

**Compilación de artículos
de investigación de la Red
Académica Internacional
Diseño y Construcción.**

**Administración y Tecnología
para Arquitectura, Diseño e
Ingeniería.**

**Diseño de un sistema
automatizado para el ahorro de
energía eléctrica en el sector de
la vivienda media en México.**

Rodrigo Ramírez Ramírez

Diseño de un sistema automatizado para el ahorro de energía eléctrica en el sector de la vivienda media en México.

Rodrigo Ramírez Ramírez

Universidad Autónoma Metropolitana – Unidad Azcapotzalco

Ciudad de México, México

Departamento de Medio Ambiente

rrr@correo.azc.uam.mx

RESUMEN

Este proyecto de investigación aborda desde una perspectiva transdisciplinaria la problemática del ahorro de energía eléctrica, específicamente en las viviendas ya construidas de niveles socioeconómicos medios en México. Una vez establecido un marco de referencia en temas como la energía y sustentabilidad, y considerada la urgencia de intervención en ellos, dadas las actuales circunstancias ambientales, se ha realizado una búsqueda de principios de operación que hagan viable el ahorro energético. La intención de esta investigación es problematizar desde el enfoque del diseño, y realizar a partir de ello una propuesta transdisciplinaria que permita probar que es posible usar tecnologías de reducido costo o de libre uso, para producir un ahorro eléctrico que no implique para los usuarios de clase media un desembolso cuantioso ni requiera de grandes remodelaciones en las viviendas. Se ha probado el principio de operación y realizado un proceso de diseño de interfaces de usuario que permite la operación del sistema sin dudas ni ambigüedades y que considera además la componente estética, adaptable al contexto delimitado. Mediante una mesa de simulación que incorpora los componentes electrónicos necesarios, se realizó una aplicación de las interfaces físicas para permitir la realización de diversas pruebas con usuarios, obteniendo resultados positivos.

PALABRAS CLAVE:

Ahorro de energía, energía en espera, interfaz de usuario, domótica, transdisciplina

INTRODUCCIÓN

Un problema que requiere atención inmediata en México es la falta de participación de la población en acciones que contribuyan al ahorro de energía en general, y particularmente de energía eléctrica. Solamente en los últimos años, gracias a las iniciativas gubernamentales que alientan e incentivan la sustitución de bombillas incandescentes y aparatos de alto consumo mediante subsidios, la población ha podido participar realmente en el ahorro de electricidad. Sin embargo, no existen programas o productos que hagan posible la participación amplia y generalizada en temas de energía, por lo que se desaprovecha la actitud de la población, cada vez más involucrada e interesada en estos temas.

Adicionalmente, dada la actual coyuntura mundial en la que el cambio climático tiende a acentuarse y las reservas de hidrocarburos se inclinan a la baja, salvo algunas excepciones, resulta de una gran importancia para países como México, cuyas economías dependen precisamente de la explotación de los hidrocarburos, fomentar la participación de todos los sectores sociales en la disminución del consumo energético.

Hay que recordar que, de acuerdo con fuentes oficiales, la energía eléctrica producida en México se obtiene en alrededor de un 81.4% por combustión (CFE, 2010). Dicha cifra incluye, desde luego, la combustión no solamente de hidrocarburos sino también de biomasa, pero ambos factores se reconocen como fuentes de emisiones de gases de efecto invernadero, con lo que contribuyen a la situación climática presente. Resulta entonces urgente desarrollar iniciativas que permitan la mitigación de las emisiones, entre otras cosas, a través de la disminución del consumo de energía.

Uno de los motivos que frecuentemente se citan para explicar la ausencia de productos y sistemas innovadores en países en vías de desarrollo es el alto costo y el importante factor de riesgo que implica la investigación de punta. Sin embargo, pocas veces se mencionan otras estrategias que permitirían la aplicación innovadora de tecnologías ya desarrolladas tales como la transferencia de tecnología y la apropiación tecnológica.

La transferencia de tecnología consiste en convenir con una entidad gubernamental o empresarial que ha desarrollado investigaciones, y a partir de ellas aplicaciones del conocimiento generado, la posibilidad de adquirir, licenciar, intercambiar o aprovechar dicho capital en términos de un mutuo beneficio. Pocas veces en México se ha contado con políticas públicas que apoyen estos mecanismos, dado que frecuentemente el interés principal de las diferentes administraciones se ha centrado en facilitar los más grandes flujos inmediatos de capital a través de la promoción de industrias como la maquiladora, frente al flujo reducido que puede generarse en el corto plazo con la transferencia de tecnología, pero que en el mediano y largo plazos es precisamente lo que promueve el desarrollo de la industria y de la economía, pues al compartir el conocimiento generado se participa de él y ello lleva a su mejora y a nuevos desarrollos.

La apropiación tecnológica, por otra parte, consiste en el estudio y aprovechamiento de tecnología ya desarrollada y comercialmente distribuida, para su aplicación en productos que permitan la solución de problemas en un entorno en el que la espera de una tecnología desarrollada ad hoc conduciría al incremento del atraso tecnológico y al agravamiento de los problemas presentes.

Varios países se han beneficiado de este mecanismo, aunque por caminos muy diferentes. Un caso muy conocido es el de Japón, que después de la Segunda Guerra Mundial se encontraba con una economía devastada y con serios problemas para satisfacer las necesidades más básicas de su población. Frente a dicho escenario, una estrategia que se adoptó fue la de la fabricación de productos desarrollados en Europa y en los Estados Unidos, para que después de haber comprendido los principios de operación usados, se procediera a una producción análoga con diseño propio y su posterior mejora a través de la incorporación de valores como la miniaturización, el abatimiento de costos a través de la producción masiva, y el desarrollo de nuevos estilos de diseño.

Un caso diferente de apropiación tecnológica es el de China, que en los últimos años se ha dedicado también a la copia de productos, aunque frecuentemente de manera ilegal. Dicha copia ha tenido la intención de explorar las tecnologías y los medios de producción necesarios para obtener productos similares a los copiados, con intención de facilitar un posterior desarrollo propio con modificaciones y mejoras. Muy polémicas han sido estas políticas chinas, pero dada la dimensión enorme de los recursos y campos involucrados frecuentemente la situación ha llevado a las empresas cuyos productos se reproducen, a buscar convenios de transferencia de tecnología que por lo menos les permitan beneficiarse parcialmente del movimiento económico generado.

PLANTEAMIENTO

Frente a todo este panorama, surge la inquietud de realizar alguna aportación desde el ámbito del diseño, y aunque parece a simple vista un campo alejado de la problemática citada, hay que considerar al Diseño como la disciplina que estudia las actividades cuya misión fundamental es la transformación del entorno para el mejoramiento de la calidad de vida del hombre. Considerado así el Diseño, se hace posible la problematización de los más diversos aspectos relacionados con la acción humana, y se abre también la posibilidad de que las iniciativas desde el Diseño permitan la generación de soluciones de tipo transdisciplinario.

El objetivo que se planteó entonces implicaba diseñar un sistema de ahorro de energía eléctrica que permita el ahorro de energía eléctrica en el ámbito doméstico atendiendo a principios de usabilidad, operabilidad, sintaxis y semántica, permita su uso por usuarios no calificados y posibilite su adaptación al contexto previsto. El segmento de población que se definió como objetivo fue el de las clases C+, C y C-, de acuerdo con la clasificación establecida por la Asociación Mexicana de Agencias de Investigación de Mercado y Opinión Pública (AMAI, 2011), es decir el estrato medio, dado que

los segmentos superiores (AB) tienen actualmente acceso a dispositivos de ahorro de energía cuyo costo es elevado, y que normalmente se combinan con elementos de confort y sofisticación; mientras que los segmentos inferiores (D,E) no generan un elevado nivel de consumo eléctrico que justifique la implantación en sus viviendas de un sistema automatizado de ahorro, además de que su costo, aunque se buscase que fuera reducido en términos generales, podría aún así resultarles oneroso.

Dicho sistema se desarrollaría bajo tres supuestos que se mencionan a continuación. El primer supuesto implica que, si el principio de operación que se involucre no requiere tecnologías costosas, se logrará entonces ponerlo al alcance de la población de nivel medio. El segundo supuesto relaciona el producto a diseñar con la población objetivo al afirmar que, si la interfaz de operación propuesta logra una comunicación eficiente con el usuario final, éste podrá usar fácilmente el sistema. Y finalmente, el tercer supuesto de investigación prefigura el grado de satisfacción de la población al plantear que, si la interfaz desarrollada es intuitiva y clara permitirá la identificación de las funciones y la comunicación del estado del sistema, haciendo que el usuario final mantenga el locus de control interno en un nivel elevado.

Para lograr todo ello, se decidió que una forma efectiva de ahorrar energía sería a través de la disminución del consumo de energía eléctrica en espera. El principio de operación, por tanto, debía consistir en la capacidad de interrumpir selectivamente el suministro hacia las zonas y aparatos en una vivienda que no se usarán durante un tiempo determinado.

Para tal efecto se requería segmentar la alimentación en sub-circuitos controlados por dispositivos comunicados alámbrica o inalámbricamente, lo que llevó a la búsqueda de tecnologías ya desarrolladas que, considerados los supuestos mencionados y en el marco de una posible apropiación tecnológica, permitieran efectivamente realizar la interrupción del suministro eléctrico.

DESARROLLO

El resultado de la búsqueda y de una serie de pruebas realizadas con diferentes dispositivos llevó a seleccionar los microcontroladores digitales del tipo Atmega328, en conjunto con dispositivos modulares de radiocomunicación punto a punto (PTP) y punto a multipunto (PTM) con un rango de transmisión de 256 kb/s.

Una vez seleccionada la tecnología, se procedió a efectuar pruebas de comunicaciones entre dispositivos, logrando efectivamente interrumpir el suministro eléctrico a dispositivos conectados alámbricamente en un circuito de prueba, así como a dispositivos conectados a circuitos secundarios comunicados solamente a través de los módulos de radio.

Obtenidos los resultados esperados, se procedió entonces al diseño de las interfaces de operación que permitirían a los usuarios controlar el sistema, así como las envolventes que permitieran contener y proteger la electrónica. Se empleó para ello el modelo CREAS (Aguirre, 2004).

Se procedió entonces a realizar un listado de funciones necesarias para la operación del sistema, tales como encender y apagar tanto el sistema como los circuitos secundarios, así como expresar el estado de los mismos, encendido o apagado. Definidos los elementos de control implicados por las funciones se desarrollaron series de combinatorias entre los posibles elementos compositivos, realizando una primera selección aplicando criterios de jerarquía, simplicidad y consistencia.

A partir de dicha selección se logró reducir el número de alternativas a cuatro, y se procedió al dimensionamiento y trazado vectorial de las alternativas, con la finalidad de aproximarse a la proporción, tamaño y distribución posibles en cada una de ellas. Una vez obtenidos los trazos se hizo un listado de las acciones necesarias para operar cada una, así como de mecanismos requeridos para la transmisión de indicaciones de operación hacia la electrónica. Al contar con los listados se pudo realizar una comparación de los mismos, pudiendo detectar que dos alternativas requerían mecanismos más complejos y caros, así como acciones adicionales, por lo que pudieron seleccionarse dos propuestas para llevar a la siguiente fase de diseño.

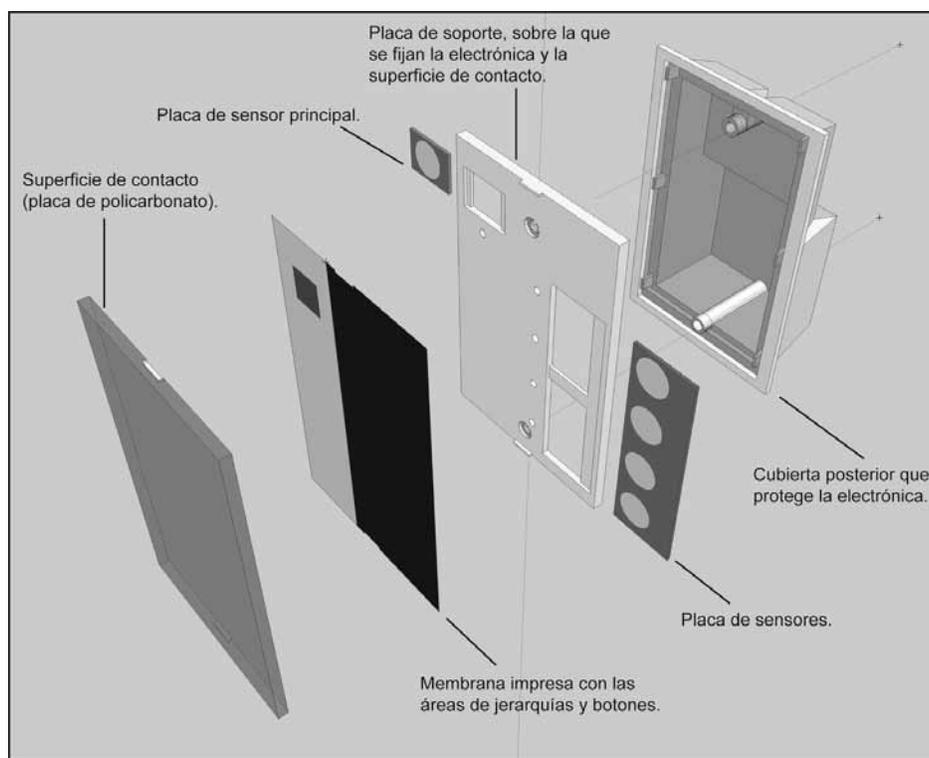


Figura 1: Despiece de la propuesta seleccionada. Elaboración propia.

Definidas las dos alternativas más convenientes, se procedió a realizar un modelado tridimensional detallado que permitiera obtener las dimensiones finales, la composición y apariencia posibles, así como simular los acabados probables. De esta manera pudieron determinarse las especificaciones que tendría cada una de las alternativas. Contando con esa información se procedió a realizar un estudio comparativo de requisitos de fabricación y de acciones de operación, con la finalidad de definir cuál de las dos propuestas resultaría más viable considerando todos los factores involucrados. Se pudo determinar entonces cuál sería la propuesta final (Figura 1).

Conocida la propuesta final se procedió a diseñar y construir una mesa de simulación (Figura 2) que permitiera enfrentar a los usuarios potenciales con las interfaces definitivas y al mismo tiempo emplear la electrónica seleccionada para realizar los cortes y las reconexiones de suministro eléctrico a diferentes partes de una vivienda a través de una representación gráfica simple.



Figura 2: Mesa de simulación con las placas del sistema diseñado. Elaboración propia.

Con la finalidad de simplificar el proceso de integración de los componentes se decidió usar una plataforma de prototipado electrónico existente que evitara la necesidad de fabricar circuitos impresos ex profeso para las pruebas. La plataforma Arduino en su versión UNO R3 fue la seleccionada por su facilidad de comunicación con una computadora a través de los puertos USB, y el hecho de contar con un software que permite agilizar el proceso de programación, compilación y transferencia de código al microcontrolador.

Una vez concluida la construcción de la mesa de simulación se procedió a realizar el diseño experimental que permitiera conocer si el diseño realizado efectivamente permitía la operación eficiente del sistema al tiempo que se mantenía en el usuario la sensación de tener el control al operarlo, tal como se había planteado en los supuestos de investigación. Así pues, se definió el perfil más adecuado para los sujetos de prueba de acuerdo con la segmentación de mercado propuesta por la AMAI (2011), y se buscaron voluntarios que cubriendo el perfil estuvieran dispuestos a participar en las pruebas. Como parte del perfil se definió también que debían cubrirse diferentes segmentos de edad y escolaridad para asegurar suficientes diferencias en los individuos que permitieran detectar las diferentes reacciones al diseño.

Se decidió también, de acuerdo con la regla cinco son suficientes, sustentada por Lewis, Nielsen & Landauer y Virzi (en Tullis y Albert, 2008) para la evaluación de productos de diseño industrial de nuevo desarrollo, que era imprescindible cubrir completamente el perfil diseñado, con la finalidad de asegurarse de que los posibles errores de diseño y las áreas de mejora resultaran expuestos con los sujetos de prueba seleccionados.

Uno de los principales puntos a evaluar fue el factor de usabilidad, para lo que se diseñó un instrumento tipo cuestionario, donde se pidió a los sujetos de prueba valorar la facilidad de uso, así como el grado de confianza con que se sintieron al probarlo. Los valores permitidos fueron de 1 para el mínimo y 5 para el máximo de cada afirmación, los reactivos positivos y negativos se alternaron para reducir un sesgo por presentación de respuestas iguales. Los resultados obtenidos permiten afirmar que se logró una buena comunicación dispositivo-humano, y que todos los sujetos encontraron fácil de usar el sistema, lo que les llevó a responder que sintieron confianza al usarlo y les agradaría usarlo frecuentemente (ver Tabla 1).

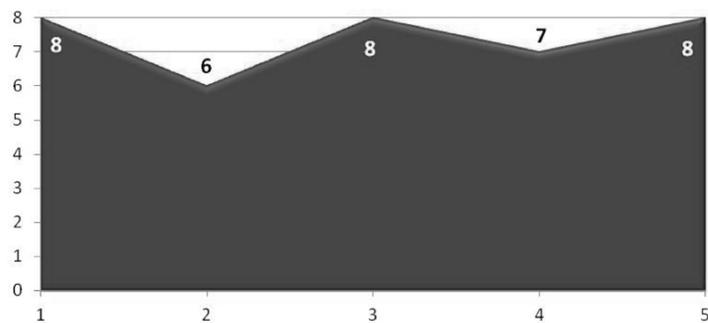
Otro factor importante que se evaluó fue el de aceptación estética, con la finalidad de cerciorarse de que la propuesta de diseño desarrollada tuviera componentes estéticas apropiadas para los segmentos de población seleccionados. Se pidió entonces a los sujetos de prueba que mediante un cuestionario de tipo Likert valoraran la apariencia de los módulos del sistema, obteniendo resultados favorables aunque no perfectos, pues teniendo un rango de puntuación de -40 a 40, donde 40 es el máximo perfecto, se obtuvieron 37 puntos (Figura 3).

	Sujeto 1	Sujeto 2	Sujeto 3	Sujeto 4	Sujeto 5
1. Me gustaría usar frecuentemente este sistema.	5	5	5	5	5
2. Encontré el sistema innecesariamente complicado.	1	1	1	1	1
3. Pienso que el sistema es fácil de usar.	5	5	5	4	5
4. Pienso que necesitaría ayuda técnica para usar el sistema.	1	1	1	1	1
5. Encontré bien integradas las funciones del sistema.	5	5	5	5	5
6. Pienso que el sistema es muy inconsistente.	1	1	1	1	1
7. Puedo imaginar que la mayor parte de la gente aprendería rápido a usarlo.	5	5	5	5	5
8. Encontré al sistema difícil de manejar.	1	1	1	2	1
9. Me sentí con mucha confianza al usar el sistema.	5	5	5	5	5
10. Necesitaría aprender muchas cosas antes de seguir con este sistema.	1	1	1	1	1

Tabla 1. Resultados del factor de usabilidad. Elaboración propia.

Preguntas
1. ¿Le gusta la apariencia de los aparatos?
2. ¿Piensa que se vería bien en su casa?
3. ¿Piensa que a su familia le agradaría tenerlo?
4. ¿Preferiría que tuviera una apariencia diferente?

Aceptación de factores estéticos



Puntuación máxima = 40
Puntuación mínima = -40

Figura 3: Aceptación de factores estéticos, resultados acumulados. Elaboración propia.

CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos, pueden contestarse favorablemente los supuestos de investigación. En primer lugar el principio de operación seleccionado no requirió del uso de tecnologías costosas, por lo que se anticipa lograr un costo final reducido. Además de ello la interfaz ha logrado una comunicación eficiente con el usuario final, pues los sujetos de prueba pudieron realizar las operaciones de encendido y apagado de diversas áreas sin mayor problema. Puede decirse también que la interfaz ha permitido adecuadamente la identificación de las funciones y la comunicación del estado del sistema, por lo que el usuario final ha mantenido el locus de control interno en un nivel elevado.

En relación con la pertinencia de intervención de investigadores de diseño en temas que constituyen parte de otros campos profesionales, o que constituyen áreas de traslape interdisciplinar, puede decirse a la luz de la experiencia producida por este trabajo, que la transversalidad conceptual permite trascender indudablemente la limitación disciplinar generada por el diseño curricular, pues de otro modo habría sido imposible generar una propuesta de solución como la obtenida hasta el momento.

Por otra parte, la transdisciplina permite en el caso del Diseño problematizar más allá del campo específico, convirtiendo al diseñador en un gestor de la innovación, aspecto que resulta de tan grande importancia, que diferentes instituciones de educación superior han creado grupos de trabajo y de investigación, en ocasiones con salida hacia un programa de posgrado, que se centran en lo que se denomina diseño estratégico y que consiste precisamente en la generación de innovación con la participación gestora del diseñador como figura de interrelación entre campos y personas.

Desde luego, en el aspecto tecnológico, el proyecto aquí expuesto sí logró obtener un ahorro de energía mediante el principio de operación propuesto.

El trabajo subsecuente consistirá en obtener la financiación del producto de serie, que permitiría entonces la elaboración de un plan de negocios. La obtención de dicho producto haría que el resultado de la investigación pudiera hacerse llegar a la población objetivo, logrando finalmente la aportación prevista en los temas de consumo energético y de generación de emisiones inicialmente mencionados.

REFERENCIAS

- 1 CFE. Estadística nacional de generación: Porcentajes por generador, servicio público, 2010. Disponible en línea en www.cfe.gob.mx Recuperado el 8 de febrero de 2012.
- 2 Aguirre, M. Diseño: conocer y crear. Modelo para el diseño de objetos basado en la interacción de procedimientos racionales y creativos. Universidad LaSalle, México, 2004.
- 3 AMAI. Niveles socioeconómicos. Actualización a la regla de medición de NSE en México (8x7). AMAI, 2011.
- 4 Tullis, T. y Albert, B. Measuring the user experience. Morgan Kaufmann, United States of America, 2008.

ACERCA DEL AUTOR

El Dr. Rodrigo Ramírez Ramírez estudió la licenciatura en Diseño de la Comunicación Gráfica en la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco. Posteriormente cursó la especialización en Hipermedios y se graduó como Maestro en Diseño en la línea de investigación de Nuevas Tecnologías en el Posgrado en Diseño de la UAM-Azcapotzalco. Obtuvo el grado de Doctor en Diseño en las líneas de investigación de Arquitectura Bioclimática y de Nuevas Tecnologías en el mismo posgrado. Actualmente es profesor de diseño en el Departamento de Medio Ambiente de la UAM-Azcapotzalco, donde también forma parte del Grupo de Investigación del Color; y es profesor de asignatura en el Departamento de Diseño de la Universidad Iberoamericana Ciudad de México.