

# CIENCIA E INNOVACIÓN TECNOLÓGICA EN EL DISEÑO AMBIENTAL

---

*María Eugenia Castro Ramírez\**

## **SCIENCE AND TECHNOLOGICAL INNOVATION IN ENVIRONMENTAL DESIGN**

**Resumen:** El trabajo muestra la importancia de incorporar la innovación científica y tecnológica en los campos del diseño ambiental y busca generar en profesionales, docentes y alumnos el desarrollo del pensamiento científico y la práctica de innovación como una necesidad ineludible para avanzar en el conocimiento y soluciones ambientales. Para ello se utilizaron las innovaciones generadas por investigadores del Área de Investigación junto con alumnos de la División de CyAD, como corazón del trabajo científico-tecnológico: un ahorrador de agua, un modelo de producción de energía a partir de la hidrólisis, un aerogenerador para edificaciones y la producción de biogás doméstico.

**Palabras-clave:** Diseño ambiental, innovación científico-tecnológica, Eco-tecnologías.

**Abstract:** The work shows the importance of incorporating scientific and technological innovation in the fields of environmental design and seeks to generate in professionals, teachers and students to develop scientific thinking and practice of innovation as an unavoidable necessity to advance in knowledge and environmental solutions. To do this we used the innovations generated by researchers of the Investigation Area along with students from CyAD Division, as the heart of scientific and technological work: a water saver, a model of energy production from the hydrolysis, a wind generator for buildings and the domestic bio-gas production.

**Keywords:** Environmental design, scientific-technological innovation, eco-technologies.

\*Docente investigadora del Departamento de Métodos y Sistemas de la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco. Investigadora Nacional del SNI-Conacyt.

## Introducción

La problemática ambiental por su transversalidad y complejidad requiere del trabajo investigativo interdisciplinario y transdisciplinario, orientado a la generación de conocimiento nuevo, que contribuya a la solución de problemas socio-ambientales y a la óptima preparación de profesionales e investigadores involucrados en la producción de espacios habitables y sustentables.

Como método de trabajo se optó por la vinculación entre investigación-docencia y las redes de investigación internacional como vías para aprender ciencia e innovación en el diseño ambiental, a partir de investigaciones desarrolladas o en desarrollo del Área de investigación “Espacios Habitables y Medio Ambiente” de la UAM Xochimilco y de los pares académicos y grupos de científicos e investigadores de otras instituciones del mundo, que están realizando innovación científica y tecnológica en el campo ambiental, cuyos resultados se convierten en nuevos proyectos de investigación de la UAM, que desarrollamos conjuntamente investigadores-docentes y alumnos y se traducen finalmente en modelos adecuados social, ambiental y tecnológicamente a nuestro país y América Latina y en nuevas patentes.

Del proceso de innovación a nivel de redes se estudiaron los trabajos realizándose actualmente, entre otros, Biotecture en Nuevo México de Reynolds y Burke; sistemas de purificación de la atmósfera de Bala Balaguru; contactador centrífugo (robot) para tratar desechos radioactivos del Argonne Laboratory, dirigido por Mónica Regalbutto; Biometano producido masivamente en la India; Aguas negras convertidas en agua potable del investigador Don Mills, aplicadas en Singapur; Aguas residuales recicladas de Mike Markus y Jim Herberg implementados en el desierto del Sur de California; energía solar combinada con hidrólisis para producir energía limpia sin límites, del MIT a cargo de Daniel Nocera; etanol celulítico de Lonni Engrand y Jeff Ronning; combustible de hidrógeno producido por la NASA para las celdas fotovoltaicas; celdas solares de plástico y iulereo. de las empresas ecológicas Konarca y Solicar; mini baterías a partir de virus y bacterias de Ángela Belcher y Paula Hammond; energía oceánica y eólica del Rocky Mountain Institute, Universidad Atlantis de Florida, dirigido por Amory Lovins y Rick Driscoll, ejemplo de aplicación granjas de turbina en el sur de Florida; los edificios eólicos de Rafael Fell de SOLAIRE, ejemplo de Nueva York; energía eólica urbana de David Buttler y Pen Rosen, en Malmo, Suecia; Heliostatos de Kevin Gradin, ejemplo la Torre solar de Sevilla, España.

Posteriormente, los alumnos de arquitectura eligieron desarrollar un modelo que fuese aplicable a sus proyectos y los investigadores del área de investigación *Espacios habitables y medio ambiente* dirigieron y

materializaron invenciones propias o desarrollo de prototipos sustentados en los realizados en Centros de investigación ambiental del primer mundo, pero adaptados en su tecnología a México.

Los resultados de las innovaciones de la UAM se traducen en modelos y patentes, entre ellos, un ahorrador de agua para regaderas, producción de Biogás para cocinar, generación de hidrógeno como combustible biodegradable a partir de hidrólisis y un aerogenerador horizontal elástico para edificaciones. Constituyéndose en el cuerpo central de este trabajo alrededor del cual se desarrollan los temas que le dieron origen, la investigación científica y la innovación tecnológica.

### **Ahorrador de Agua.**

- Planteamiento del problema

El agua es un recurso escaso y mal manejado en México y en el resto del mundo, donde ya hemos documentado conflictos regionales e interregionales, por el acceso al mismo. Las guerras que veremos en el futuro próximo serán por el agua. Se ha convertido, con la construcción de presas y grandes hidroeléctricas en fuente de conflicto constante entre comunidades tradicionales, indígenas y campesinas, y gobierno y empresarios nacionales y transnacionales que se disputan, los unos su autonomía y libre determinación sobre sus territorios y los otros, un espacio más para el capital o dirían los neoliberales para la inversión y la acumulación.

Se extrae agua para consumo humano de unas cuencas hacia otras, para la agricultura, la industria, los asentamientos rurales y urbanos. Las metrópolis y megalópolis ocupan el segundo lugar en el consumo del agua y el uso doméstico representa en México el 14% del consumo total de agua. La agricultura consume el 76.8% , las termoeléctricas el 5,4% y la industria abastecida el 3.8%. (CONAGUA, 2009)

Del agua potable abastecida en México para las viviendas, sólo se tiene una continuidad en el servicio del 45%, dato más real que considerar la cobertura que se estima en el 97%. El acceso, la eficiencia y la calidad son desiguales en el país y entre partes de las mismas ciudades y poblaciones. (CONAGUA, 2009)

Cabría preguntarse entonces, ¿Qué estamos haciendo los diseñadores (planificadores, urbanistas, arquitectos, diseñadores industriales), ingenieros, investigadores, tecnólogos, desde la academia o el campo profesional para contribuir a solucionar el problema?

Desde nuestro campo de conocimiento, las ciencias y artes para el diseño, buscamos soluciones novedosas y eficaces para cuidar el agua, con una visión de racionalidad, como diría Leff (2009), que considere la diversidad cultural, lo que implica entre otras cosas, desarrollar innovaciones científicas-tecnológicas propias y apropiables por las comunidades, de diferente escala y complejidad, pero donde podamos medir su impacto real.

- Justificación

De una observación tan simple, pero no obvia, el desperdicio del agua potable que hacemos todos al bañarnos, esperando que el agua se caliente surge este primer proyecto de innovación.

Pedimos a los alumnos y a los habitantes de las comunidades con las que trabajábamos en sus proyectos de mejoramiento de poblados, que midieran la cantidad de agua que dejaban correr desde el momento que abrían el agua de la regadera, hasta que se metían a bañar y encontramos que era de entre 10 y 20 litros por persona. La diferencia dependía de varios factores desde la distancia en que estaba el boiler (calentador de agua) hasta la salida del agua, lo que lleva un tiempo desigual en desalojar el agua fría que se queda atrapada en la tubería, hasta factores culturales, como afeitarse o realizar otra actividad, hasta que el agua esté caliente, pero el dato concreto ahí está.

Por supuesto no será lo mismo para los habitantes que viven en la zona templada del país, que para los que habitan en la zona tropical, pero si consideramos que la mayoría de la población del país, la zona centro, donde se ubica la capital, Ciudad de México, y el sureste, tienen este patrón de un mal uso del agua, no siendo muy diferente en el resto del país y del mundo, nos llevó a concluir que la dimensión del problema era importante.

Si se parte de que una persona se baña una vez al día, desperdicia un promedio de 15 litros diarios, si consideramos que la familia mexicana tiene un promedio de cinco habitantes, habrá desperdiciado 2,250 litros al mes y al año 27,000 litros, lo que equivale a 22 y medio tinacos de 1,200 litros. Casi dos tinacos por mes. Lo que significa un daño ambiental para el ecosistema y patrimonial para las familias.

Diseñar un dispositivo para evitar ese desperdicio le permite ahorrar a México, cuya población es de 112 millones 336 mil 538 habitantes (INEGI, 2010), mil 685 millones 48 mil 70 litros de agua potable diarios. Lo que permitiría una cobertura mayor, especialmente hacia los sectores más pobres que son los que carecen de agua, una nueva cultura del ahorro y una menor extracción de agua de los mantos acuíferos.

Actualmente en México, se producen conflictos continuos entre regiones por el acceso al agua (Cotler et al., 2006) y como investigadores universitarios tenemos la obligación ética de contribuir con análisis críticos y soluciones viables a las problemáticas del medio ambiente y de calidad de vida de las mayorías del país.

- Antecedentes de la invención

Los estudiantes expresan su toma de conciencia de esta manera:

“Lo anterior nos hizo reflexionar sobre el hecho de que el consumo del agua que se desperdicia antes de tomar una ducha es considerable. Por esta razón se decidió retomar este invento, que en una primera fase comenzaron a desarrollar alumnos de arquitectura de años anteriores, con las maestras Castro y Romero”. (Jiménez, López y Ocampo, 2010: 46).

El punto de partida fue buscar un sistema similar, que hiciera lo que nos proponíamos y encontramos que el funcionamiento del termostato en los autos, combinado con sistemas mecánicos y electrónicos, podría darnos resultados.

Entendiendo además que el ahorrador de agua, debería ser sólo una parte de un sistema más amplio que incluye la recolección del agua pluvial, tratamiento, almacenamiento, conducción, uso y reuso; reductores en tuberías; dispositivos ahorradores, calentamiento solar del agua (calentador solar y termo tanque), entre los más importantes. Así como integrarle mecanismos temporizadores que corten el flujo del agua, mientras nos enjabonamos, con el fin de lograr los mayores ahorros posibles.

- Descripción de la invención

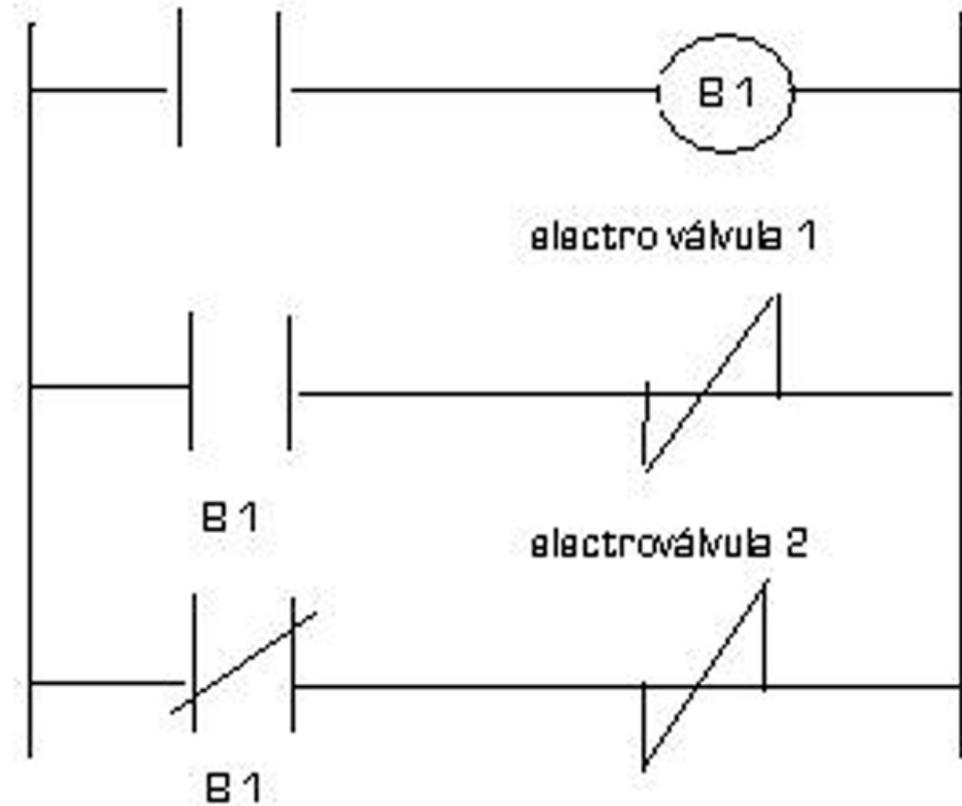
El sistema requiere instalar una “T” en la tubería de agua caliente, después de la llave de empotrar, de esta “T” se conectan dos ramales, uno que va hacia la regadera y otro que va hacia un depósito o la cisterna. El sistema está integrado por un controlador de temperatura (termostato), dos electro válvulas normalmente cerradas, un relevador de estado sólido con contactos abiertos y cerrados y un interruptor.

El controlador de temperatura (termostato) se instala en la tubería de agua caliente, después de la llave de empotrar, y consta de un contacto normalmente cerrado, el cual cambia de estado cuando detecta la temperatura programada. El contacto del controlador se conecta de tal forma que activa al relevador cuando detecta la temperatura indicada en la pantalla del controlador de temperatura.

La electro válvula uno, que va a la tubería de retroalimentación, se conecta a un contacto normalmente abierto del relevador. La electro válvula dos, que va a la regadera, se conecta a un contacto normalmente cerrado del relevador.

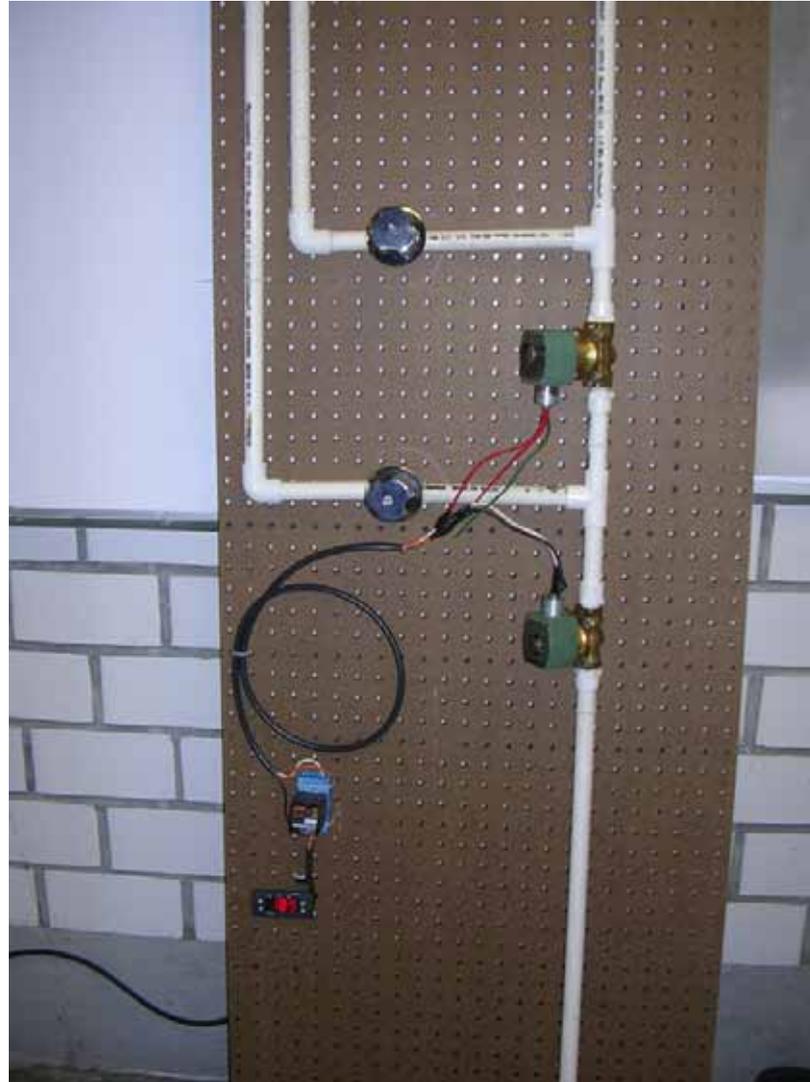
Finalmente, el sistema se activa solamente cuando el usuario va a utilizar la ducha o regadera, esto a través de un interruptor (véase Fig. 01).

Figura 1 - Esquema de la instalación del Sistema ahorrador de agua. Fuente: elaboración propia



El sistema funciona de tal forma que cuando se activa (enciende el interruptor), automáticamente se energiza el relevador y abre la electro válvula uno, de esta forma el agua es dirigida al depósito o a la cisterna. La electro válvula uno se mantiene abierta hasta que el controlador detecta la temperatura programada, entonces envía una señal al relevador, el cual cierra la electro válvula uno y abre la dos, dirigiendo el agua caliente hacia la regadera.

Figura 2 - Modelo del Sistema ahorrador de agua. Fuente: elaboración propia.



Lo anterior permite que no se desperdicie agua ya que cuando se abre la llave de agua caliente, el agua fría que se mantiene en las tuberías es dirigida a un depósito o a la cisterna y cuando se alcanza la temperatura de confort programada el agua es dirigida a la regadera, de tal forma que nunca se desperdicia el agua mientras se espera que alcance la temperatura deseada.

- Materiales y costos del sistema propuesto

El costo final es de MEX \$4,039.00 equivalente a US \$288. 50. Véase desglose de Costos en *Tabla 1. Costo de materiales. Tabla 2. Costo herramientas. Tabla 3. Costo Mano de obra.*

Tabla 1 - Materiales y costos.

MATERIA PRIMA	PIEZAS	P. UNITARIO	TOTAL
Electro válvulas	2	\$1,100.00	\$2,200.00
Relevador	1	\$156.00	\$156.00
Controlador de temperatura	1	\$704.00	\$704.00
Regadera ahorradora	1	\$85.00	\$85.00
Conexión de regadera	1	\$15.00	\$15.00
Llaves de regadera	2	\$210.00	\$420.00
Tubo PVC 1/2"	2 m	\$15.00	\$30.00
Conexiones PVC 1/2"	2	\$10.00	\$20.00
Cable	1 m	\$8.00	\$8.00
Cemento para PVC	1	\$30.00	\$30.00
T	1	\$22.00	\$22.00
		TOTAL	\$3,690.00

Tabla 2 - Costo Herramientas

HERRAMIENTA	P. UNITARIO	TOTAL
Pinzas eléctricas Truper	\$60.00	\$60.00
Juego de Desarmadores Pretul	\$60.00	\$60.00
Segueta	\$15.00	\$15.00
Foco 40w	\$14.00	\$14.00
	<b>TOTAL</b>	<b>\$149.00</b>

Tabla 3 - Costo Mano de obra

MANO DE OBRA	TOTAL
Sólo se requiere mano de obra para armar el sistema ya que todos los materiales se encuentran en el mercado.	\$200.00

- Despiece de Materiales

Electro válvulas:

Modelo (Rosca) 2W012-1/2

Voltaje: 1=12VDC

Modelo: 2W012-1/8-1

Válvula de 1/2" NPT con Bovina de 12 VDC

Especificaciones:

Válvulas de Acción Directa Normalmente Cerrada de 2 vías.

Material: Cobre Amarillo (bronce)

Temperatura: -10 a 80 grados C

Presión: 0-500 lbs PSI

Tiempo de Reacción <20miliseg.

Bovina: 14 watts

Tapón del tubo: Acero galvanizado

*Relevador:*

Modelo: R15-2013-23-1024-WT

Características técnicas: contactos de aleación de plata: - 24 Vcc / 10 A - 120 Vca / 10 A - 250 Vca / 7 A -  
Terminales de aguja - Dimensiones: 19,2 x 14,8 x 15,4 mm - Fabricado en plástico sellado con resina epóxica

*Controlador De Temperatura:*

Marca PIXSYS Modelo ATR131-1C

Alimentación 230Vac 50/60Hz +/- 15%

Tamaño 32mmx74mm(frontal)x58mm, MODBUS-RTU.

3 dígitos

2 entradas NTC salida a:

- relé para el compresor 10<sup>a</sup>
- descongelamiento 8A

Los demás materiales son accesorios comunes incluidos en toda instalación, por lo que su descripción no es necesaria.

El sistema fue sometido a todas las pruebas de laboratorio y se probó su funcionamiento en un modelo escala 1 a 1. Actualmente está en el proceso de patente.

### **Aerogenerador elástico**

- Planteamiento del problema

Los aerogeneradores se han popularizado rápidamente, sin embargo, su localización es frecuentemente en lugares apartados que tienen un elevado valor ecológico como son las cumbres montañosas y costas que por no encontrarse habitadas conservan su riqueza paisajística y faunística y puede provocar efectos indeseados, como el impacto visual de los campos eólicos en la línea del horizonte, el intenso ruido generado por las palas, además de los causados por la infraestructura que es necesario construir para el transporte de la energía eléctrica generada hacia los puntos de consumo.

Otro problema que generan es la muerte de aves de paso al chocar contra las aspas, aunque debido a la velocidad de giro actual de éstas, ha dejado de ser un problema mayor.

El tipo de contaminación de los campos eólicos, siempre será menor que la generada por las plantas nucleares o por la combustión sólida y con menos costo inicial para los ciudadanos y tiene el problema de requerir para su buen funcionamiento de una velocidad alta del viento para poder mover esas aspas y generar energía.

Estos campos eólicos no pueden construirse en las ciudades y poblados, ni en pequeña escala de unidad edificada, por lo que se requiere de otro tipo de solución, donde se pueda aprovechar y potenciar la energía del viento con el mismo diseño e integrando dispositivos a la arquitectura a manera de las soluciones solares actuales.

- Justificación

La energía eólica está considerada como una fuente limpia de energía renovable, ya que no requiere una combustión que produzca residuos contaminantes o gases de efecto invernadero para la producción de energía. Tampoco utiliza recursos naturales no renovables como los derivados del petróleo.

En general las mejores zonas de vientos se encuentran en las costas y montañas, debido a las corrientes de viento que son más fuertes por razones térmicas y no presentan muchos obstáculos que puedan modificar la intensidad del viento.

La gran necesidad de energía de las zonas urbanas y rurales en crecimiento, hace necesario crear nuevos modelos de producción de energía eólica que no contaminen acústica ni visualmente las ciudades y las poblaciones rurales y en donde con muy poca velocidad e intensidad del viento se pueda generar energía eléctrica.

- Antecedentes

Un aerogenerador es un aparato eléctrico movido por una turbina accionada por el viento. Sus antecedentes directos son los molinos de viento. En este caso, la energía cinética del aire en movimiento proporciona energía mecánica a un rotor hélice que a través de un sistema de transmisión mecánico hace girar el rotor de un generador, normalmente un alternador trifásico, que convierte la energía mecánica rotacional en energía eléctrica.

Existen diferentes tipos de aerogeneradores, dependiendo de su potencia, la disposición de su eje de rotación, etc. Los más conocidos son los de eje horizontal y los de eje vertical.

Todos han oído hablar de los aerogeneradores, e incluso los han visto, en muchos países se están convirtiendo en parte del paisaje. Sin embargo esta tecnología sólo es eficiente a escala industrial, los molinos de viento tienen una gran cantidad de partes móviles que generan fricción, con lo que al reducir su tamaño su eficiencia también disminuye, además las necesidades de mantenimiento de estos equipos los hacen inadecuados para una instalación doméstica que requiere que no produzcan ruido, ni alteren el paisaje o el hábitat de los seres vivos que están en él.

Aquí es donde entra la innovación de un aerogenerador que funciona mediante el fenómeno llamado ae-roelasticidad, que no es otra cosa más que la vibración producida por la acción del viento.

Como antecedente están las investigaciones y modelos de aeróstatos realizados por David Buttler en la Universidad de California y de Pen Rosen en Malmo, Suecia.

- Descripción de la invención

Se compone de una membrana elástica montada sobre un bastidor, que en sus extremos lleva armados unos pequeños imanes. Cuando sopla el viento la membrana vibra haciendo que los imanes se muevan hacia arriba y hacia abajo y este movimiento induce una corriente eléctrica (ley de FARADAY) en unas bobinas que están instaladas en los extremos del bastidor.

El aerogenerador es muy sencillo y se construye a muy bajo costo, alcanza a producir hasta 50 vatios, no necesita mucho mantenimiento. El único problema es que los materiales para construirlo no se encuentran en México, por lo que se innovó y adaptó el modelo con los materiales y la tecnología del país (véase Fig 03).

Figura 3 - Modelo Aerogenerador elástico. Fuente: elaboración propia



Las medidas del modelo realizado del aerogenerador elástico son de 0.80 m x 0.12 m x 0.12 m.

Las características de los imanes de Neoridio son: densidad de flujo residual 11,700 a 12,100 Gauss, máximo producto de energía 35.00 MGOe, temperatura máxima de trabajo 80° C y temperatura Curie 230° C

Otros componentes de un sistema de energía eólica son además del aerogenerador para poner en marcha el sistema de energía eólica como el propuesto, un equipo adicional que está constituido por baterías de almacenamiento de la energía con el objeto de disponer de ella en periodos de viento flojo o de calma. Actualmente, es el sistema más usado para almacenar la electricidad generada. Las baterías actuales permitan reducciones de su carga hasta el 60 % sin daños. Su vida en estas condiciones es del orden de cinco a siete años.

- Costo del Aerogenerador elástico propuesto:

El costo final es de MEX \$1,295.20 equivalente a US \$92.51. Véase desglose de Costos en *Tabla 4. Costo de materiales. Tabla 5. Costo herramientas. Tabla 6. Costo Mano de obra.*

En comparación con los otros modelos el aerogenerador elástico resulta ser muy económico

Tabla 4 - Materiales y Costos.

MATERIA PRIMA	PIEZAS	P. UNITARIO	TOTAL
Tubo de PVC 10" x 0.80 m	1	\$80.00	\$80.00
Tornillos de 1/4" x 5"	2	\$12.00	\$24.00
Membrana elástica de 50 ligas (resorte) de 0.11 m x 0.70 m	1	\$20.00	\$20.00
Bobinas de alambre de Cu. No.28 de 0.04 m X 0.05 m X 0.02 m. De 100 vueltas aprox.	4	\$37.50	\$150.00
Bases tipo piramidal de madera para sostener la bobina	4	\$7.50	\$30.00
Tapas frontales de plástico de 0.02 m de e, con 2 orificios en el centro	2	\$5.00	\$10.00
Cable para bocina.0.50 m	1	\$15.00	\$15.00
Imanes de Neoridio de 24.5mm x 4mm. Grado N35. Orientación diametral axial	2	\$67.50	\$300.00
Pintura en aerosol	1	\$34.00	\$34.00
Masking tape de 1 CMT	1	\$30.00	\$30.00
Silicón en sólido (barras)	5	7.00	\$35.00
Gomas para tornillos	4	1.00	\$4.00
Tuercas para tornillos	4	\$5.00	\$20.00
Marcador de tinta indeleble	1	\$10.00	\$10.00
Cinta para aislar	1	\$15.00	\$15.00
		TOTAL	\$777.00

Tabla5 - Costo Herramientas

HERRAMIENTA	P. UNITARIO	TOTAL
Pinzas de electricista	\$60.00	\$60.00
Desarmador Plano	\$50.00	\$50.00
Segueta para cortar acero diente delgado	\$15.00	\$15.00
Llave de tuerca de 3/4"	\$50.00	\$50.00
Cuter	\$60.00	\$60.00
Tijeras	\$60.00	\$60.00
Taladro Decker BD12 PSK 12		
Vol. con broca de 1/4" (alquiler)	\$23.20	\$23.20
	<b>TOTAL</b>	<b>\$318.20</b>

Tabla 6 - Costo Mano de obra

MANO DE OBRA	TOTAL
Sólo se requiere mano de obra para armar el sistema ya que todos los materiales se encuentran en el mercado.	\$200.00

## **Biodigestor productor de biometano**

- Planteamiento del problema

La cantidad de desechos orgánicos que se producen en las áreas rurales de México y la necesidad de producción de energía, nos lleva a volver la mirada sobre el biometano, que podría utilizarse para remplazar la leña que utilizan las familias campesinas como combustible para preparar sus alimentos, con graves consecuencias para su salud y del ambiente, cuando son producto de la tala de árboles.

Además el metano abona al calentamiento global, promueve la formación de niebla y se lo ha implicado en el agotamiento del ozono estratosférico. Aunque el metano contribuye veinticinco veces más por peso, al efecto invernadero que el dióxido de carbono, tiene una vida útil mucho más corta lo que significa que las concentraciones de metano se pueden estabilizar solamente con pocos cortes en las emisiones. El metano también se puede utilizar para generar calor y electricidad, y su recuperación y utilización ofrece los beneficios duales de reducir el efecto invernadero al mismo tiempo que suministra una fuente más limpia de energía que la que actualmente se utiliza para la mayor parte de la producción de electricidad.

- Justificación

En los últimos años ha existido una sobreexplotación de las energías derivadas de combustibles fósiles (recursos finitos), lo que nos condujo a analizar y desarrollar una energía alternativa como es el caso de la producción de Biometano.

De acuerdo a las posibilidades ambientales que nos ofrece, se pueden conseguir importantes ahorros de energía eléctrica, así como de gas propano y natural que son utilizado en los hogares rurales y comunidades del país, partiendo simplemente de los residuos orgánicos que se producen en el sitio, por las actividades agropecuarias y la producción de residuos en los hogares.

Si se analizan las circunstancias actuales, con las constantes subidas del precio de todos los productos derivados del petróleo, llegará el momento en que nos quedemos sin este tipo de fuentes de energías, mientras se están desperdiciando las que están al alcance de la mano, además que sería factible conseguir el auto abastecimiento, ahorrar dinero y contribuir con la protección del planeta tierra y de su ambiente.

- Antecedentes de la innovación existente

En la India existen muchas pequeñas instalaciones de Biometano para cocinar y se pueden ver tres grandes beneficios: Al tratar los residuos, se evitan enfermedades por la mala gestión de los mismos y de los excrementos; Se aprovecha el producto digerido para abonar los cultivos, se facilita cocinar y se evita la tala de bosques.

La India es un ejemplo claro, ya que, este país llega a generar hasta el 20% de las emisiones de metano en el mundo. Un gas que podría recuperarse para que sirva para compensar los seis mil millones de dólares que ese país gasta anualmente en importaciones de combustibles fósiles. Los desperdicios provenientes de los sectores agrícola, municipal, industrial y de procesamiento de alimentos emiten suficiente cantidad de metano como para producir 153 millones de giga joules de energía por año. El uso de leña y de biomasa en el sector doméstico es un contribuyente de envergadura a la deforestación y a la pérdida de biodiversidad. Para contrarrestar este problema ambiental, el gobierno de la India creó el Ministerio de Nuevas Fuentes de Energías Renovables, que es una institución dedicada a la creación de nuevas fuentes energéticas basadas en la utilización de desechos orgánicos, de ahí la innovación e implementación del Biometano, por decirlo de cierta forma, ya que este biocombustible se utiliza desde hace ya muchos años, siendo la India el país líder en producción de Biometano, en tanto China es el segundo país líder. (<http://docs.google.com> la india-y-el-Biometano; Ministerios de Energías no Convencionales, India.)

El Biometano es un combustible limpio y eficiente. Contiene aproximadamente 65% de metano, dióxido de carbono alrededor de 34% y los otros gases, como sulfuro de hidrógeno y amoníaco el 1% restante.

El Biometano se produce cuando los materiales orgánicos, como estiércol de ganado y residuos de cultivos se fermentan, por medio de la descomposición anaeróbica, en un Biodigestor.

Aproximadamente el 65% de la población total de la India vive en zonas rurales, es por ellos que en estas regiones ya es común la utilización del biocombustible, que se genera a través de un Biodigestor popular llamado Deenabandhu (amigo de los desamparados).

- Descripción detallada del modelo

El modelo a desarrollar no es el biodigestor antes mencionado, el Deenabandhu, se procederá a crear otro,

a escala de modelo y con otro tipo de materiales, pero a partir de los principios del desarrollado en la India. Con un par de depósitos cerrados y estancos, un conjunto de racores, un pequeño gasómetro y un fogón de camping, se hará un digestor que servirá para cocinar y probar el modelo (véase Fig. 04).

Figura 4 - Modelo Biodigestor propuesto. Fuente: elaboración propia



Primero se limpia bien los depósitos y las cámaras de neumático. Es necesario que no queden restos de producto.

Con los depósitos llenos de agua limpia se aprovecha para limpiar las cámaras de los neumáticos. Se inflan y meten dentro del agua para asegurar que no haya fugas, si las hay, no sirven.

Las conexiones de gas deben estar muy bien hechas, sin fugas. Para eso se utiliza un mechero para calentar el tubo de plástico y que entren hasta al fondo. Para conseguir un correcto sellado se utilizarán las bridas y un buen pegamento de contacto, fuerte y flexible.

El racor de salida del tubo de gas de los depósitos, es aconsejable que tenga rosca para cerrarlo mejor por los dos lados, y utilizar el pegamento de contacto para terminar de sellar. Para hacer el agujero a la tapa del digestor se utilizará un taladro con broca del 12. Después de limar la superficie del plástico se hace entrar la rosca.

El depósito de biomasa, no es hermético para el gas, por tanto se ha de utilizar una goma alrededor del cierre. Como junta puede servir un trozo de EPDM, caucho que se utiliza como aislante en la construcción. Se puede también utilizar una tira de neumático.

Los tubos con la correspondiente brida, se ponen con mucho cuidado para no tener pérdidas.

Se saca la válvula de seguridad del fogón. En el tubo de entrada del fogón de camping, se mete la esponja de acero. Esta hace de anti-retorno de llama, ya que en el improbable caso que la llama fuera en algún momento atrás, esta no podría pasar al resto del circuito.

Aprovechando una botella de ocho litros de agua, se hace una pequeña válvula de seguridad de columna de agua. Así, cuando la presión del gas sea superior a los aproximadamente 40 cm de la altura del agua, el gas se escapará hacia la atmósfera, y se evitará que el exceso de presión rompa alguna parte del sistema.

Una vez montado y bien cerrado es necesario doblar el tubo que va hacia el fogón para evitar posibles pérdidas de gas.

Algunas veces pueden pasar meses, pero si está todo bien hecho, y la biomasa es adecuada, entre dos y cuatro semanas comenzará a funcionar.

Prácticamente cualquier materia orgánica es buena para digerir. Lo mejor, es utilizar una pequeña parte de producto de salida de un digestor ya funcionando, y sino purines o estiércol frescos ya que llevan bacterias metanogénicas.

Para la recarga se puede utilizar cualquier materia orgánica, lo mejor es conseguir una mezcla de varios elementos. Los únicos materiales que no se pueden utilizar son los que son muy ácidos (zumos o residuos de naranja, limón, etc.).

Los residuos de aceites y grasas producen mucho biogás pero es importante ponerlos en poca cantidad, especialmente los de aceite de oliva.

La recarga se hace aproximadamente cada dos o tres meses. Al hacerla se dejará una parte de la antigua biomasa y se mezcla con la nueva, para acelerar el proceso. Se cierra la válvula del primer depósito –ya vacío- y se abre la del segundo depósito con la biomasa ya lista para producir el biogás y se van alternando en el tiempo.

Es mejor que el material esté disuelto en agua, en caso que este sea muy seco se puede poner agua para mejorar el desarrollo de las bacterias.

- Costo del Biodigestor propuesto:

El costo final es de MEX \$940.70 equivalente a US \$67.19. Véase desglose de Costos en *Tabla 7. Costo de materiales. Tabla 8. Costo herramientas. Tabla 9. Costo Mano de obra.*

Tabla 7 - Materiales y costos

MATERIAL	PIEZAS	P. UNITARIO	TOTAL
Cople de gas	2	\$ 8.00	\$ 16.00
Manguera de gas	5 m.	\$ 5.50	\$ 27.50
Abrazaderas	18	\$ 3.00	\$ 56.00
Tee para gas	3	\$ 22.00	\$ 66.00
Válvula de gas	1	\$ 30.00	\$ 30.00
Cámara de neumático	1	\$ 40.00	\$ 40.00
Tornillos para conexión de gas	2	\$ 14.00	\$ 28.00
Depósito de plástico	2	\$ 12.00	\$ 24.00
Pegamento	1	\$20.00	\$ 20.00
Cocina de camping (fogón)	1	\$200.00	\$ 200.00
Botella de 8 lts de agua	1	\$15.00	\$15.00
Esponja de acero	1	\$10.00	\$10.00
		TOTAL	\$ 532.50

Tabla 8 - Costo Herramientas

HERRAMIENTA	P. UNITARIO	TOTAL
Pinzas de plomería	\$60.00	\$60.00
Desarmador Plano	\$50.00	\$50.00
Mechero	\$15.00	\$15.00
Llave de tuerca de 3/8"	\$50.00	\$50.00
Lima para plástico	\$10.00	\$10.00
Taladro Decker BD12 PSK 12 Vol. con broca del 12 (alquiler)	\$23.20	\$23.20
	<b>TOTAL</b>	<b>\$208.20</b>

Tabla 9 - Costo Mano de obra

MANO DE OBRA	TOTAL
Sólo se requiere mano de obra para armar el sistema ya que todos los materiales se encuentran en el mercado.	\$200.00

### **Electrolizador para la producción de Hidrógeno (pila de combustible)**

- Planteamiento del problema

El uso del hidrógeno como combustible es el sueño de ambientalistas y científicos. Al quemarse, sólo producirá vapor de agua, un gas que no sólo no tiene efecto en el calentamiento global, sino que limpia y protege. Pero el problema es que en la Tierra no hay prácticamente hidrógeno libre (H<sub>2</sub>); lo que existe es, precisamente, agua (H<sub>2</sub>O). Y, claro, si hay que gastar energía en romper la molécula de agua para sacarle el hidrógeno, ya no compensan los beneficios del uso del hidrógeno como combustible.

- Justificación

El hidrógeno es el elemento más económico y efectivo, permitirá el desarrollo de electrolizadores de uso masivo, sistema que emplea materiales más baratos y simples para desarrollar electrolizadores, dispositivos capaces de dividir las moléculas de agua y producir hidrógeno. Los materiales empleados simplifican y hacen más barato el proceso, estimulando su posible uso masivo en hogares y edificios. El hidrógeno produ-

cido podría posteriormente almacenarse en tanques, para luego ser usado en pilas de combustible u otros dispositivos similares, o incluso transportarse cuando sea necesario.

Para los próximos años, el hidrógeno, como combustible, es considerado como una fuente potencial de energía renovable, la cual es clave para evitar aún más el deterioro de nuestro medio ambiente, comparándolo con los combustibles fósiles obtenidos del petróleo que al momento de llevar a cabo el proceso de combustión son causantes de la mayor parte de las emisiones de bióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), su uso como combustible permitirá disminuir por completo las emisiones globales de CO<sub>2</sub> en nuestro planeta.

- Antecedentes de la invención.

El jurista William Grove demostró en 1839 que se podía generar corriente eléctrica a partir de una reacción electroquímica entre hidrógeno y oxígeno.

El hidrógeno se ha utilizado en la industria espacial para la propulsión de transbordadores, por medio de paneles solares y su uso en las industrias de refinación, petroquímica, química, alimentaria, tiene dos tipos de aplicaciones:

1. El hidrógeno en el sector estacionario:

- Para los procesos de hidrosulfuración de combustibles.
- Para el proceso de cogeneración de vapor y generación de energía eléctrica.
- Para la manufactura del amoníaco (NH<sub>3</sub>) y metanol (CH<sub>3</sub>OH), principalmente o mediante la síntesis catalítica Fischer Tropsch por hidrogenación indirecta a 200°C y a diferentes presiones de trabajo, según se desee acentuar la obtención de hidrocarburos líquidos o de productos oxigenados como alcoholes, ácidos, ésteres, éteres, aldehídos o cetonas, como sustitutos del petróleo.

- Fabricación de celdas de combustible.

2. El hidrógeno en el sector de la industria automovilística: Distintas compañías automotrices realizan en la actualidad investigaciones en torno a las aplicaciones que podría tener el uso del hidrógeno directamente en motores de combustión interna o bien mediante el uso de celdas de combustibles en vehículos, lo cual representa un reto en el futuro, sobre todo por el almacenamiento y manejo del hidrógeno en el vehículo como fuente de suministro para la celda.

Hay diversos métodos para conseguir la hidrólisis, sin embargo de lo que se trata en últimas es de conseguir que el rompimiento de la molécula de agua, por medio de la electrólisis, necesite menos energía que la que el hidrógeno proporcionará después. Para ello, según han publicado en Science, Daniel Nocera y Matthew Kanan investigadores del Massachusetts Institute of Technology (MIT) han ideado un sistema que facilita el proceso. Se trata de añadir unos catalizadores (básicamente, fosfatos, una sustancia abundante en la Tierra, y cobalto) al agua antes de aplicarle unos electrodos para romperla (es lo que se conoce como electrólisis). Así, la reacción química resulta energéticamente favorable: se gasta menos energía en conseguir el hidrógeno que lo que se obtiene luego al quemarlo. Además, para que todo sea más limpio, usaron energía solar para las electrólisis. De esta manera, todo el ciclo se convierte en un proceso más limpio y menos contaminante. (<http://pensarmania.blogspot.com/2008/08/mas-cerca-del-hidrogeno-como-combustible.html>)

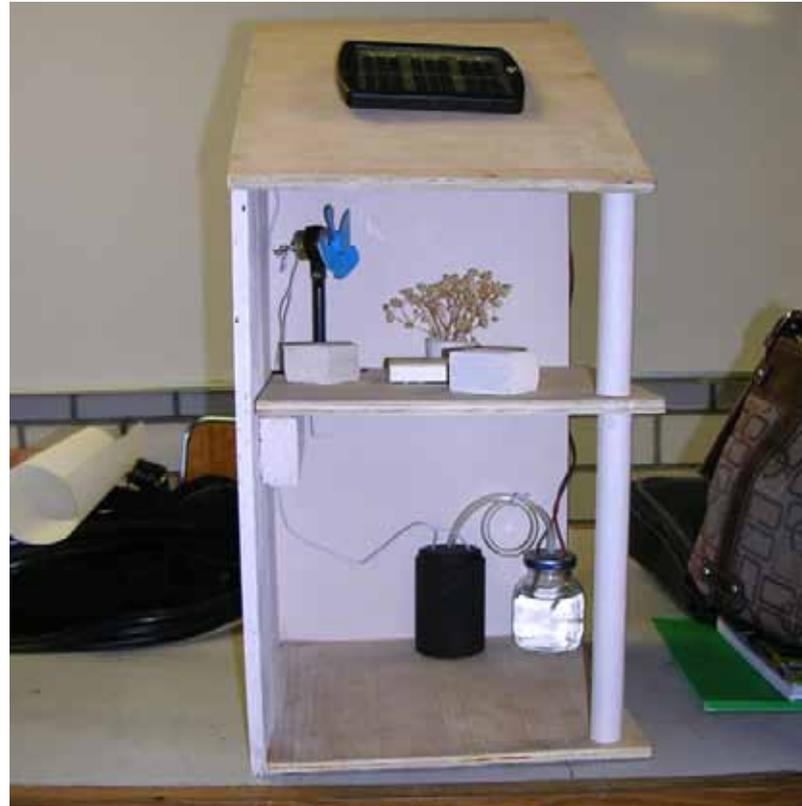
Daniel Nocera y Kanan del MIT, están a la vanguardia de la investigación sobre energías renovables a nivel molecular. Han encontrado otra forma de generar energía, a partir de materiales baratos y ampliamente disponibles, que de manera eficiente puede catalizar la separación de las moléculas del agua generando electricidad. En última instancia, esto podría constituir la base de nuevos sistemas de almacenamiento que permitiría a los edificios ser completamente independientes y autosuficientes en términos de energía.

Los sistemas utilizarían la energía de fuentes intermitentes como la luz del sol o el viento para crear combustible de hidrógeno, el cual podría utilizarse en las células de combustible u otros dispositivos para producir electricidad o combustible para los vehículos, según fuese necesario.

Nocera representa sistemas a escala pequeña donde durante el día los paneles fotovoltaicos de una vivienda, por ejemplo, generan energía eléctrica. Al mismo tiempo el excedente de energía es usada para dividir el agua en hidrógeno y oxígeno para ser almacenada, en el electrolizador desarrollado por Nocera y Kanan. En la noche el hidrógeno y oxígeno almacenados son recombinados en la pila de combustible para producir electricidad mientras las celdas fotovoltaicas no lo hacen, por ser de noche. El agua de la pila de combustible es recirculada dentro del sistema para ser dividida más tarde.

(<http://www.nanotecnologica.com/category/investigacion/>). Véase Fig. 05.

Figura 5 - Electrólisis a partir de energía fotovoltaica sobrante. Fuente: elaboración propia



El proceso es tan simple que ha sorprendido a reconocidos bioquímicos como James Barbera. Así lo explica Nocera:

“Los elementos clave son dos nuevos catalizadores capaces de producir, a partir de agua corriente, oxígeno e hidrógeno en estado gaseoso. El primero está compuesto de cobalto, fosfatos y un electrodo, todos ellos sumergidos en agua. Cuando la electricidad fluye a través del electrodo, el cobalto y los fosfatos crean una fina película sobre el conductor que tiene como consecuencia la expulsión de gas oxigenado. La tarea del otro catalizador es extraer el hidrógeno de la solución, para lo que se sustituye el cobalto por platino, culminando así de manera análoga el proceso fotosintético de los vegetales. Por último, ambos gases se recombinan dando lugar a energía apta para su utilización. «La energía solar siempre ha sido considerada como una solución limitada. A partir de ahora podemos pensar seriamente en ella como algo infinito e inminente». ([pensarmania.blogspot.com/2008\\_08\\_01\\_archive.html](http://pensarmania.blogspot.com/2008_08_01_archive.html))

La obtención de hidrógeno por medio de electrólisis es altamente ecológica, ya que este es un combustible que no contamina en absoluto y sólo despacha vapor de agua. Sin embargo sigue siendo muy costoso, al menos para nosotros en América Latina.

Por lo tanto, lo que nos proponemos es mejorar el método para la separación del hidrógeno, realizándolo de una manera más sencilla y económica, que el propuesto por Nocera, para poder producirlo a gran escala. Así como dar a conocer las ventajas que existen al utilizar este nuevo método, sin generar daños ambientales, produciendo energía limpia y renovable y haciendo que las personas tengan interés por implementarlo en sus hogares o edificaciones.

- Descripción detallada del modelo

Se arman los electrodos pegando los alambres de níquel a los dos cables que contienen los conectores tipo cocodrilo.

Se llena el recipiente con agua y se colocan las jeringas de forma que no entre aire. Se aseguran las jeringas con el sellador y se coloca la manguera de PVC.

Se introducen los electrodos al recipiente y posteriormente se unen a las jeringas. Se conecta la batería de 9 voltios a ambos cables.

Se saca el aire restante con la jeringa y se une la manguera al recipiente colector de hidrógeno. Se observa el proceso y finalmente se coloca el recipiente con agua en el trípode.

Detalles en la construcción del modelo.

En la base del recipiente desechable se ensartan los alambres, es necesario que se encuentren separados por una distancia no menor a cinco centímetros. Los electrodos de Níquel deben quedar por lo menos un centímetro fuera de la fuente y el resto en el interior de la misma. Se fijan con el sellador. Si la cubeta no tiene fugas (verificar llenándola de agua) se apoya en el trípode y se agrega la solución donde se realizará la electrólisis.

A dos jeringas se les quita el émbolo y en el extremo más fino se coloca cuatro centímetros de manguera de PVC. Por el otro extremo se introducen las jeringas en la cubeta (fuente desechable) de manera que cada uno de los alambres quede dentro de una de ellas.

La tercera jeringa se conecta al extremo libre de la manguera de PVC y tirando del émbolo se desaloja el aire del compartimiento donde se encuentra un electrodo, por lo tanto la solución asciende hasta llenar por completo dicho espacio. Inmediatamente se presiona la manguera de PVC con un clip y se le coloca una válvula de cierre, posteriormente se coloca una abrazadera; la manguera se sujeta del conector de PVC, que a su vez está puesto dentro del recipiente para almacenar el hidrógeno. De la misma forma se procede con la jeringa que contiene el otro electrodo.

Para que las jeringas queden en posición vertical se atraviesa la tapa de la fuente desechable que fue agujereada adecuadamente con ese fin. Se conectan los electrodos por los extremos que sobresalen de la cubeta a la pila mediante los conectores tipo cocodrilo (véase Fig. 06).

Figura 6 - Electrolizador. Fuente: elaboración propia



- Costo del proceso propuesto de producción de hidrógeno como combustible:

El costo final es de MEX \$907.00 equivalente a US \$70.58. Véase desglose de Costos en Tabla 10. Costo de materiales. Tabla 11. Costo herramientas. Tabla 12. Costo Mano de obra.

Tabla 10 - Materiales y costos

MATERIAL	PIEZAS	P. UNITARIO	TOTAL
Agua destilada	2 lts.	\$19.50	\$ 39.00
Manguera de gas	1 m.	\$ 5.00	\$ 5.00
Recipiente de almacenaje	1	\$ 20.00	\$ 20.00
Alambre de cobre	1 m	\$ 12.00	\$ 12.00
Fuente regulada de 13.5 v	1	\$ 400.00	\$ 400.00
Corchos	2	\$ 2.50	\$ 5.00
Cople en T	1	\$ 4.50	\$ 4.50
Silicón Negro	1	\$ 17.50	\$ 17.50
Llaves de jardín	2	\$ 14.50	\$ 29.00
Ácido Sulfúrico	1	\$30.00	\$30.00
Conectores tipo caimán	2	\$7.50	\$15.00
		TOTAL	\$ 577.00

Tabla 11 - Costo Herramientas

HERRAMIENTA	P. UNITARIO	TOTAL
Pinzas de plomería	\$60.00	\$60.00
Laboratorio de Química de la UAM Xochimilco	\$00.00	\$00.00
Bata blanca	\$100.00	\$100.00
Guantes	\$30.00	\$30.00
	TOTAL	\$190.0

Tabla12 - Costo Mano de obra

MANO DE OBRA	TOTAL
Sólo se requiere mano de obra para armar el sistema ya que todos los materiales se encuentran en el mercado.	\$200.00

## Conclusiones

El proceso de enseñanza aprendizaje de la ciencia y la tecnología ambiental, partió de un acercamiento a las problemáticas específicas de las bioregiones donde los alumnos se vieron obligados, en un primer momento, a cambiar de escala a la que vienen acostumbrados, la edificación, para pasar a una escala territorial donde son más evidentes las relaciones sociedad-naturaleza: Las cuencas, como unidad de trabajo.

Los docentes investigadores apoyamos el proceso de investigación a partir de una visión sistémica, donde a la cuenca con sus problemas y potencialidades, no se le ve de manera aislada, sino en sus interrelaciones e interdependencias con un suprasistema mayor del que hace parte, la tierra como totalidad compleja. A su vez el sistema de cuencas está compuesto de subsistemas menores, unidades ambientales como las subcuencas.

Esto los condujo a una comprensión de lo que es el ambiente global, detectar las problemáticas centrales ambientales-culturales; así como las propias de las bioregiones en las que trabajan y finalmente ubicar el campo de acción ambiental propio de su disciplina, el diseño ambiental y las necesarias interrelaciones con otras ciencias del conocimiento.

Dentro del campo del Diseño ambiental, el papel que juega la investigación científica y el desarrollo tecnológico, no sólo desde las prácticas, sino desde la formación del pensamiento científico, de la indagación permanente, de la sistematización, de la creación e invención, que se retroalimenta de la cultura y las artes, que da lugar, en últimas a la INNOVACIÓN.

Pero como este pensamiento está estrechamente ligado a la cultura y al avance tecnológico de las mismas, exige construir un cuerpo propio, incluyendo los saberes ambientales, no sólo de los tecnólogos y científicos, sino de las comunidades, indígenas, campesinas, urbanas, para avanzar en ese campo, cuya finalidad es lograr mejores condiciones de habitabilidad y sustentabilidad en nuestra bioregión.

Presentamos ecotecnologías de primer mundo en cuanto a investigación y desarrollo, pero adaptadas socialmente y con materiales baratos y ampliamente disponibles en México. Productos de bajo costo, eficientes, sin impacto ambiental, visual, ni sonoro.

Se desarrollaron sistemas completos, pero a escala pequeña y adaptables a las edificaciones rural-urbanas de las zonas donde se requiere preservar el medio ambiente, por su valor ecológico como la Cuenca del río Papaloapan, o de reducción de contaminantes, mitigación y restauración ambiental como la Cuenca Lerma-Chapala que por ser el territorio donde se alberga a gran cantidad de población humana y zonas industriales, ha sufrido severos deterioros y es la región del país que más contribuye con la emisiones de gases efecto invernadero, destrucción de bosques y ecosistemas naturales, contaminación y por ende al cambio climático.

Finalmente, dentro de la academia, las redes hoy nos permiten compartir el avance de la ciencia y la tecnología ambiental y saber que se está pensando y construyendo para dar soluciones a los problemas de cada lugar y del planeta. Y si bien es cierto que nosotros no contamos ni con los recursos económicos, ni materiales de los países llamados del primer mundo, si contamos con la creatividad, voluntad y el conocimiento para inventar y convertir las utopías en topías, como diría Lugary, materializando nuestro sueño de “reinventar el mundo”. (Castro, 2004)

### **Referencias bibliográficas**

CASTRO María Eugenia, (2004) *Medio ambiente, ecotecnologías y vinculación social*. México: UAM Xochimilco.

CONAGUA, (2009) *Estadísticas del agua en México*, Edición 2008. México: CNA.

COTLER Avalos Helena, MAZARI Hiriart Marisa, SÁNCHEZ José de Anda, (2006). *Atlas de la Cuenca Lerma-Chapala. Construyendo una visión conjunta*. México DF: Instituto Nacional de Ecología.

INEGI, (2010) *Censo Nacional de población y vivienda*. Aguascalientes: INEGI.

JIMENEZ Saim, et al, (2010). *Diseño ambiental en la Cuenca Lerma-Chapala*. Tesina de Arquitectura, México: UAM X.

LEFF Enrique, (2009) *Discursos Ambientales*. México: Siglo XXI.

<http://docs.google.com> la india-y-el-Biometano; Ministerio de Energías no Convencionales, India. Consultada el 28/02/2010

[http://Pensarmania.blogspot.com/2008\\_08\\_01\\_archive.html](http://Pensarmania.blogspot.com/2008_08_01_archive.html). Consultada el 15/03/2010.