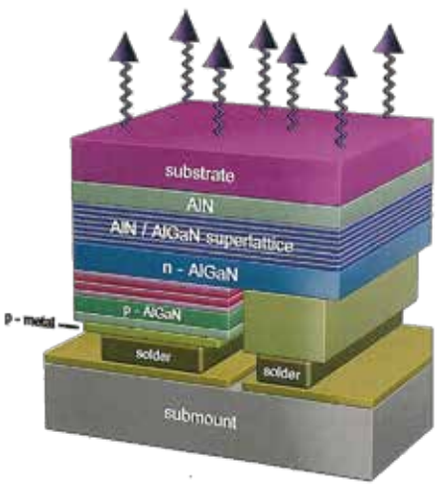


Figura 7. Estructura en base a semiconductores AlN/AlGaN para emisión de luz UV a través del substrato transparente de Zafiro para purificación de agua.

Medicina: en el campo de la medicina, los LED de nitruro de galio podrían mejorar la cirugía láser. La razón es que la luz azul se puede enfocar con mayor precisión en una área mucho más pequeña que la luz roja de los láseres convencionales.

Generación, ahorro, transporte y distribución de energía eléctrica: Hoy en día, el desarrollo y experimentación de nuevos dispositivos fotovoltaicos exige que las tecnologías de fabricación sean sencillas, económicas y muy controlada en el depósito de los materiales que los constituyen. Esto representa un gran reto tecnológico, ya que se desean materiales delgados con espesores entre 1 y 1.5 µm (la millonésima parte de un metro), a los que se les pueda variar el ancho de la banda prohibida de energía "E_g" entre 0.8 y 2.7 eV (electrón-volt: energía cinética que adquiere un electrón cuando es acelerado por una diferencia de potencial de 1 volt) y que a la vez posean un coeficiente de absorción suficientemente alto ($>10^4 cm^{-1}$) para favorecer la absorción de luz en la mayor parte del espectro solar. Además, estos materiales deben contar con otras propiedades: una alta movilidad y tiempos de vida de sus portadores de carga que garanticen la generación de la fotocorriente bajo prolongadas exposiciones solares. Estas características pueden ser alcanzadas si se emplean materiales semiconductores (como los III-V) en aleaciones binarias, ternarias e incluso cuaternarias, fabricados mediante tecnologías de crecimiento de películas muy delgadas. Las celdas solares con una sola capa o película delgada absorbente de banda prohibida "E_g" pueden, en teoría, alcanzar valores de hasta 30% de eficiencia fotovoltaica. Por ejemplo, utilizando el compuesto binario GaAs, el cual tiene una banda prohibida de 1.42 eV, se alcanzan eficiencias fotovoltaicas cercanas a 26% a un sol de radiación (100 mW/cm^2– espectro AM1.5). Para mejorar estas eficiencias se investigan diversas configuraciones de multicapas con diferentes valores de bandas prohibidas que permitan absorber, de forma selectiva, determinadas regiones del espectro solar; a este diseño de multicapas se le denomina celdas solares en serie o tipo "tándem". Las celdas solares de dos uniones que combinan los materiales GaAs y GaInP han alcanzado eficiencias de 32%[6] . La máxima eficiencia fotovoltaica reportada para celdas de multiunión de tres materiales (InGaP/GaAs/InGaAs) es de 42% a 406 soles de concentración[7] mientras que las eficiencias alcanzadas para celdas solares de triple unión se restringen alrededor de 40%. Los resultados de modelación demuestran que se requieren celdas solares tipo "tándem" de por lo menos cinco uniones para alcanzar eficiencias mayores de 50% a una insolación de AM1.5; el material para la celda superior debe tener una banda prohibida de energía "E_g" de 2.4 eV[8].

Aleaciones Ga(In)N: el material Ga(In)N es una aleación semiconductora ternaria y su estructura de bandas de energía es de transición directa con ancho de banda prohibida que puede variar desde 0.64 hasta 3.42 eV, dependiendo de la cantidad de In y Ga presentes en la aleación. Añadiendo Al, para producir aleaciones cuaternarias GaAlInN, el rango de variación de la banda prohibida aumenta de 0.64 a 6.2 eV (figura 8). El desarrollo de capacidades tecnológicas para crecer multicapas de Ga(In)N con diferentes bandas de energía prohibida permitiría abarcar prácticamente todo el espectro solar, tal como se muestra en la figura 9, en donde se presentan semiconductores en aleaciones binarias y ternarias con sus intervalos de "E_g"; en el lado derecho se muestra el espectro de radiación solar en función de la longitud de onda correspondiente a los respectivos intervalos de "E_g" y regiones donde tiene lugar el inicio de la absorción de luz de estos semiconductores.

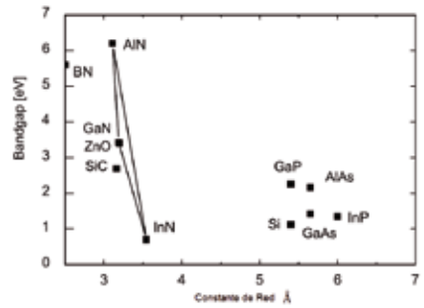


Figura 8. Diagrama de algunos semiconductores compuestos con el ancho de su banda E_g y su constante de red cristalina.

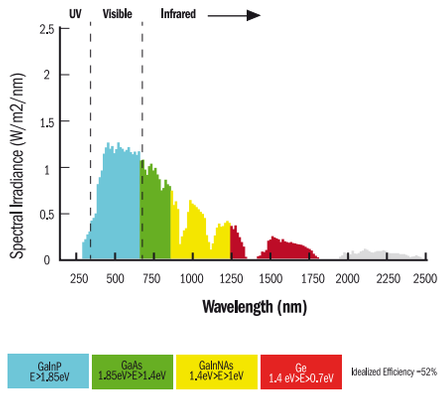


Figura 9. El lado izquierdo muestra algunos semiconductores con sus respectivos intervalos de E_g. El lado derecho muestra la radiación solar en función de la longitud de onda y las regiones de absorción de los semiconductores.

Ello es posible gracias al crecimiento de semiconductores con diferentes "E_g" de energía, mediante técnicas como la epitaxia por haces moleculares (MBE, de *Molecular Beam Epitaxy*) o la deposición de vapor mediante procesos químicos organometálicos (MOCVD, de *Metal-Organic Chemical Vapor Deposition*).

En la actualidad se realizan esfuerzos en diversos laboratorios para obtener celdas solares de materiales Ga(In)N. Por ejemplo, recientemente se reportó una celda solar de Ga(In)N procesada por una técnica de crecimiento de materiales semiconductores conocida como MOCVD (depósito por vapores químicos de gases metalorgánicos), que alcanzó una eficiencia cuántica externa (es decir, el porcentaje de pares electrón-hueco creados del número total de fotones) de 55%[9]. En esta celda se

empleó solo una capa de Ga(In)N con una concentración muy baja de Indio (~1%). Para alcanzar mayores eficiencias se requiere diseñar dispositivos mucho más elaborados, con varias capas de Ga(In)N de diferentes concentraciones de In que permitan capturar fotones de un rango más amplio de energías.

Trabajo actual en los laboratorios nacionales

A continuación presentamos los resultados recientes de nuestro grupo de investigación en la síntesis y caracterización de materiales Ga(In)N cristalinos y policristalinos por tres técnicas diferentes: epitaxia de haces moleculares MBE, instalado en el Departamento de Física del Cinvestav; ablación láser (AL), y transporte de vapor en espacio cercano (CSVT, de *Close Spaced Vapor Transport*); estos dos últimos instalados en la Escuela Superior de Física y Matemáticas del IPN.

Síntesis de nitruros por MBE

El MBE es una técnica que proporciono un control muy preciso de los flujos de átomos (ó moléculas) que arriban al sustrato provenientes de celdas de efusión; es por esto que se tiene la capacidad de depositar de una manera muy controlada monocapas atómicas de material. El crecimiento se realiza en ultra-alto vacío (~10- Torr) por lo que las capas depositadas son monocristalinas con muy baja concentración de impurezas residuales (figura 10).

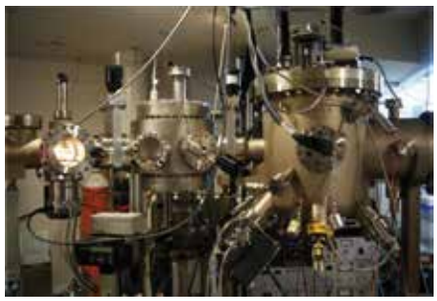


Figura 10. Sistema MBE para síntesis de GaN.

Esto hace del MBE una técnica ideal para incorporar átomos de In de manera muy controlada durante el crecimiento de aleaciones Ga(In)N[10]. Esta técnica, además de proporcionarnos información relativa a la velocidad de depósito, nos permite evaluar cualitativamente el estado de la superficie durante el crecimiento, como se observa en la (figura 11), que muestra la imagen de una sección transversal de GaN obtenido por MBE.

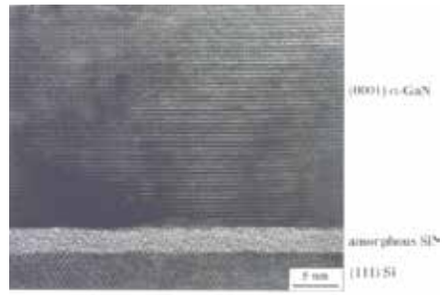


Figura 11. Imagen obtenida por microscopía electrónica de transmisión en sección transversal de una película de GaN crecida por MBE sobre Si (111).

Síntesis de nitruros por ablación láser

En esta técnica se emplea un haz de luz láser pulsado de alta intensidad (en promedio de hasta 10 W), de energía del orden de cientos de mJ y con un tiempo de duración de pulso de nanosegundos, enfocado en un blanco del material que se desea depositar. El blanco se eleva a temperaturas muy altas, por lo que se produce una eyección tipo pluma de átomos, iones y electrones. Estas especies, con una gran energía cinética, recorren una pequeña trayectoria hasta alcanzar el sustrato en donde se lleva a cabo la correspondiente cinética de crecimiento, del orden de una monocapa o menos, hasta la formación de la película. Tanto el blanco como el sustrato se mantienen en el interior de una cámara al vacío (del orden de 10^{-5}–10^{-6} Torr) o en la atmósfera de algún gas inerte. Los blancos que se emplean son de GaN y Ga(In)N. Al sustrato se le puede elevar la temperatura para alcanzar buena calidad de las películas obtenidas. Estos crecimientos pueden ocurrir en islas (i), capa por capa (cc) o a través de procesos compuestos (i-cc), cinética que depende en gran medida del tipo de sustrato que se utilice. Los parámetros críticos de crecimiento de AL son: 1) longitud de onda λ de la luz láser a emplear; 2) frecuencia de repetición de los pulsos; 3) duración del pulso; 4) temperatura del sustrato; 5) presión de la cámara de crecimiento; 6) introducción de gas en la cámara, su presión, flujo y si es inerte o activo ionizado; 7) intensidad de la luz láser; 8) tipo de sustrato, (figura 12). Nuestro trabajo en una primera fase se oriento al estudio de la dependencia de las características de las películas en función de estos parámetros de crecimiento. Los primeros crecimientos se realizaron utilizando un blanco de GaN en función del tipo de sustrato. En una segunda etapa se evaluarán las películas de GaN obtenido para seleccionar las mejores, las cuales se emplearán en la conformación de un dispositivo fotovoltaico.

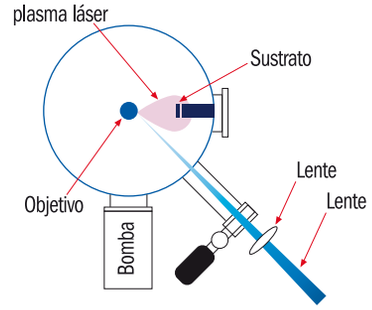


Figura 12. Sistema de ablación láser.

Síntesis de nitruros por CSVT

La técnica de transporte de vapor en espaciado cercano es una versión modificada de la técnica de sublimación. En nuestro grupo se ha empleado esta técnica exitosamente para procesar compuestos II-VI y III-V. Recientemente, en la ESFM del IPN se diseñó, construyó y puso en operación un sistema de CSVT dedicado exclusivamente al crecimiento de películas delgadas de GaN (figura 13). Existen muy pocos reportes del crecimiento de aleaciones Ga(In)N por esta técnica, por lo que la investigación para obtener estos materiales mediante CSVT es un componente muy innovador de este proyecto. Los crecimientos de GaN se han llevado a cabo sobre sustratos de silicio, cuarzo y zafiro, variando los parámetros de temperatura del sustrato y de la fuente (T_s y T_f).

Figura 13. Sistema CSVT para depósito de GaN.

Las películas crecidas por los métodos arriba descritos se han caracterizado por utilizar diversas técnicas, entre las que se encuentran: difracción de rayos-X, transmisión óptica, microscopía electrónica de barrido, microscopía electrónica de transmisión, espectroscopía de energía dispersa, fotoluminiscencia y espectroscopía Raman, entre otros.

La figura 14 muestra imágenes de GaN obtenido por CSVT tomadas por un microscopio TEM a diferentes acercamientos; Esta muestra de GaN está crecida sobre substratos de silicio monocristalino con orientación (111).

En la figura 15 se observan nanocristales de GaN obtenidos por MBE, y en la figura 16 se aprecian mediante un microscopio tipo Titán, los patrones de difracción de electrones en el GaN (HRTEM) obtenido por ablación láser.

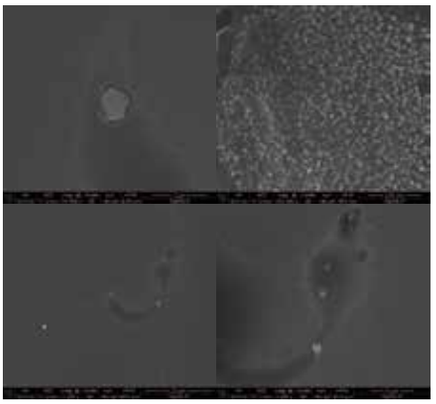


Figura 14. Imagen TEM de GaN, para muestras crecidas por CSVT.

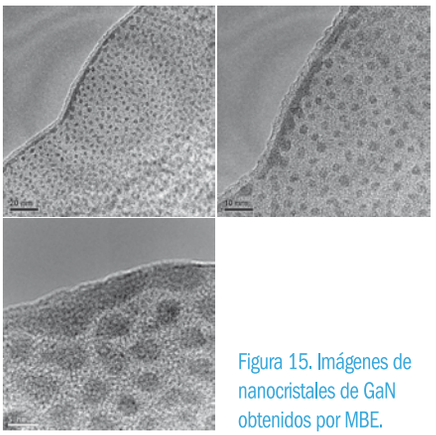


Figura 15. Imágenes de nanocristales de GaN obtenidos por MBE.

La emisión de fotoluminiscencia obtenida, la cual es observable a temperatura ambiente y a simple vista, muestra que las películas de GaN obtenidas por las tres técnicas son de buena calidad.

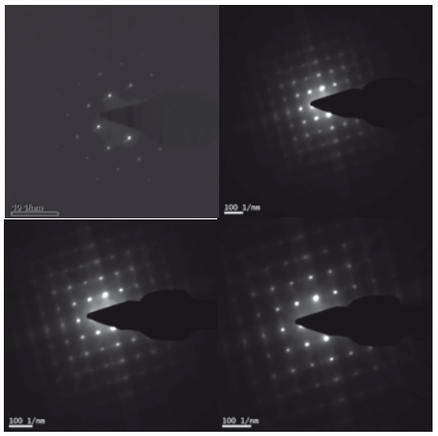


Figura 16. Imagen tomada por el microscopio Titán donde se observa el patrón de difracción de electrones en el GaN.

Actualmente el grupo de investigación se encuentra en la etapa de obtención de semiconductores de GaN tipo n y p, además de lograr obtener GaN impurificado con In sobre un sustrato de zafiro, con la intención de procesar una celda solar con la estructura básica que se muestra en la figura 17.

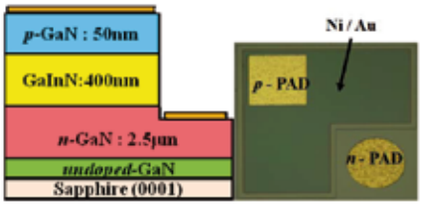


Figura 17. Estructura básica de una celda solar de GaN.

Conclusiones

En este artículo de divulgación se presentan algunas aplicaciones del GaN y el trabajo actual que realiza en el grupo de investigación, el cual consiste en la síntesis de películas de GaN por las técnicas de MBE, LA y CSVT. El control de las etapas iniciales del crecimiento de GaN es fundamental para obtener películas con calidad para diversas aplicaciones y en particular para aplicar en nuevos dispositivos fotovoltaicos. Por MBE logramos evitar la nitruración de la superficie de Si(111), depositando primero una capa de Al, para después hacer la nitruración con el objetivo de evitar el contacto de la superficie de Si con nitrógeno. Esto nos permite obtener películas de GaN de buena calidad cristalina que pueden servir de base para el posterior crecimiento de películas de Ga(In)N, lo cual nos daría la posibilidad de fabricar celdas solares de alta eficiencia.

A modo de conclusión, podemos afirmar que las excepcionales propiedades de los semiconductores de ancho "Eg" y sus revolucionarias aplicaciones convertirán a estos materiales en una de las tecnologías clave del siglo XXI, constituyendo uno de los grandes pilares sobre los que se apoyarán los avances tecnológicos de los próximos años, incluyendo el aprovechamiento de las fuentes renovables de energía mediante la energía solar fotovoltaica.

a. Departamento de Física, CINVESTAV-IPN, Av. IPN 2508, C. P. 07360, México D.F.

b. Escuela Superior de Física y Matemáticas del IPN; Edif. 9, UPALM; Col. Lindavista; C. P. 07738. México, D. F.

c. Instituto de Investigaciones en Materiales, Universidad Nacional Autónoma de México, C.P. 04510, Coyoacán, México D. F.

d. Universidad Autónoma de la Ciudad de México; Av. Prolongación San Isidro 151; C. P. 09790; México, D. F.

e. Centro de Investigaciones en Micro y Nanotecnología, Universidad Veracruzana, México

f. Universidad Autónoma de San Luis Potosí, México.

g. Facultad de Física, Universidad de la Habana, La Habana, Cuba, CP 10400.

h. Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada, Unidad Querétaro, México.

Agradecimientos

Este trabajo fue apoyado por el proyecto CONACYT-SENER con número 151076.

Referencias

1 http://www.fulp.ulpgc.es/files/webfm/File/web/publicaciones/vectorplus/articulos/vp29_05_articulo01.pdf
2 http://www.es.globaltalentnews.com/articles/328/la-revolucion-luminica
3 Le Si Dang,_ G. Fishman and H. Mariette, "GaN Quantum Dots: Physics and Applications", Journal of the Korean Physical Society, Vol. 42, February 2003, pp. S657_S661.
4 Nadarajah Narendran and Yimin Gu. Life of LED-Based While Light Sources. IEEE/OSA Journal of display Technology, vol.1 no.1, September 2005.
5 Kneissl, Michael. "Ultraviolet light-emittinh diodes promise new solutions for water purification", Advanced Water Treatment (2008).
6 I. García, I. Rey-Stolle, B. Galiana, and C. Algora, "A 32.6% efficient lattice-matched dual-junction solar cell working at 1000 suns", Appl. Phys. Lett. 94 (2009) 053509.
7 Martin A. Green, Keith Emery, Yoshihiro Hishikawa, and Wilhelm Warta, "Solar cell efficiency tables (version 37)", Prog. Photovolt: Res. Appl. 19 (2011) 84–92.
8 A. De Vos, "Endoreversible Thermodynamics of Solar Energy Conversion", Oxford University Press, Oxford, 1992.
9 Y. Kuwahara, T. Fujii, Y. Fujiyama, T. Sugiyama, M. Iwaya, T. Takeuchi, S. Kamiyama, I. Akasaki, and H. Amano, "Realization of Nitride-Based Solar Cell on Freestanding GaN Substrate", Appl. Phys. Exp. 3 (2010) 111001.
10 Seth R. Bank, Hopil Bae, Lynford L. Goddard, Homan B. Yuen, Mark A. Wistey, Robert Kudrawiec, and James S. Harris, Jr., "Recent Progress on 1.55-_m Dilute-Nitride Lasers", IEEE Journal of Quantum Electronics, Vol. 43, No. 9, September 2007.

Mundo SUSTENTABLE

Haciendo negocios en pro del medio ambiente

El programa de radio especializado engenerar negocios en pro del medio ambiente, dirigido a la comunidad de negocios especialmente a niveles medios y altos de tomas de decisión en el mundo empresarial, en el cual se presentarán los diversos temas de mayor relevancia en Tecnología, Iluminación, Sustentabilidad, Ahorro de Energía, además de Noticias, Tips y Consejos prácticos aplicados a la vida diaria y al Sector Empresarial.

MVS Radio 102.5 F.M.
SABADO DE 8:00 A 9:00

Mundo SUSTENTABLE

Mayores informes: lquezada@vanexpo.com.mx
55.9113.1040 ext. 112

Síguenos:
/mundosustentableoficial
@mdosustentable

Anuncia tu empresa Continuamos con 25% de descuento

1000 Revistas
Publicación trimestral

REVISTA DE Energías RENOVABLES

ANES®
Asociación Nacional de Energía Solar

La Asociación Nacional de Energía Solar AC, los invita a formar parte de la Industria promovida a través de la más prestigiada revista especializada

www.anes.org

Espacios		Inversión	25% descuento
Cuarta de forros	21.5 X 28 cm	$ 9,600	$ 7,200
Segunda de forros	21.5 X 28 cm	$ 8,000	$ 6,000
Tercera de forros	21.5 X 28 cm	$ 7,200	$ 5,400
Página completa interior	21.5 X 28 cm	$ 5,600	$ 4,200
Media página	21.5 X 14 cm	$ 4,000	$ 3,000
Cuarto de página	10.5 X 14 cm	$ 2,800	$ 2,100

Esperamos contar con tu participación

Estos precios están en pesos mexicanos y ya incluyen el I.V.A. La publicidad pagada es por número, NO por año

conermex
soluciones de energía renovable

Empresa líder en la industria solar

Gracias a más de 20 años de experiencia de nuestro personal, **Conermex** se ha convertido en la principal empresa integradora de **sistemas fotovoltaicos** en México. Diseñamos desde pequeños sistemas para aplicaciones aisladas hasta proyectos para aplicaciones industriales de gran escala.

- Plantas Solares
- Sistemas de Refrigeración
- Proyectos a la medida
- Sistemas Interconectados a la red
- Luminarias solares
- Sistemas de Bombeo

Ofrecemos a nuestros clientes asesoría y soporte de ingeniería pre-venta y post-venta.

Contáctenos para poder asesorarlo sin costo: **01 800 363 7441**
www.conermex.com.mx info@conermex.com.mx

ANES®

Asociación Nacional de Energía Solar

XXXVIII SEMANA NACIONAL DE ENERGÍA SOLAR

XI CONGRESO IBEROAMERICANO

Centro de Convenciones de Querétaro

6-10 DE OCTUBRE 2014

www.snes38anes.org

- SISTEMAS FOTOVOLTAICOS INTERCONECTADOS A RED
- CALENTAMIENTO SOLAR DE AGUA
- CELDAS DE COMBUSTIBLE
- MEDICIÓN DE RECURSO SOLAR (SOLARIMETRÍA)
- DISEÑO DE BIODIGESTORES
- SISTEMA DE GESTIÓN DE ENERGÍA BASADO EN ISO 50001:2011
- ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA
- SISTEMAS HÍBRIDOS PARA APLICACIONES A AISLADOS

PONENCIAS

ARQUITECTURA SOSTENIBLE

TECNOLOGÍAS Y SISTEMAS TÉRMICOS SOLARES

TECNOLOGÍA Y SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

RECURSO SOLAR

ENSEÑANZA DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES

LA ENERGÍA SOLAR EN EL CONTEXTO ENERGÉTICO GLOBAL

AEDES

- CONFERENCIAS
- CONCURSOS
- EXPO INDUSTRIAL