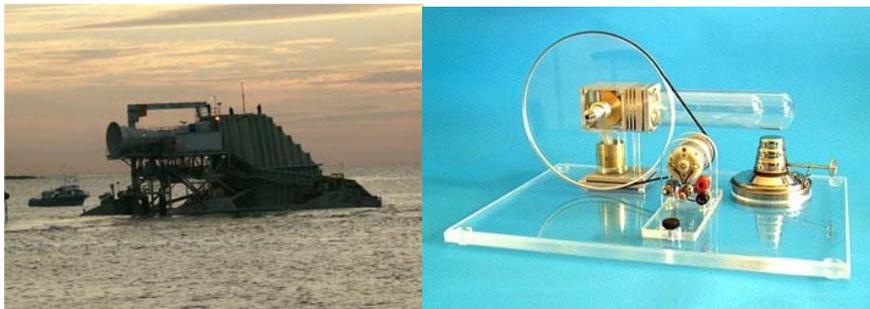


**ENERGÍAS RENOVABLES PARA UN DESARROLLO ALTERNO DE
MÉXICO**

rafaelsanchezdirzo@yahoo.com.mx

PRESENTACIÓN

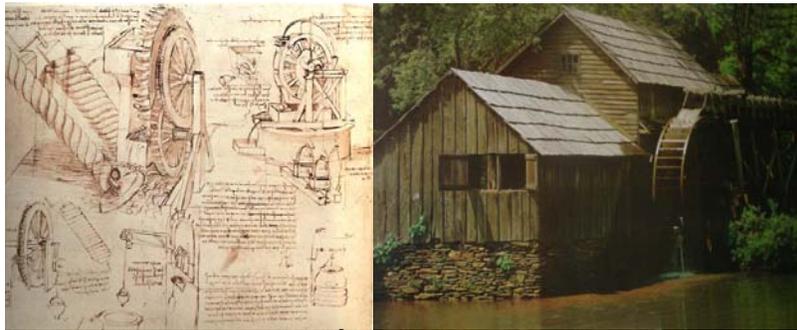
Cada vez las imágenes de los paneles solares (20), sistemas que transforman la energía del sol en energía eléctrica; las granjas eólicas (2), sistemas que transforman la energía del viento en electricidad y las centrales de potencia marina (4), sistemas que transforman la energía del mar en flujo electrónico, no sólo empiezan a ser conocidas por el gran público mexicano sino que, y esto es lo más importante, paulatinamente son aceptadas por el mismo como una alternativa viable a su consumo de energía, proveniente actualmente en su mayor parte de la quema de los combustibles fósiles en el mejor de los casos y por la fisión del uranio, en el peor.



**OSCILADOR DE COLUMNA DE AGUA (16)
MOTOR STIRLING**

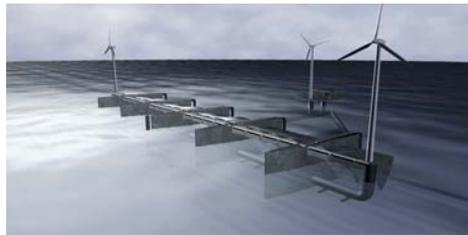
Producto del esfuerzo multidisciplinario de todas las ingenierías, las centrales de energía basadas en las renovables sobresalen tanto por su atractivo diseño como por su menor impacto al ambiente (1), (10). En México se les tiene marginadas quizá con excepción de los sistemas de calentamiento solar que silenciosamente empiezan a introducirse en los mercados mexicanos. Sin embargo, para una nación cuyos recursos solares, eólicos y maremotrices son superiores a sus recursos petroleros, esto no es suficiente. Desde hace décadas se sabe que quemar petróleo y gas natural es como quemar maderas preciosas para obtener energía y no podemos, paradójicamente, dejar de quemar hidrocarburos porque simplemente carecemos de la infraestructura que permita explotar nuestros vastos recursos de potencia renovables y no tenemos tal infraestructura porque ni siquiera la hemos concebido en planos de ingeniería tanto básica como de detalle (7). Nuestra sociedad por consiguiente, no tiene la información para que su participación sea definitiva en el desarrollo

de los sistemas que tendrá que importar en las próximas décadas como actualmente lo hace para consumir gasolinas que quema en sus coches y el maíz que saborea en elotes.



RUEDAS HIDRÁULICAS DE LEONARDO

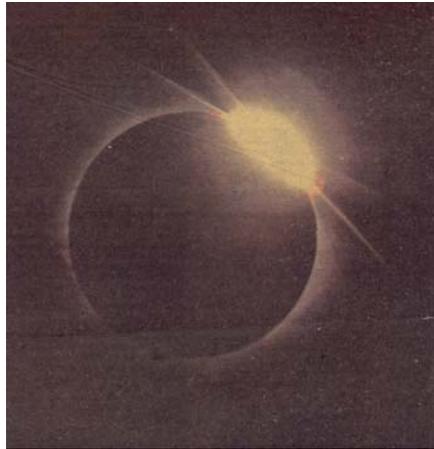
Sin pretender agotar ni mucho menos este tema, es objetivo de este trabajo introducirnos en el magnífico espectáculo de las energías renovables y presentar cómo su innovación puede contribuir al desarrollo del México del futuro pese a tantos obstáculos, sobre todo de naturaleza política, que existen para su implantación en el presente.



HÍBRIDO MARINO

ANTECEDENTES

El sol proporciona prácticamente toda la energía sobre la tierra y la idea de ser utilizada para sostener nuestras sociedades industrializadas y las que se encuentran en camino de serlo, hace que la misma sea sumamente atractiva en términos sobre todo del imperativo ambiental que actualmente nos impone un definitivo límite a nuestro exponencial crecimiento económico y demográfico.



ANILLO DE DIAMANTES DURANTE UN ECLIPSE

Las energías renovables suelen clasificarse convencionalmente en minihidráulicas, eólicas, fotovoltaicas, foto térmicas, océano motrices (energía azul), biomasa, hidráulicas y electroquímicas basadas en hidrógeno. En la actualidad tienen gran aplicación en las zonas rurales, pequeñas y alejadas de las redes convencionales de suministro energético, aunque también empiezan a ser utilizadas en el sector residencial, comercial y de servicios sobre todo para calentar agua (11), (15).



CALENTADORES DE AGUA SOLARES

En México se tiene instalados unos 60 000 sistemas fotovoltaicos distribuidos a todo lo largo y ancho del país con una potencia de 10 MW con 6 horas diarias de radiación promedio, factor de planta del 25% y generación de 0.012 PJ. Aunque se carece de información detallada respecto a los recursos de radiación se sabe que el promedio mexicano se encuentra alrededor de los 17 MJ/m² diarios, teniendo el sol *prendido* prácticamente todo el año, esto equivale a disponer en un área cuadrada de dos por dos metros, de la energía de un metro cúbico de gas natural a condiciones normales. Para 1997 se tenían instalados 260 812 m² de calentadores solares planos con una eficiencia promedio del 63% y una generación de 1.126 PJ.



FLORES SOLARES

Las regiones *eólicas* del país se sitúan en La Ventosa, Oaxaca; Guerrero Negro, Baja California, Zacatecas, el Caribe, las vertientes del Golfo y las Costas del Pacífico. En la primera se tiene la primera eoloelectrónica de México con velocidades del viento de 5 a 11m/s, generando 0.029 PJ a través de 2.366 MW de potencia instalada y un factor de planta del 43% y se tienen ambiciosos planes para su ampliación.



PANELES FOTOVOLTAICOS (11)

Nuestro potencial hidráulico asciende a 53 GW estando en uso 19.6 GW a través de 541 proyectos hidroeléctricos, siendo los más grandes instalados en Chiapas (6.5 GW) y Oaxaca (2.5 GW). Se considera una planta mini-hidráulica aquella con una potencia menor a 10 MW. Tan sólo en la zona Puebla-Veracruz se tienen contemplados 100 proyectos con una capacidad total de 411 MW. En todo el país se estima un potencial de 3.2 GW para impulsar la minihidráulica.



BOMBEO SOLAR (12)

El consumo nacional de biomasa es de 246 PJ en leña y de 94 PJ en bagazo. Este último es combustible para generar electricidad en los ingenios y actualmente hay 382 MW de potencia instalada. La leña es usada por cerca de 5 millones de familias mexicanas para cocción de alimentos, principalmente. Está de más decir que la leña es el combustible primario de las zonas rurales más pobres del país. Aún no existían registros oficiales acerca del uso de los biodigestores.

Del hidrógeno como combustible, simplemente no existe nada oficial. Lo mismo para los recursos oceanomotrices. México desconoce su existencia.



ELECTRÓLISIS DE AGUA Y CELDAS DE COMBUSTIBLE (IPN)

Los factores que han inhibido el desarrollo de las energías renovables son: están contempladas en marcos regulatorios insuficientes, poseen escasos incentivos gubernamentales y son desconocidas sus potencialidades por la sociedad mexicana, que es lo más grave. He aquí otra vasta área de desarrollo tecnológico, económico, social y político completamente en el abandono por parte tanto del gobierno como de la sociedad mexicana. Mientras que en Alemania, Japón, EU y en general en todo el primer mundo se disponen a dar el salto hacia la comercialización internacional de las tecnologías que durante más de 40 años han estado creando para la captación, transformación y uso de las energías del sol, viento y mares, en México, una tímida mirada llena de chapopote apenas vislumbra sus potencialidades.



AVE CUBIERTA DE PETRÓLEO



PRONÓSTICOS DEL CLIMA

Pero fácil es llenar cuartillas llenas de reproches y ningún renglón de alternativas. Dada esta situación, reduzco el reproche a un renglón y procedo a construir una mirada al futuro inmediato.

**LAS OTRAS ENERGÍAS
¡¡GAAASS!!**

Piense el amable lector de dónde viene la energía que usa para cocinar y calentar su agua. Cada mes en promedio vamos en busca del “gas” y el dinero que tenemos que pagar es cada vez mayor. Dicen los expertos que la única salida a esto es aprender a ahorrar haciendo un uso más eficiente de la energía o, asaltar el camión del gas cada que pase cerca de la casa, acción que de ninguna manera recomendamos.

El “gas” que el lector quema en su estufa y su boiler en realidad es una mezcla de dos sustancias provenientes del petróleo que tienen la fantástica propiedad de licuarse cuando la presión se eleva a temperaturas ambientales. Tales sustancias se llaman propano y butano. A esta mezcla se le conoce como gas LP (*Licuada a Presión*). La coexistencia entre la fase líquida y el vapor puede observarse en los pequeños encendedores *made in Japan* de venta en cualquier tienda

Para quien nació con el grito de “gaaas” cerca de su domicilio, le será difícil creer que todavía en el mundo existan millones de familias que cocinan quemando madera y, es que el “gas”, como tantos bienes símbolo del desarrollo, aún no se encuentra a disposición de todos. Se calcula que mil millones de seres queman madera para disponer de la energía para la cocción, iluminación y protección presionando con ello (paralelo a la tala clandestina) la supervivencia de los bosques del mundo cuya extensión disminuye cada año.



COCINA RURAL MEXICANA (Rangel)

¡¡PRENDE LA LUZ POR FAVOR!!

Cuando el lector ilumina su casa, enciende su televisor o echa andar la licuadora provoca el movimiento -invisible a los ojos pero sentido por los “toques”-, de millones de pequeñas partículas llamadas electrones. Flujo conocido como electricidad.



ELECTRICIDAD DEL SOL

Las más de las veces la electricidad se produce a cientos de kilómetros de los lugares en donde es consumida. La electricidad proviene de gigantescas plantas de potencia que son alimentadas con combustóleo, carbón, gas natural y uranio. También la electricidad es generada por caídas de agua, el movimiento del viento, y por la transformación de la energía solar. En otras palabras, la mayoría de la electricidad en el mundo se genera quemando hidrocarburos particularmente carbón.

Como podrá el lector entender, toda la energía que consume en su hogar y que se usa en cocinar, calentar agua, encender los focos y prender aparatos electrodomésticos proviene del carbón, petróleo, gas natural y uranio; por esto, cada vez que consume energía, y ello lo hace continuamente, millones de kilogramos de carbón, miles de barriles de petróleo y millones de metros cúbicos de gas natural son quemados. Si a esto le agregamos los millones de litros de gasolina, diesel y turbosinas que se tienen que quemar para mover automóviles, camiones y aviones, el círculo de humo está cerrado. El lector no tiene que imaginarse las nubes natosas de contaminación que produce tal consumo de la energía: las vemos y respiramos todos los días.

ENERGÍA PARA TODOS

El que de repente los seis mil quinientos millones de seres humanos dispusieran de gas LP y electricidad proveniente de los hidrocarburos, pondría al planeta entero al borde de una situación de catástrofe, no tanto por el rápido agotamiento de las reservas sino por las consecuencias de su combustión y la deforestación de bosques y selvas -¿Cómo entonces resolver este problema?

A la fecha no existen soluciones rápidas, fáciles ni baratas. Los análisis que sondan el futuro establecen, en el mejor de los casos, veinte años para tomar impulso y cincuenta años para dar paso a las otras energías diferentes a los hidrocarburos y al uranio.

Eliminar el derroche fomentando el ahorro y el uso eficiente de la energía, se coloca como una actitud que el lector deberá aprender y este problema no es sólo ingenieril sino también social y cultural.



AEROGENERADORES

Supongamos pues un lector estudioso y responsable de sus consumos energéticos, que apaga focos cuando no requiere iluminación, no deja abierto el refrigerador, desconecta los

electrodomésticos luego de usarlos y calcula los tiempos de vida útil de los mismos, programando su mantenimiento.

A este lector se dirigen los siguientes párrafos.

ENERGÍAS RENOVABLES

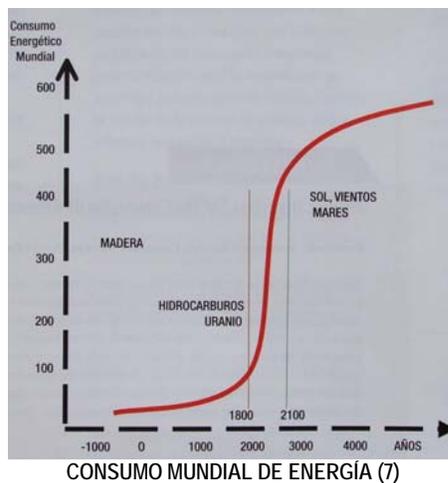
Si bien es difícil encontrar un sustituto del gas LP en nuestras cocinas, no lo es tanto sustituir el petróleo para generar electricidad.

Son las zonas rurales las que más se han beneficiado de los sistemas solares y eólicos ya que la ciudad es una auténtica telaraña de cables que, si alguien no quiere pagar su luz, es rápido hacerse de diablos que lo conecten directamente y prestos seudoelectricistas disponibles a realizar el “trabajo” a cambio de una buena “corta”. Con todo, la luz del sol que tanto abunda en *México* puede ser transformada en electricidad. Para poder convertir la luz en corriente eléctrica se hace uso de materiales que son obtenidos de la arena de las playas. Esta arena está constituida por silicio, material con el que se construyen esos maravillosos cristales que transforman la luz solar en corriente eléctrica y que mueven relojes, calculadoras y encienden las lámparas de *Xochimilco* en su parque ecológico. Así que la materia prima para generar electricidad del sol es abundante y se encuentra mejor distribuida que el petróleo.

Los vientos son otro recurso abundante en *México*. Convertir el movimiento del viento, ese que mueve la hoja más escondida del árbol, no requiere más que rehiletes gigantes de acero y concreto. Soplar un rehilete es divertido y los primeros rehiletes que producen electricidad masiva en *México* se han colocado en *Oaxaca*, arriba de *Juchitán* en una zona conocida como *La Ventosa*. Pero también estos rehiletes de acero que son movidos por los vientos pueden ser colocados en zonas para que sean las corrientes marinas las que produzcan electricidad. A esta energía obtenida de las olas, mareas, corrientes, gradientes térmicos y gradientes salinos, se les llama *Sistemas Marinos de Energía*. Es tal su importancia actual que la *Agencia Internacional de Energía* ha dispuesto desde inicios de este siglo la conformación de un organismo exclusivo para su desarrollo y difusión, la ya célebre OES (Ocean Energy Systems) en la que México por fortuna se encuentra participando.

El espectáculo de ver funcionar paneles solares, aerogeneradores y dispositivos océanomotrices, se extiende en el mundo entero y a todas las escalas. El espacio no nos permite reproducir mínimamente esos logros de la ingeniería moderna pero el lector interesado en acceder a algunos de ellos puede con toda confianza contactar con el autor quien con gusto le proporcionará algo de información.

En *México* se han contemplado proyectos para su primera central maremotriz en *Baja California* sobre el mar de *Cortés* pero, los campeones en el uso de esta increíble energía son *Francia*, *Inglaterra*, *Canadá*, *Noruega* y una pequeña nación de 300,000 habitantes que puntea toda la aplicación de las energías renovables y a la que hay que observar y aprender de ella: Islandia. Este es un país asentado en una pequeña isla famosa, porque en su capital *Reykjavik*, tuvo lugar el match del siglo XX ajedrecístico, cuando *Fischer* le quitó el título de campeón a *Spassky*. La sociedad islandesa ha decidido basar toda su economía en las energías renovables y tiene un programa a largo plazo para hacerlo. Esta es una decisión de suma trascendencia para todo el planeta.



En fin, el desarrollo de las tecnologías para obtener nuestra energía del sol, los vientos y los mares se encuentran en fases diversas de investigación, maduración y comercialización. El lector inferirá rápidamente que *México* no sólo tiene abundancia de biodiversidad, ríos, minerales y petróleo sino que está rodeado de mares, islas, irradiación solar y vientos por todas partes. Tan importantes son estos últimos recursos como los primeros. Sólo hace falta que una sociedad informada de su existencia solicite su explotación razonable por medio de la instalación tecnológica cuando madura y el desarrollo de la misma cuando incipiente. También que esté dispuesta a realizar las grandes inversiones requeridas, porque ¡ay!-, es cara y a largo plazo. Por último: ¿a quién solicitarlo? A diputados, senadores y autoridades en general. Así que amable lector, si estás interesado en una reforma de a de veras del sector energético, primero tienes que pedir a tus representantes populares que las energías renovables se integren a sus agendas y, segundo, debes informarte más sobre los beneficios y responsabilidades que traería su uso masivo en el país. ¿Qué hay que pagarla? -Claro que sí-, pero hoy por hoy es más caro estar pagando médicos, medicinas, hospitales, basureros (donde los océanos son los más grandes) y restauraciones de los ecosistemas destruidos, debido a la actual manera de hacernos de la energía que día a día necesitamos sin perdonar.



ESTUFAS SOLARES

EL HIDRÓGENO SOLAR ESPERA SU OPORTUNIDAD

Nuestra nación, diversa en sus naturalezas, sus historias y culturas, puede y debe iniciar ya la construcción de la diversidad en el uso de sus abundantes fuentes primarias de energía. Pintar un periodo de transición en el cual los hidrocarburos dejarán de consumirse como combustibles para ser sustituidos por las energías renovables, vía hidrógeno, es posible. El desarrollo

sustentable sólo será factible alrededor del más abundante elemento que existe en el universo: el hidrógeno (3), (19).

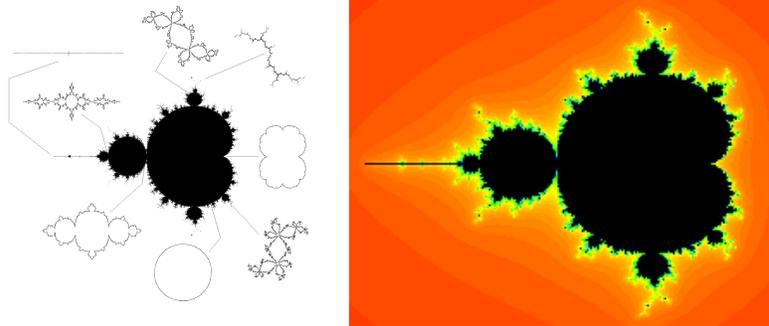


AUTO DE HIDRÓGENO

¿PRIVADO -Vs- PÚBLICO? Una empresa que abra empleos productivos bien remunerados, que sea eficiente, que respete el ambiente y que produzca bienes y servicios buenos, bonitos y baratos, es una buena empresa, independientemente de quién sea el patrón. Si alguien duda que en México existan empresas tales, no conoce su país. La visión catastrofista y de que todo se hace mal, pese a su generalidad, es una visión falsa en lo fundamental. El Estado, el libre mercado y la participación cada vez mayor de nuestra sociedad, son una realidad. Querer desaparecer, satanizar o siquiera minimizar alguna a favor de la otra es como pretender construir un móvil perpetuo. Que cuánto de la participación de cada ente es el "ideal", depende de cada momento y lugar: ¡No hay reglas universales para decidir! Tan sólo sentido común, democracia sin demagogia y política sin grilla.

Para nadie es secreta la carencia de una política energética para México, pero también nadie debería desconocer las dificultades para su concepción e implementación. Los grandes responsables de su diseño son, sin embargo, el Estado y los Partidos Políticos que luchan encarnizadamente por el poder. El sector energético mexicano, especialmente el eléctrico, refleja fielmente las dificultades de una nación en su búsqueda incesante y apasionada por salir de sus miserias materiales y espirituales pese a que las vetas de riqueza en ambos rubros son inmensamente extensas en el caso de México.

Ni los fractales pudieran describir la maraña de hilos conductores de electricidad tejidos aquí y allá por todo el país. No hay mejor imagen del desarrollo caóticamente autoorganizado de nuestras ciudades, municipios y pueblos, que el bordado eléctrico que los cubre. Llevar a cabo su replantación con base en los modernos conceptos de sustentabilidad va más allá de la maniquea discusión de si se privatiza o no el sector.



FRACTAL DE MANDELBROT

Todos quisiéramos metrópolis, municipios y rancherías limpias, seguras y donde todos sus habitantes tuvieran la oportunidad de trabajar, educarse y divertirse. El que actualmente confrontemos mucho de lo contrario es un reto que hay que enfrentar poniendo, en efecto, el interés social como prioridad, pero ésta, de ninguna manera, anula (ni lo debe hacer) el interés privado por las ganancias lícitas. Insisto en que lo “mejor” es la participación del Estado, el mercado y la sociedad a través de reglas claras que señalen responsables con nombres, apellidos y normas que regulen, detecten y corrijan, expeditamente, errores, insuficiencias y corruptelas. Mucho de esto ya existe en México pero ¿Por qué predomina la impresión de que vivimos poco menos que en la barbarie? ¿Por qué está tan arraigada la idea de que sólo a carambazos o a través de cochupos pueden alcanzarse las metas y resolverse los problemas? De ninguna manera se niega la existencia de la ropa sucia. La libertad, decía el gran Salman, es una cofradía de voces en desacuerdo. Tal vez lo que nos hace falta es reconocernos diferentes y aceptarnos sin necesidad de estar de acuerdo: he aquí una de nuestras tareas pendientes. Tendremos que desarrollar también la capacidad para aprender a construir en medio del disenso y extender sin demagogia la democracia. Pero ¿Tenemos que recordar que la democracia es insuficiente para resolver los problemas de una sociedad? Es más, ni siquiera es suficiente para plantear adecuadamente los problemas. Para ello se requiere sentido común, conocimiento científico y proyectos factibles que hagan viable la sustentabilidad de nuestro desarrollo, y aquí está lo difícil. Lo fácil es descalificar al otro.

MUNICIPIOS BICICLETEROS. Concebir una política energética alternativa significa no olvidar que el medio de transporte personal más eficiente y limpio siguen siendo los pies y los pies pedaleando bicicletas. El transporte de personas, dentro de ciudades rediseñadas para ser pequeñas, será la bicicleta en sus múltiples presentaciones. No es difícil concebir metrópolis funcionando alrededor del caminar ciclista, el gran Ilich lo hizo hace 45 años y de hecho tales metrópolis ya existen en el mundo aunque se cuentan con los dedos de las manos. Las megalópolis como el D.F., Guadalajara y Monterrey sólo tendrán viabilidad a largo plazo si renuncian de manera planeada a su gigantismo dando espacios cada vez mayores a la bicicleta al mismo tiempo que se implementa un desarrollo alternativo al resto de los municipios del país. Esto no es posible sin pactos políticos de largo alcance e incluso, dándose éstos, los cambios serían para todo lo largo del siglo XXI. En donde sí es posible mayor velocidad de transformación es en los municipios de mayor pobreza que están bien detectados en México. Serían ellos los primeros beneficiados de la nueva política: la vida urbana puede construirse ciclista y sustentablemente sin hacer uso de los atrofiados modelos de desarrollo que tienen al borde del colapso a las megalópolis antes aludidas.



BICICLETA DE LEONARDO



BICICLETA SOLAR

¡PRENDE LA LUZ! LA ENERGÍA EN EL HOGAR. Reflexione el atento lector sobre la energía que consume en su hogar todos los días sin parar. Sin duda considerará al gas L.P. y a la electricidad como líneas arriba se enfatizó. El hogar urbano es inconcebible sin ambos. Pero no hay que olvidar que todavía cientos de millones de familias en el mundo cuecen sus alimentos con leña y no saben lo que significa "encender la luz".



TURBINAS DE VAPOR (CFE)

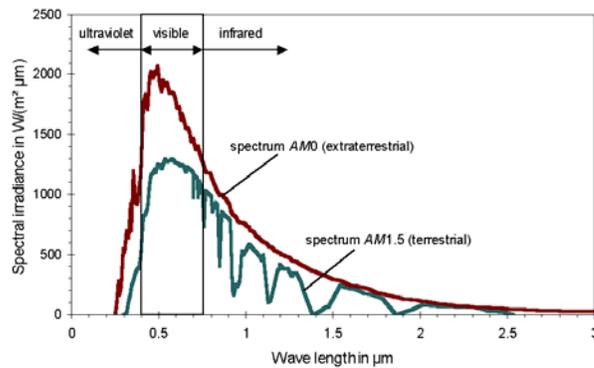


Máquina de Herón

Dejemos al gas L.P. y concentrémonos en el flujo de electrones al que llamamos electricidad. Sin duda, ésta fue conocida por los primeros pobladores del planeta a través de rayos y relámpagos aunque les llamaran con otros nombres. No fue sino hasta el siglo XIX que la electricidad empezó a estudiarse sistemáticamente y todavía hoy la polémica de si el electrón es onda o partícula o ambas cosas, representa uno de los debates más apasionantes de la ciencia contemporánea. Lo que sí se sabe es que la electricidad que corre en hilos es un flujo de electrones empujados por campos magnéticos en movimiento circular dentro de máquinas llamadas generadores. En el momento en que éstos dejan de dar vueltas, la corriente eléctrica se suspende. La electricidad es un bien que se consume casi en el mismo instante en que se produce. De aquí que los generadores deban operar ininterrumpidamente. Este prodigioso fenómeno de impulsar electrones por medio de campos magnéticos variables se le conoce como efecto de inducción de Faraday, en honor a quien lo descubrió. Este asombroso fenómeno electromagnético se usa para generar el 95% de toda la potencia eléctrica mundial. México posee una capacidad instalada de 55 GW. Para los próximos lustros se requerirá incrementar

esta capacidad y para ello se ha convocado a Bizancio a discutir: ¿Quién deberá hacerlo? ¿El Estado o la Iniciativa Privada? El sentido común nos dice que ambos junto a la participación de la sociedad. Pero el sentido común en México es el menos común de los sentidos.

$$\begin{aligned}\nabla \cdot \mathbf{E} &= 4\pi\rho \\ \nabla \cdot \mathbf{B} &= 0 \\ \nabla \times \mathbf{E} + \frac{1}{c} \dot{\mathbf{B}} &= 0 \\ \nabla \times \mathbf{B} - \frac{1}{c} \dot{\mathbf{E}} &= \frac{4\pi}{c} \mathbf{j}\end{aligned}$$



ECUACIONES DE MAXWELL Y EL ESPECTRO SOLAR

LAS FUENTES PRIMARIAS DE ENERGÍA. No olvide el amable lector que cada que “prende la luz”, hay imanes que se mueven circularmente induciendo a los electrones a moverse. Los generadores son de esos equipos imprescindibles en la actualidad y, el atento lector cuestionará: ¿Qué es lo que a su vez pone en movimiento al generador? El fenómeno de inducción de Faraday requiere un impulso continuo, por esto, los generadores se alinean a otras máquinas llamadas turbinas. Las turbinas son enormes rehiletes de acero movidos por vapor de agua y, aquí entramos de lleno a nuestro dilema energético: resulta que para vaporizar un kilogramo de agua líquida se requieren en promedio 2.2 MJ de energía calorífica, ¿de dónde proceden tantos millones de joules de energía? Hasta el presente, este calor, requerido para vaporizar agua líquida, es obtenido de quemar carbón, petróleo y gas natural y, a través de la fisión nuclear del uranio. El 90 % de la electricidad mundial producida, se genera quemando millones de toneladas de hidrocarburos y uranio día a día sin parar un momento. ¿Cuánto más podrá soportar la Tierra? ¡Y todavía faltan 1 000 millones de seres que exigen y esperan “prender la luz”! ¿Quién les puede negar tal derecho? ¿Se requerirá alguna “consulta” para validarlo?



FOCOS ORIGINALES DE EDISON

EL CICLO DE POTENCIA RANKINE. Terminando de mover el último álabe de la turbina, el vapor de agua se condensa y, por medio del bombeo, regresa a la caldera para iniciar, de nueva

cuenta, su proceso de vaporización, quemando para ello combustible nuevo. Un ciclo termodinámico ha concluido, iniciándose otro. Este ciclo descrito y que hace uso de vaporizaciones y condensaciones del agua pura para generar electricidad se le conoce como ciclo de potencia Rankine. El ciclo Rankine genera el 80 % de toda la potencia eléctrica del mundo y es la base para el diseño y construcción de todas las modernas plantas termoeléctricas.

Además del Rankine, la Termodinámica ofrece otros ciclos de potencia sobre los cuales se sostiene nuestra actual civilización: ciclo Otto, usado en los automóviles; ciclo Diesel, usado en vehículos pesados como los autobuses; ciclo Brayton, usado en la aviación y en los viajes interplanetarios y, combinaciones de los mismos denominados, precisamente, ciclos combinados.

A inicios de siglo XX, la eficiencia de las plantas termoeléctricas era del 4 %. Cien años después, la ingeniería ha sido capaz de elevarla hasta el 60 %. Las modernas plantas de potencia no sólo son más eficientes que sus antecesoras, también son más pequeñas, menos contaminantes y son, relativamente, más baratas y más rápidas de construir. Estas impresionantes innovaciones tecnológicas nos obligan, en efecto, a reformar toda nuestra industria eléctrica, pero la reforma, sólo será viable si la misma pudiese abarcar todo el sector energético de la nación.



CARBOELÉCTRICA EN MÉXICO (CFE)

La reforma del sector energético sólo tendrá viabilidad a largo plazo dentro de un modelo de desarrollo que tome en cuenta a la sustentabilidad como referencia y, junto a la generación y distribución de electricidad, exista un periodo de transición para que el carbón y el petróleo sean sustituidos por las fuentes renovables. Este periodo de transición se está viviendo actualmente con el uso del gas natural como el combustible central para la generación de electricidad, pero ello no es suficiente. El sistema de distribución del gas natural deberá concebirse y construirse considerando que tarde o temprano, el mismo, será usado para distribuir la energía de las fuentes renovables (sol, viento, mareas, etc.). ¿Cómo? -¡Vía hidrógeno!



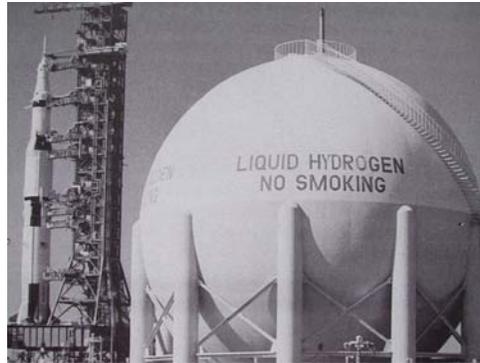
MEDIDORES DE IRRADIACIÓN SOLAR (CIE)

Que el Estado planee, vigile y corrija; que los empresarios inviertan y ganen; que la sociedad entera reciba los mayores beneficios para su desarrollo. ¿Seremos capaces de ponernos de acuerdo? Yo creo que sí.

VIVIR FUERA DEL PRESUPUESTO ES VIVIR EN EL ERROR. El que una sociedad pueda recibir energía limpia para satisfacer sus necesidades no la exime de sus obligaciones para hacer un uso racional de la misma. El ahorro y el consumo reflexivo de la energía en todas sus formas (eléctrica en particular) es una obligación que debería castigarse si no se cumpliera.

No es posible pensar en modelos energéticos sin considerar los modelos de desarrollo para un país. No es posible reformar el sector energético, en particular el eléctrico, sin reformar el Estado. He aquí otro reto de los Partidos: las oposiciones al proyecto de Calderon deberían incluir sus modelos de desarrollo que planean impulsar en México. Ninguno incluye a la bicicleta ni mucho menos al hidrógeno solar, o sea su oposición es demagógica: más de lo mismo, defensa de privilegios convertidos en derechos. ¡Claro! ¡Ahora a la "oposición" le toca vivir del presupuesto!

HIDRÓGENO: EL COMBUSTIBLE DESCONOCIDO EN MEXICO. Pese a la demoledora presencia de los hidrocarburos como combustibles, las fuentes alternas de energía empiezan a despuntar en el mundo industrializado. En México aún no pasan de ser meros objetos de proyectos académicos cuando en países como Japón, Alemania y los E.U. ya preparan los paquetes tecnológicos y comerciales que nos serán rentados en el futuro próximo. Esto es, en México existe una preocupante desatención al uso de la energía del sol, viento y mares, por sólo citar las tres fuentes renovables más abundantes que existen en el país al lado de las diversas caídas de agua donde las imponentes hidroeléctricas se levantan.



ALMACENAMIENTO DE HIDRÓGENO

Tal vez dicha desatención pueda explicarse (pero no justificarse) en el hecho de que existen dos inconvenientes de la electricidad producida por estas fuentes renovables: 1. - Su potencia es irregular en tiempo y espacio. Por ello se dice que las fuentes alternas son difusas y 2. - Son intermitentes. O sea, no siempre están a nuestra disposición en el momento que se necesitan.

No obstante estos inconvenientes, la ciencia moderna desde el siglo pasado, propuso una solución que los avances de la ingeniería de este siglo hicieron ya factible: el almacenamiento de la energía del sol, del viento y mares a través de hidrógeno obtenido por medio de la electrólisis del agua.

Romper la molécula del agua requiere de 1.23 volts ¡Menos del voltaje contenido en una simple pila! Este voltaje está al alcance de nuestras difusas e intermitentes energías renovables, por lo que sólo se requiere, para iniciar su aprovechamiento, el diseño y construcción de plantas electroquímicas en función de la región geográfica y su clima.



OBSERVATORIO SOLAR DE XOCHICALCO

En México ni siquiera se tiene planteada la posibilidad de construir una planta piloto mientras Arabia Saudita se prepara para, además de seguir exportando petróleo, ¡exportará energía solar vía hidrógeno! Claro, con tecnología alemana.

LA MADRE DE TODAS LAS REDES. Nuevos modelos de desarrollo pueden vislumbrarse ante la racionalización de una política energética para nuestro país. La transición

energética con base al gas natural para producir electricidad es posible y es deseable. La infraestructura de redes de tuberías construida a corto, mediano y largo plazo para el transporte del gas natural debe ser la base también para el transporte de las energías renovables vía hidrógeno e, incluso, éste puede iniciar su debut antes. Proponer, por tanto, diversas propuestas del esqueleto madre de la red de distribución de gas a través de toda la República es obligación, insisto, del Estado y los Partidos. Pueden y deben hacerlo ya.

La red madre puede ser construida aprovechando la actual infraestructura de carreteras y ferrocarriles. La red madre, distribuidora del gas natural a corto plazo e hidrógeno a largo, puede conectarse a todas las centrales termoeléctricas construidas y por construirse, haciendo obsoleto, salvo excepciones, gran parte de los sistemas actuales de distribución eléctrica de alta tensión, toda vez que el sistema de ductos y las modernas plantas de potencia, permitirían generar la electricidad cerca de los centros de consumo. Una red madre bien concebida y mejor construida permitiría, sin grandes costos adicionales, la introducción de los adelantos que sobre energía se esperan para el siglo XXI: celdas de combustible, calderas no convencionales con base a hidrógeno, etc.

Con la red madre tendríamos de la infraestructura material básica para iniciar a superar la pobreza material de miles de comunidades hoy postradas en la miseria y permitiría continuar con un desarrollo sustentable a aquellas comunidades cuyos niveles materiales son más que aceptables. Nuestras megalópolis sólo podrán racionalizar su desarrollo en la medida que el resto del país tenga la esperanza de un mejor futuro.

Quien considere esta propuesta como una varita mágica en forma de red, no ha entendido nada. Ante la propuesta de reforma del sector energético del actual gobierno que considero necesaria aunque insuficiente y mal planteada y, ante las propuestas estatistas de la oposición que considero estatuas de sal por mirar atrás, me quedo con la mía.

ENERGÍA: ¿PARA QUÉ?

Nuestro país no sólo posee hidrocarburos, minerales y biodiversidad sino que también dispone de recursos solares, eólicos y oceanomóviles que están esperando a que decisiones, fundamentalmente de naturaleza política, se acuerden para construir ese futuro de bienestar y oportunidades que tanto deseamos y poco hacemos para alcanzarlo.

Disminuir la presencia de los hidrocarburos como combustibles y aumentar su presencia en la industria petroquímica que es donde adquiere su verdadera riqueza y se generan los empleos, requerirá un esfuerzo concertado durante el resto del siglo XXI. Durante más de cien años hemos construido una infraestructura energética mundial que sólo la ingenuidad cree poder acabar con ella de un sexenio para otro. Es claro que tal infraestructura deberá ser transparentada y fortalecida incluso, mejorando la eficiencia de sus procesos.

Tenemos necesidad de petróleo, gas y carbón para el resto del siglo y más. Pero nuestra dependencia hacia los hidrocarburos no tiene por que ser tan brutalmente adictiva como hasta el momento. *México* tiene todo para transformarse en una potencia solar pero hay que concebir y construir ese futuro sabiendo que no será para dentro de seis años, ni tampoco será gratis ni fácil. Todo lo contrario.

Para que *México* pueda construir una infraestructura energética basada en las energías del sol, viento y mares requiere mucho más que deseos y buena voluntad. Necesita recursos humanos, financieros y acuerdos políticos que le permitan alcanzar metas programadas para 20, 40 y 60 años a partir del año 2010. No partiríamos de cero. La experiencia internacional permite concebir un plan de trabajo de ese calibre.

Para dentro de 60 años podemos concebir un *México* cuya electricidad provenga en un 30% del sol, 20% de los vientos, 20% del mar y 30% de los ríos. Los especialistas precisarán mejor estos porcentajes pero lo importante es que es posible concebir la diversidad de las fuentes primarias de energía y no depender de una sola fuente. Para entonces el hidrógeno será un combustible común y cotizado incluso para mover a la red de ferrocarriles que será el principal medio de movilización de gente y mercancías. Las grandes ciudades irán desapareciendo para dar lugar a ciudades medianas tipo *Chetumal* o *Mérida* pero sobre todo, se recuperará nuestra gran tradición rural: pequeñas comarcas llenas de actividades productivas y culturales donde el caminar y bicicletear será un placer cotidiano que hoy sólo disfrutamos en muy raras ocasiones. Nuestros municipios deberán ser los nodos principales de nuestro desarrollo futuro y primeros beneficiarios de la nueva infraestructura energética.

Como puede verse sustituir o al menos disminuir la presencia de los hidrocarburos como energéticos no sólo es cuestión de cambiar o no la propiedad del combustible sino de responder: "Energía: ¿Para qué? ¿Para quién?" -¿De qué nos sirve ser dueños de petróleo si sólo sabemos venderlo crudo, quemarlo en transportes ineficientes o pelearnos interpretando la *Constitución* según seamos los "buenos" o los "malos" mientras el peatón sigue siendo el paje frente al emperador automóvil?!

CENTRALES DE POTENCIA HÍBRIDAS COSTERAS: La transición

Concebido un futuro no para el auto sino para el ciudadano a pie o en bicicleta. No para el chafabus sino para el metro. No para el camión de carga sino para el ferrocarril. No para gigantescas ciudades sino para las pequeñas recuperando y enriqueciendo nuestros municipios rurales. No para el derroche sino para el ahorro y la eficiencia energética en todos los procesos productivos. Entonces pasar de una infraestructura energética centralizada, sucia y corrupta basada en la quema del petróleo hacia otra infraestructura descentralizada, limpia y transparente basada en las fuentes de energía renovables requeriría una infraestructura de transición que yo le he llamado *Centrales de Potencia Híbridas Costeras* (4), (5), (6), (8), (12), (16), (17), (18).



TAPCHAN: CENTRAL COSTERA QUE TRANSFORMA LA ENERGÍA DE LAS OLAS

Las *Centrales de Potencia Híbridas Costeras* es aprovechar de manera organizada los recursos solares, eólicos y oceanomotrices que conjunta y de manera natural existen en nuestros miles de

kilómetros cuadrados de costas e islas para que seleccionando cinco zonas que reúnan las características de mayor potencia energética, menor impacto ambiental y mayor infraestructura física disponible se inicie el diseño, construcción y operación de tales *Centrales* primero, disponiendo del conocimiento universal que existe para las tecnologías más maduras y comerciales y segundo, ser un espacio para la investigación científica y tecnológica de aquéllas que requieren mayor desarrollo. Con esto las *Centrales de Potencia Híbridas Costeras* que se proponen serían el embrión o los laboratorios de futuras ciudades industriales para el estudio y transformación de las energías renovables en *México*.



TAPCHAN-TUBA PROBÁNDOSE EN EL GENERADOR DE OLAS DE LA UNAM (13)

Este tipo de propuestas no son nuevas pero en la actualidad hacen uso del extraordinario desarrollo técnico que se encuentra a nuestra disposición. Dos ejemplos de proyectos similares a esta propuesta fueron publicados recientemente y sólo muestro uno de ellos debido a Verheij et al. 2007, (14), que denominaron “la isla de la energía”.



CONCLUSIONES

Podemos seguir sacando tres o más millones de barriles de petróleo diariamente, venderlo crudo y que su renta sirva para hacernos pato de no pagar impuestos a valor real pero, también podemos pagar los costos de a verdad de nuestros caprichos y pagarlos con mayor esfuerzo y trabajo. Lo que si ya no podemos sostener es la simulación. Merecemos un mejor futuro y la infraestructura energética para sostener ese futuro son el sol, los vientos y los mares. Existe ya el conocimiento y tenemos los recursos para empezar a diseñar y construir tal infraestructura. Llegó la hora de que la política proporcione a la ingeniería los recursos y las condiciones para hacerla realidad durante el transcurso del siglo XXI. Todavía hay tiempo. 🍷

BIBLIOGRAFÍA

1. A. A. Concheiro; L. R. Viqueira, "Alternativas Energéticas", 1ª edición, ISBN: 968-16-2160-3, FCE/Conacyt, 1985.
2. Ahmet Duran Şahin, *Progress and recent trend in wind energy*, Progress in Energy Combustion 30(2004) 501-543.
3. B. Sørensen, "Hydrogen and Fuel Cells", 1ª edición, ISBN: 0-12-655281-9, Elsevier, 2005.
4. Duckers L. *Wave Power*, Engineering Science and Education Journal, 113-122, June, 2000.
5. Hyroyuki Osawa y Yasushi Tsuritani. *The Offshore Floating Type Wave Power Device "Mighty Whale"*. Model Testing, Japan Marine Science and Technology Center (JAMSTEC). 1998.
6. *Norway to host world's first osmotic power plant*, Power Engineering International. Nov. 2007.
7. R. S. Dirzo, "Diagramas de procesos para la transformación de las energías renovables", Revista del Instituto Mexicano de Ingenieros Químicos, ISSN 0188-7319, Vol. 46, No. 5-6, 2005.
8. Sathiamoorthy M. y Probert S. D. *The Integrated Severn Barrage Complex: Harnessing Tidal, Wave and Wind Power*, Applied Energy 49: 17-46. 1994.
9. Sociedad Mexicana de Hidrógeno. El Boletín del Hidrogeno, <http://genc.ije.org.mx/smh/smh2.html>
10. Sørensen B. *Renewable Energy*, Elsevier, EU, 928 pp. 2004.
11. UNAM. Centro de Investigación en Energía. Temixco, Morelos.
12. UNAM. FES-ZARAGOZA. Carrera de Ingeniería Química.
13. UNAM. Instituto de Ingeniería. Ingeniería de Costas y Puertos. Laboratorio de Olas.
14. Verheij F., De Boer W., Quist A., *The Isle of Energy: Storing power at sea*, Power Engineering International, Sept. 2007.
15. Volker Quaschnig, "Understanding renewable energy systems", 3ª edición, ISBN: 1-84407-128-6, EARTHSCAN, 2005.
16. www.energetech.com.au ENERGETECH is developing an oscillating water column. Última consulta 26 de septiembre de 2007.
17. www.smdhydrovision.com The TidEl concept consists of a pair of contra-rotating 500 kW. Última consulta 29 de septiembre de 2007.
18. www.wavegen.com A word leader in marine renewable energy. Última consulta 15 de octubre 2007.
19. Y. Yuda, "Hydrogen Energy System", 1ª edición, ISBN: 0-7923-3601-1, Kluwer, 1995.
20. Zekai Şen, *Solar energy in progress and future research trends*, Progress in Energy Combustion Science 30(2004), 367-416.

