



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
PROGRAMA DE MAESTRIA Y DOCTORADO EN ARQUITECTURA

**VIDRIO TERMOELÉCTRICO EN ENVOLVENTES ARQUITECTÓNICAS
PARA LA COSECHA DE ENERGÍA SOLAR**

GENERACIÓN DE ENERGÍA PARA EDIFICACIÓN

**TESIS QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE MAESTRIA EN ARQUITECTURA
CAMPO DE CONOCIMIENTO DE TECNOLOGÍA**

PRESENTA

ARQ. MANUEL ALEJANDRO GUTIÉRREZ LÓPEZ

DIRECOR DE TESIS

MTRO. ERNESTO OCAMPO RUIZ

Facultad de Arquitectura UNAM

CIUDAD DE MÉXICO, NOVIEMBRE/2016



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

VIDRIO TERMOELÉCTRICO EN ENVOLVENTES ARQUITECTÓNICAS PARA COSECHA DE ENERGÍA SOLAR

GENERACIÓN DE ENERGÍA PARA EDIFICACIÓN

Tesis que para obtener el grado de Maestría en Arquitectura
presenta: Arq. Manuel Alejandro Gutiérrez López



Programa de Maestría y Doctorado en Arquitectura, UNAM

Ciudad de México, 2016

Director de Tesis: M. A. Ernesto Ocampo Ruiz

Sinodales:

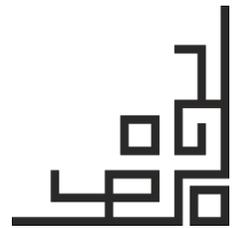
Dr. Alejandro Solano Vega

M.A. Jorge Rangel Dávalos

M.A. Maribel Jaimes Torres

M.A. Francisco Reyna Gómez







VIDRIO TERMOELÉCTRICO EN ENVOLVENTES ARQUITECTÓNICAS
PARA COSECHA DE ENERGÍA SOLAR
GENERACIÓN DE ENERGÍA PARA EDIFICACIÓN

**Vidrio Termoeléctrico en envolventes Arquitectónicas
para cosecha de energía solar**
Generación de energía para edificación.
© **Manuel Alejandro Gutiérrez López, 2016**

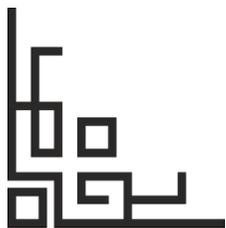
Primera edición, Ciudad de México, Julio, 2016.

Todos los derechos reservados.

No está permitida la reproducción total o parcial de la obra, método o transmisión por cualquier medio método sin la autorización escrita del autor.

Diseño de portada: Manuel Alejandro Gutiérrez López.

Impreso y hecho en México.



A mis padres y hermanas, porque todo lo que he logrado y todo lo que alcanzaré es el reflejo de lo que ellos con su tiempo, ejemplo y con su esfuerzo han formado en mi persona. Afronto la vida con alegría porque tengo el amor de quienes confían en mí y apoyan mis decisiones, gracias Padre, Madre y Hermanas, por todo lo que han formado en mí.

A Ernesto Ocampo, porque con su enseñanza y sabiduría ha pasado la antorcha de su conocimiento a uno más de sus pupilos, porque me mostró el camino para entrar a este hermoso mundo de la ciencia en la Arquitectura. Muchas Gracias.

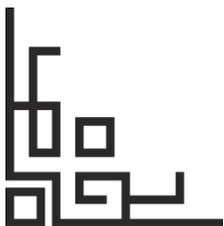
Al Centro de Ingeniería Avanzada (CIA) he investigadores, porque sin ellos este viaje jamás hubiera tomado rumbo.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt), porque sin su apoyo este proyecto jamás se me hubiera hecho posible desarrollarlo.

A todos los profesores del programa, porque sin ellos jamás hubiera podido resolver a tiempo mis inquietudes.

“Nada en mi fue formado al azar, yo soy el producto integral de todo lo bueno de aquellos seres con los que he convivido”

(Manuel Alejandro G. López)



Contenido.

I. Introducción - pág. 10

- I.I El fenómeno Termoeléctrico - pág.12
- I.II William Thomson, Thomas Johann Seebeck y Jean Charles Peltier - pág.12

II. El relato de la ontología creativa - pág.19

- II.I Hipótesis - pág.24

III. La posibilidad de una idea - pág.26

IV. La razón de “Posible vs Imposible” - pág.32

V. El concepto en la Arquitectura - pág.35

VI. Antecedentes - pág.38

VII. Formulaciones teóricas - pág.41

VIII. Sustentabilidad Arquitectónica con el desarrollo de materiales y componentes - pág.43

- VIII.I Convergencia entre tecnología y Arquitectura – pág.48
- VIII.II Sistemas constructivos con base en vidrio – pág.50
- VIII.III Análisis de propiedades y dimensiones apropiadas para su revisión en laboratorio y propuesta estructural del panel de vidrio – pág.56

IX. La teoría – pág.76

- IX.I Posibilidades futuras del material – pág.78

X. Metodología de la Investigación – pág.79

- X.I Técnicas de investigación y desarrollo del proceso de experimentación – pág. 81

X.II Producto – pág.84

X.IV Innovación – pág.86

X.V Pruebas de laboratorio – pág.86

X.VI Resultados – pág.88

XI. Conclusión y discusión – pág.93

XI.I Anexos – pág.93

XI.II Bibliografía – pág.95

XI.III Glosario – pág.98

XII. Índice de figuras– pág. 101

XII.I Índice de tablas – pág. 102

XII.II Índice de gráficas – pág. 102



“El desarrollo del hombre depende fundamentalmente de la invención. Es el producto más importante de su cerebro creativo. Su objetivo final es el dominio completo de la mente sobre el mundo material y el aprovechamiento de las fuerzas de la naturaleza a favor de las necesidades humanas”

—Nikola Tesla

I. Introducción

Este trabajo tiene como objetivo particular la creación de un panel en vidrio con características termoeléctricas, compuesto alternativo y sustentable para la generación de energía con base en la aplicación en los envolventes de edificación, a lo largo de esta investigación se tomaron en cuenta los aspectos físicos de una aplicación como está dentro de la construcción eso nos obligó a analizar las posibilidades de utilizar y participar en la creación de un nuevo paradigma social, económico y tecnológico. Una idea que nos conduzca hacia acciones coherentes sobre intereses básicos que puedan lograr trascender en una convivencia sana y armoniosa en nuestro medio ambiente con base a la Arquitectura. Es increíble la cantidad de factores necesarios para el aprovechamiento de la energía, que se pueden obtener a través de nuestro hogar.

Ante el interés por el uso responsable de la energía, limpia y de bajo impacto se propone la elaboración de una nueva tecnología que permita controlar la generación de manera natural de los recursos necesarios para el habitat; ya que el uso de materiales energéticos es cada vez más necesario.

La gestión de modelos alternativos y sustentables nos obliga a analizar las posibilidades de utilizar y participar en la creación de un nuevo paradigma. Los modelos arquitectónicos, probados desde hace siglos en cada región de México, mejorados con tecnología moderna, resultan ser soluciones efectivas, sencillas y sostenibles.¹

¹ C. A. Domenicali, Stationary temperature distribution in an electrically heated conductor, Journal of Applied Physics, Vol. 25 (1954), pp. 1310.

Esta tesis es el resultado de la investigación obtenida a lo largo de 2 años de experimentación y análisis de un simple modelo de material que capaz de generar y cosechar energía por la diferencia de temperatura entre el interior y exterior de la edificación.

Las características fundamentales de este trabajo surgen principalmente de la inagotable belleza y efectividad del mundo natural, de la vida y del aprovechamiento de la energía en la edificación con base en componentes mejorados con tecnología moderna; ideas que resultan ser soluciones efectivas, sencillas y sostenibles. Esto significa satisfacer las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras de satisfacer sus propias necesidades con la correcta gestión de la energía. Para lograrlo hay que tomar en cuenta los factores implícitos en este texto, que son: bienestar, desarrollo, medio ambiente y futuro.

El objetivo de este tema es el desarrollo de un nuevo componente arquitectónico cuyas características sean la producción de energía con base en principios físicos por uso de temperatura específicamente en vidrio.

Este panel aplicado a las fachadas y envolventes de edificios, sería capaz de generar energía a la edificación, por los diferenciales de temperatura que existen entre el interior y el exterior de las edificaciones y podría sustituir, a su vez, la monotonía de un simple vidrio como elemento constructivo, ocupando así su lugar, para aprovechar lo más posible la energía que la naturaleza nos muestra en forma de temperatura.

Para su análisis se creó un prototipo el cual fue probado en laboratorio tomando en cuenta su análisis estructural, diseño de experimentación, eficiencia eléctrica y del cual los resultados resultantes se anexan en la parte final de documento.

La generación de energía por medio de la temperatura es un campo con un gran potencial de exploración, sin embargo, la aplicación y generación por medio del volumen envolvente de edificación es un tema apenas estudiado. Sabiendo esto, fue indispensable llevar a cabo un estudio más extenso que nos condujo a la producción de un prototipo de panel de vidrio que permite, con base a sus características físicas, la generación de energía alternativa.

Por último, este prototipo contribuirá al mejoramiento de nuestro entorno, reduciendo el consumo energético de la construcción con base en la Arquitectura y el uso responsable de la Tecnología.

La sustentabilidad y la gestión correcta de este material generador de energía busca un adecuado sistema de uso que debe estar formado por una serie de medidas encaminadas a un ahorro neto de energía, a la eficiencia en su obtención, distribución y uso. Como gestión nos referiremos a la “Acción o trámite que, junto con el estudio adecuado, llevado a cabo para conseguir y resolver nuestro objetivo”.²

² Concilio Nacional de Investigación de los Estados Unidos,(2000). Ecological Indicators for the Nation. National Academy Press.

Asimismo, se busca conseguir un ahorro económico en los gastos derivados de su uso y una disminución de sus impactos ambientales negativos, por lo que la investigación comprende el estudio de los materiales de más bajo impacto ambiental.

Si consideramos que un buen sistema debe tener en cuenta, en primer lugar, cuáles son las fuentes de energía presentes en el territorio, tanto realizadas y en funcionamiento como potenciales, y evaluar su situación actual nacional e internacional, así como su posible *devenir* futuro.³

Con base en esta situación inicial, a su vez debe considerarse cuáles son los mejores modos de realizar la distribución a lo largo de toda su extensión, así como tener en cuenta qué actividades requieren un mayor volumen, de qué tipos y cuáles pueden ser consideradas prioritarias o de primera necesidad por lo tanto consideraremos estas cuestiones tres puntos iniciales:

1. ¿Cuál es la energía de la que disponemos?
2. ¿Cómo podemos concentrarla en un solo componente?
3. ¿De qué forma?

Éstas formaron las bases iniciales de un plan energético a lo largo de la investigación, para poder adaptarse a las necesidades de nuestro tema. Para ello, como siempre, se tiene que conocer la historia, quien es la base para entender sobre la posibilidad de que nuestro prototipo planteado en esta tesis fuera posible, entonces entendamos juntos.

³ A partir de ahora las palabras que estén en cursivas, se localizarán dentro del glosario.

I.I El fenómeno termoeléctrico

Se denominan fenómenos termoeléctricos o termoelectricidad a tres fenómenos relacionados entre sí por las relaciones de Thomson, descubiertas por él en 1851: el efecto Seebeck, el efecto Peltier y el calor de Thomson.⁴

Ésta se explica de esta manera: Cuando dos metales distintos a temperaturas diferentes se ponen en contacto formando una unión bimetálica, entre ambos lados de la unión se genera una fuerza electromotriz. Este fenómeno se denomina efecto Seebeck y es la base del funcionamiento de los termopares, un tipo de termómetro también usado en el control del flujo de gas en dispositivos domésticos.

Cuando se hace circular una corriente a través de una unión bimetálica, para mantener constante la temperatura de la unión hay que entregar o extraer calor, según sea el sentido de circulación.

Este fenómeno, también llamado efecto Peltier, tiene aplicación práctica en dispositivos de refrigeración pequeños, teniendo la ventaja, a diferencia de los refrigeradores basados en la compresión y descompresión de gases, de no tener partes móviles que se desgasten, este efecto es contrario al que manejamos para la generación y cosecha de energía por medio del vidrio.

⁴ J. F. Nye, *Physical properties of crystals*, Oxford University Press, (1957), p. 216-218.

I.II William Thomson, Thomas J. Seebeck y Jean C. Peltier

El primer efecto termoeléctrico fue descubierto por el físico alemán Thomas Johann Seebeck en 1821. Seebeck se dio cuenta de que una aguja metálica es desviada cuando se le sitúa entre dos conductores de materiales distintos unidos por uno de sus extremos y sometidos a una diferencia de temperatura. Debido a que en ese momento no reconoció allí una corriente eléctrica implicada, llamó al fenómeno el efecto termo magnético.

Pensando que los dos metales quedaban magnéticamente polarizados por el gradiente de temperatura, el físico Danés Hans Christian Oersted jugó un papel vital en la explicación y concepción del término “termoelectricidad”.

Este efecto es de origen eléctrico, ya que al unir dos materiales distintos y someterlos a una diferencia de temperatura, aparece una diferencia de potencial. La principal aplicación práctica del efecto Seebeck es la medida de temperatura mediante termopares.⁵

Unos años más tarde, en 1834, el físico francés Jean-Charles Peltier descubrió el segundo efecto termoeléctrico: en la unión de dos materiales diferentes sometidos a una corriente eléctrica aparece una diferencia de temperaturas. La creación de panel de vidrio termoeléctrico propuesto en esta investigación, contempla la fusión de los dos primeros principios termoeléctricos, de tal manera que por un diferencial de temperatura y por el efecto físico “Seebeck” se logra la generación de energía.

⁵ G. S. Nolas, J. Sharp and G. H. J., *Thermoelectrics, basic principles and new materials developments*, Springer (2001).

La diferencia fundamental entre los efectos Seebeck y Peltier considerados por separado, y el efecto Thomson, es la existencia de este último en un único material, sin necesidad de que exista una unión entre materiales distintos. Para este caso en particular utilizaremos el efecto Seebeck que es una propiedad termoeléctrica -descubierta en 1821 por el físico alemán Thomas Johann Seebeck- inversa al efecto Peltier. Este efecto provoca la conversión de una diferencia de temperatura en electricidad.

Se crea un voltaje en presencia de una diferencia de temperatura entre dos metales o semiconductores homogéneos. Una diferencia de temperaturas T_1 y T_2 en las juntas entre los metales A y B induce una diferencia de potencial V .

Cabe señalar que fue el primer efecto termoeléctrico descubierto: el efecto Peltier lo descubriría Jean Peltier en 1834, y William Thomson -Lord Kelvin- haría lo propio con el efecto Thomson en 1851.

Éste sucede cuando una corriente se hace pasar por dos metales o semiconductores conectados por dos “junturas de Peltier”. La corriente propicia una transferencia de calor de una juntura a la otra: una se enfría en tanto que otra se calienta. Tras entender esto se debe notar que lo pensado en el diseño de experimento y desarrollo del panel fue hacer de forma inversa este principio, es decir, convertir ese diferencial de temperaturas entre las caras en energía.

El efecto termoeléctrico es la conversión directa de la diferencia de temperatura a voltaje eléctrico y viceversa. Un dispositivo termoeléctrico crea un voltaje cuando hay una diferencia de temperatura a cada lado. Por el contrario, cuando se le aplica un voltaje, crea una diferencia de temperatura.

A escala atómica (en especial, portadores de carga) un gradiente de temperatura aplicado provoca portadores cargados en el material, si hay electrones o huecos, para difundir desde el lado caliente al lado frío, similar a un gas clásico que se expande cuando se calienta; por consiguiente, la corriente inducida termalmente.⁶

Entonces consideraremos al efecto Seebeck como la conversión de diferencias de temperatura directamente a electricidad. El efecto es que un voltaje se crea en presencia de una diferencia de temperatura entre dos metales o semiconductores diferentes. Esto ocasiona una corriente continua en los conductores si ellos forman un circuito completo. El voltaje creado es del orden de varios micro voltios por kelvin de diferencia.

Una de esas combinaciones, cobre-*constatán*, tiene un coeficiente Seebeck de 41 microvoltios por kelvin a temperatura ambiente. Algunos físicos han descubierto recientemente que calentar un lado de una barra de níquel-hierro magnetizada permite a electrones reacomodarse según sus *espines*. Esto así llamado “espín de efecto Seebeck” podría dar lugar a baterías que generen corrientes magnéticas, en vez de corriente eléctrica.

⁶ J. F. Nye (1957). *Physical properties of crystals*. Oxford University Press. pp. 215-216.

Una fuente de corriente magnética podría ser útil especialmente para el desarrollo de dispositivos *espintrónicos*, el cual usa corrientes magnéticas a fin de reducir el recalentamiento en chips de computador pues, a diferencia de corrientes eléctricas, las corrientes magnéticas no generan calor.

Puesto que una separación de carga también crea un potencial eléctrico, la acumulación de portadores cargados en el lado frío finalmente cesa en algún valor máximo ya que existe una cantidad de portadores cargados derivados movidos al lado caliente como resultado del campo eléctrico en equilibrio.⁷

Sólo un incremento en la diferencia de temperatura puede reanudar una acumulación de más portadores de carga en el lado frío y así conllevar a un incremento en el voltaje termoeléctrico, esta propiedad se usó para potencializar la productividad del panel de vidrio. Casualmente la Termo potencia también mide la entropía por portador de carga en el material.

Para ser más específicos, la capacidad térmica electrónica molar parcial se dice que es igual a la potencia termoeléctrica absoluta multiplicada por el negativo de la constante de Faraday.

La Termopotencia de un material representada por S (o a veces por α), depende de la temperatura y estructura cristalina del material.

⁷ K. Matsubara, Development of a high efficient thermoelectric Stack for a waste exhaust heat recovery of vehicles, Proc 21st International Conference on Thermoelectrics- Long Beach (CA) USA, 2002, pp. 418.

Típicamente los metales tienen termopotencias bajas porque la mayoría tiene bandas medio llenas. Ambos electrones (cargas negativas) y huecos (cargas positivas) contribuyen al voltaje termoeléctrico inducido así se cancelan cada uno con la contribución al voltaje de otro y hacerlo pequeño.

El signo de la Termopotencia puede definir qué portadores cargados domina el transporte eléctrico en ambos metales y semiconductores.

Si la diferencia de temperatura ΔT entre los dos extremos de un material es pequeña, entonces la Termopotencia de un material se define (aproximadamente) como:

$$S = \frac{\Delta V}{\Delta T}$$

Y un voltaje termoeléctrico ΔV se ve en los terminales. Así se puede escribir una relación del campo eléctrico E y el gradiente de temperatura ∇T , por la aproximación de la ecuación:

$$S = \frac{E}{\nabla T}$$

La Termo potencia absoluta del material de interés. Debido a que los electrodos conectados al multímetro se pueden colocar en el material para de medir el voltaje termoeléctrico.⁸

⁸ G. D. Mahan, B. C. Sales and J. Sharp, Thermoelectric materials: new approaches to an old problem, Physics Today, Vol. 50 (1997), pp. 42

El gradiente de temperatura también induce un voltaje termoeléctrico a través de una de las puntas de los electrodos. Por lo tanto, la Termopotencia medida incluye una contribución de la Termopotencia del material de interés y del material de los electrodos de medida.

La Termopotencia medida es entonces una contribución de ambos y puede ser escrita como:

$$S_{AB} = S_B - S_A = \frac{\Delta V_B}{\Delta T} - \frac{\Delta V_A}{\Delta T}$$

Los superconductores tienen Termopotencia cero pues los portadores cargados no producen entropía.

Esto permite una medición directa de la Termopotencia absoluta del material de interés, ya que es la Termopotencia de todo el termopar también. Además, una medida del coeficiente Thomson μ de un material puede también producir la Termopotencia a través de la relación:

$$S = \int \frac{\mu}{T} dT$$

Cuando dos metales distintos a temperaturas diferentes se ponen en contacto formando una unión bimetálica, entre ambos lados de la unión se genera una fuerza electromotriz.

Este fenómeno se denomina efecto Seebeck y es la base del funcionamiento de los termopares.

En la (Figura 1) se observa un circuito de termopares, formado por dos conductores de diferentes materiales, Material X y Material Y.

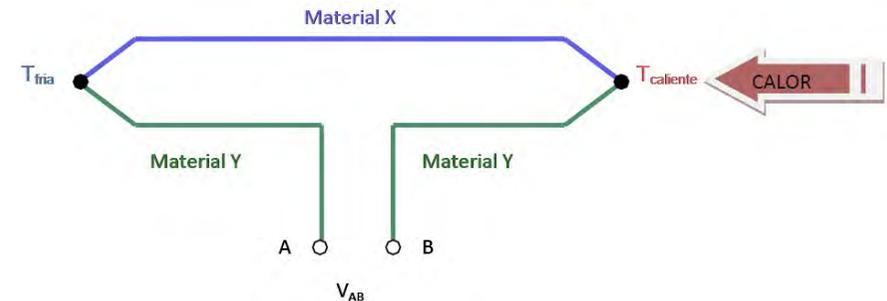


Figura 1.- Circuito que muestra el efecto Seebeck, con respecto a la inducción de calor sobre el material, <http://upcommons.upc.edu/>. Consultado Mayo 2015.

La Termopotencia es un parámetro importante del material que determina la eficiencia de la termoelectricidad de un material. Un mayor voltaje termoeléctrico inducido para un gradiente de temperatura dado conllevará a una mayor eficiencia. Lo ideal es desear valores de Termopotencia muy grandes ya que solo se necesita una cantidad pequeña de calor para crear un voltaje grande. Este voltaje se puede usar para producir potencia.⁹

⁹ G. S. Nolas, J. Sharp and G. H. J., Thermoelectrics, basic principles and new materials developments, Springer 2001

Los Portadores de Carga en los materiales (electrones en metales, electrones y huecos en los semiconductores, iones en los conductores iónicos) se difundirán cuando un extremo de un conductor está a una temperatura diferente del otro.

Portadores calientes se difundirán desde el extremo caliente al extremo frío, pues hay menor densidad de portadores calientes en el extremo frío del conductor. Portadores fríos se difundirán desde el extremo frío al extremo caliente por la misma razón.

Si el conductor dejara alcanzar el equilibrio termodinámico, este proceso resultaría en la distribución uniforme de calor a través del conductor por transferencia de calor. El movimiento de calor en la forma de portadores cargados de un extremo al otro se llama corriente de calor. Así como portadores de carga moviéndose, es también una corriente eléctrica.

En un sistema donde ambos extremos se mantienen a diferencia constante de temperatura una corriente constante de calor de un extremo a otro, es una difusión constante de portadores. Si la razón de difusión de portadores calientes y fríos en direcciones opuestas es igual, allí no sería un cambio neto en la carga. Pero la difusión de carga se dispersa con impurezas, imperfecciones, y vibraciones de la red cristalina (*fonones*).¹⁰

Si la dispersión depende de la energía, los portadores calientes y fríos se difundirán a razones diferentes. Esto crea una densidad mayor de portadores a un extremo del material, y la distancia entre las cargas positivas y negativas produce una diferencia de potencial; un voltaje electrostático.

Este campo eléctrico, sin embargo, se opone a la dispersión desigual de portadores, y se alcanza un equilibrio donde el número neto de portadores difundidos es cancelado por el número neto de portadores moviéndose en dirección opuesta desde el campo electrostático.

Esto indica que la Termopotencia de un material depende grandemente de las impurezas, imperfecciones, y cambios estructurales el cual frecuentemente varía entre ellos mismos con la temperatura y el campo eléctrico, y la Termopotencia de un material es la colección de muchos efectos diferentes.

Al principio los termopares eran metálicos, pero más recientemente dispositivos termoeléctricos se desarrollan de elementos semiconductores alternados tipo-p y tipo-n conectados por interconectores metálicos.

Las uniones de los semiconductores son comunes especialmente en dispositivos de generación de potencia, mientras que las uniones metálicas son más comunes en medidas de temperatura.

¹⁰ Webster's Third New English Dictionary. Merriam-Webster Inc., Publishers. Springfield, Massachusetts, U. S. A. (1986).

La carga fluye a través del elemento tipo-n, cruza una interconexión metálica, y pasa al elemento tipo-p. Si se suministra una fuente de potencia, el dispositivo termoeléctrico puede actuar como un enfriador.

Esto es el efecto Peltier. Los electrones en el elemento tipo-n se moverán a la dirección opuesta de la corriente y los huecos en el elemento tipo-p se moverán en la dirección de la corriente, ambos removiendo calor de un lado del dispositivo. Si se suministra una fuente de calor, el dispositivo termoeléctrico puede funcionar como un generador de potencia.

La fuente de calor conducirá electrones en el elemento tipo-n hacia la región más fría, así se crea una corriente a través del circuito. Los huecos en el elemento tipo-p fluirán entonces en la dirección de la corriente. La corriente se puede usar para impulsar una carga, así se convierte la energía térmica en energía eléctrica.¹¹

La eficiencia de un dispositivo termoeléctrico para generar electricidad se da por η , definida como:

$$\eta = \frac{\text{energía proporcionada a la carga}}{\text{Energía calorífica absorbida en el cruce caliente}}$$

y

¹¹ O. Yamashita and S. Tomiyoshi, Effect of annealing on thermoelectric properties of bismuth telluride compounds, Japanese Journal of Applied Physics, Vol. 42 (2003), pp. 492.

$$\eta_{max} = \frac{T_H - T_C}{T_H} \frac{\sqrt{1 + Z\bar{T}} - 1}{\sqrt{1 + Z\bar{T}} + \frac{T_C}{T_H}}$$

Donde T_H es la temperatura de la unión caliente y T_C es la temperatura de la superficie que se enfría. $Z\bar{T}$ es la figura de mérito a dimensional modificada que ahora considera la capacidad termoeléctrica de ambos materiales termoeléctricos usados en dispositivos para generar potencia, y definida como:

$$Z\bar{T} = \frac{(S_p - S_n)^2 \bar{T}}{\left[(P_n K_n)^{1/2} + (P_p K_p)^{1/2} \right]^2}$$

Donde P es la resistividad eléctrica, \bar{T} es la temperatura promedio entre las superficies caliente y fría, y los subíndices n y p , indican propiedades relacionadas con los materiales termoeléctricos semiconductores tipo n y p , respectivamente.

Es importante notar que la eficiencia de un dispositivo termoeléctrico se limita por la eficiencia de Carnot (por ello los términos T_H and T_C en η_{max}), pues los dispositivos termoeléctricos son máquinas de calor inherentemente. El COP¹² de sistemas actuales es pequeño, variando de 0.3 a 0.6.¹³

¹² Coefficient Of Performance (en inglés Coeficiente De Rendimiento).

¹³ Besançon, Robert M. (1985). *The Encyclopedia of Physics*. Van Nostrand Reinhold Company.

El movimiento de los electrones es contrario al sentido de la corriente. Por tanto, cuando la corriente pasa de un elemento N a un elemento P, significa que los electrones pasan del elemento P al N y la unión absorbe calor (cara fría).

De igual forma, si la corriente pasa de un elemento P a un elemento N, los electrones pasan del elemento N al P y la unión desprende calor (cara caliente).

De esta justificación podemos asegurar que basta con que la corriente cambie de sentido para que las uniones que enfriaban pasen a calentar, y al revés. (Ver figura 2).

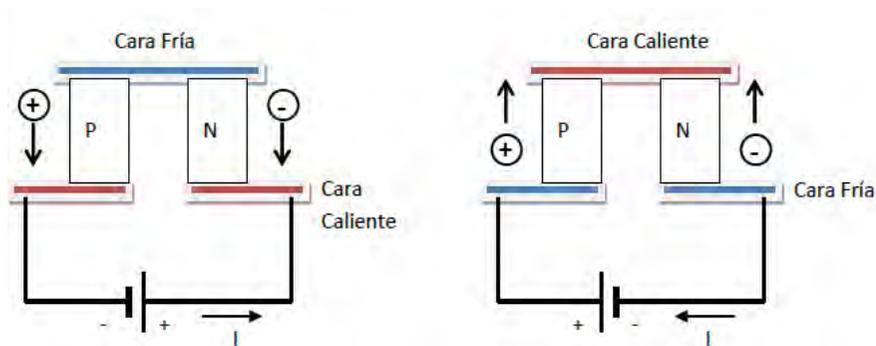
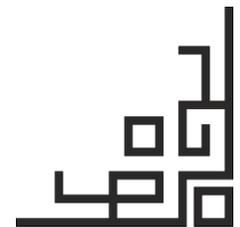


Figura 2.- Fenómeno que se origina según la orientación de la corriente, <http://upcommons.upc.edu/>. Consultado Mayo 2015.



II. El relato de la ontología creativa

¿Por qué surge nuestro modelo de investigación y experimentación?, En la actualidad la energía requerida para un edificio es mayor, por la necesidad de sustentar equipos eléctricos necesarios para las actividades y servicios del espacio, es por esta necesidad que cada vez es más importante que consideremos el uso de energías alternativas sustentables.¹⁴

Esta investigación tiene como misión la creación de un componente constructivo con características termoeléctricas aplicadas en vidrio.

Para esto se produjo un componente termoeléctrico que deberá integrarse a la edificación de manera que se parte de la envolvente sin afectar las cuestiones estructurales del mismo convirtiendo al inmueble en un generador de energía limpia. El objetivo es que a partir del correcto desarrollo de nuestra propuesta y solucionando cada uno de los detalles de desempeño del panel de vidrio, se logre que los edificios contribuyan con la generación de energía alternativa.

El mercado al cual se pretende introducir es al de la construcción y al catálogo de las energías renovables. Los propósitos que se persiguen son la generación de energía con base en la temperatura producida por el sol y la temperatura interna de la edificación, Ésta deberá actuar por diferencial de temperatura dentro y fuera del inmueble para la cosecha de energía.

El propósito ideal es alcanzar un resultado eficiente del material capaz de generar la energía suficiente para potencializar el ahorro energético de la edificación, ¿de qué manera?, si logramos captar y canalizar esta energía podríamos ayudar a reducir el gasto energético que llamaremos exterior, esto se refiere al adquirido por cuestiones de contrato por suministro de una red eléctrica.

Como visión se pretende que este material sea un componente en la construcción para un sistema de envolventes capaz de generar energía por temperatura natural, convirtiendo al material en un componente indispensable para la generación de energía en la construcción y la reducción del gasto energético exterior.

Para esto fue requerido el estudio de efectos físicos ya antes mencionados en el capítulo anterior, los cuales permitieron que esto se llevara a cabo con su correcta integración en el prototipo de investigación.

Ahora bien, Al utilizar la temperatura dentro y fuera del edificio, producida por los aparatos eléctricos, la radiación solar, los usuarios y la suma de distintos factores generadores de calor, ¿podríamos generar energía necesaria para utilizarla directamente en el inmueble?

¿Tenemos idea de cuál es el futuro que deseamos brindarle a nuestras futuras generaciones?

¹⁴ McHarg, Ian L (2000), *Proyectar con la naturaleza*, Ed. Gustavo Gili México.

Si hacemos una *prospectiva* de los problemas que pueden solucionarse con modelos como el que se propone en la investigación, indirectamente se podrían resolver problemas de salud humana asociados a la contaminación provocadas por la utilización de energías no renovables, se desacelerará el proceso de degradación en el hábitat y se logrará la regeneración de especies animales y vegetales, no tenemos idea hasta qué punto un pequeño cambio puede hacer la diferencia.

Pero una cosa sí es seguro, si no intervenimos a tiempo con las ideas y modelos que pretendan reunificar, aclarar y solucionar los problemas futuros.

Lo único que se les espera para nuestros hijos son adversidades ambientales producidas por el consumo indiscriminado de contaminantes atmosféricos, el cambio climático no es el punto principal de nuestra investigación, sin embargo, formó parte del punto central a intervenir con esta propuesta.

A través de la gestión energética se detectan oportunidades de mejora en aspectos relacionados con la calidad y seguridad del sistema energético, logrando que los usuarios conozcan el sistema.

Una recomendación: Identifiquen los puntos consumidores e implanten mejoras, alcanzando altos niveles de eficiencia energética sin afectar el entorno.¹⁵ (Ver figura 3).



Figura 3.- Suma de factores de gestión de energía, para un mundo sustentable, ©Manuel Alejandro Gutiérrez López.

Suena sencillo en teoría, pero a lo largo de esta investigación nos dimos cuenta que la práctica modifica gradualmente el primer concepto.

Las variables aleatorias y los elementos necesarios para que este modelo además de ser viable, funcionara con éxito son:

1. Temperatura del sitio
2. Ángulo de incidencia solar
3. Consumo energético del edificio
4. Factores climatológicos del lugar de aplicación

¹⁵ Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino (2009). «Inventario de Emisiones a la Atmósfera de España 1990-2007.

La arquitectura sostenible con modelos como a los que se pretende llegar con este proyecto, ofrece solucionar los problemas aquí presentados con un crecimiento que concuerde con nuestro bienestar y supervivencia. Es necesario considerar las posibilidades tecnológicas que tenemos a mano y de esta forma funcionará en cualquier condición.

Gran parte de estos problemas pueden ser evitados con planeación y los arquitectos tecnológicos ciertamente tenemos una gran responsabilidad para dotar a los espacios de instalaciones que permitan el aprovechamiento de la energía obtenida de forma natural y que además sean limpias, con materiales no tóxicos y ambientes sanos.

Para ello es indispensable la innovación tecnológica, el desarrollo técnico científico y la creatividad. Así como agregar a nuestros proyectos, estudios más profundos, con análisis más complejos que abarquen todos los puntos de vista: social, económico y ambiental, para superar el desmedido crecimiento insostenible.

Los materiales termoeléctricos (TE) pueden transformar un gradiente de temperatura en un potencial eléctrico, de forma directa sin ningún tipo de parte móvil, debido al efecto Seebeck.¹⁶

En la actualidad, más de la mitad de la energía usada en los diferentes procesos primarios de conversión de la misma se desperdicia en forma de calor arrojado al medio ambiente.

Por lo tanto, la conversión termoeléctrica constituye una solución alternativa para mejorar la eficiencia de los actuales procesos y equipos, tanto de tipo industrial como personal.

Por otra parte, y dado que los dispositivos termoeléctricos no poseen partes móviles, son dispositivos dotados de una gran fiabilidad, estimándose su vida útil en más de 100000 horas. Así mismo, esta ausencia de movimiento los hace también especialmente silenciosos y ligeros. Por todo ello, hay un gran interés en el campo del desarrollo de nuevos, y más eficientes materiales TE.

Los materiales termoeléctricos clásicos están basados en metales pesados que presentan inconvenientes medioambientales pues se degradan fácilmente a temperaturas modestas en aire. Una posible solución a estos problemas llegó con el relativamente reciente descubrimiento de propiedades TE interesantes en compuestos basados en óxidos de cobalto. En la actualidad, el estudio de estos óxidos se centra en las familias $\text{Ca}_3\text{Co}_4\text{O}_9$, LaCoO_x , y $\text{Bi}_2\text{AE}_2\text{Co}_2\text{O}_x$ (AE: *alcalinotérreo*), entre otras. La estructura cristalina de estos óxidos de cobalto está compuesta por dos capas diferentes que se disponen de forma alternada. Una de ellas, la correspondiente al CoO_2 (tipo CdI_2) con características conductoras, y otra con carácter aislante (tipo NaCl), donde se disponen el resto de los iones. Estas dos subredes presentan los mismos parámetros de red, excepto en la dirección b , lo que le da su carácter inadaptado.

¹⁶ (TE) Materiales termoeléctricos

Las prestaciones TE se suelen evaluar mediante la figura de mérito adimensional $ZT = S^2T/\rho\kappa$ (S: Coeficiente Seebeck, T: Temperatura absoluta, ρ : Resistividad eléctrica, y κ : conductividad térmica). También es muy común utilizar la parte eléctrica de esta expresión, S^2/ρ , que se denomina factor de potencia, (PF)¹⁷, siendo este parámetro el que se ha tomado como referencia para el desarrollo de este trabajo.

El trabajo expuesto en la presente memoria de tesis se plantea en tres grandes bloques. En primer lugar, se estudia el efecto del dopado en la capa conductora o en la capa aislante del compuesto $\text{Ca}_3\text{Co}_4\text{O}_9$, mediante diferentes sustituciones catiónicas. Se ha substituido el Co por Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, y Zn, mientras que el Ca se ha substituido por Mg, Sr, Ba, Y, La, Nd, Sm, Gd, Tb, Dy, Er, Yb, y Lu, con el objeto de optimizar los valores de PF a alta temperatura (800 °C).

En segundo lugar, se ha analizado la influencia de diferentes métodos de síntesis en disolución, Sol-Gel vía nitratos y solución polimérica (polietilenimina), en los valores de PF a altas temperaturas, comparándose con los obtenidos por el método de síntesis por estado sólido.

Finalmente, y de cara a solventar las bajas densidades que se pueden obtener en estos materiales debido a las características inherentes a este material, se ha desarrollado un novedoso proceso de densificación basado en la obtención del material a partir de un fundido mediante técnicas de solidificación direccional, seguidas por los tratamientos térmicos adecuados.

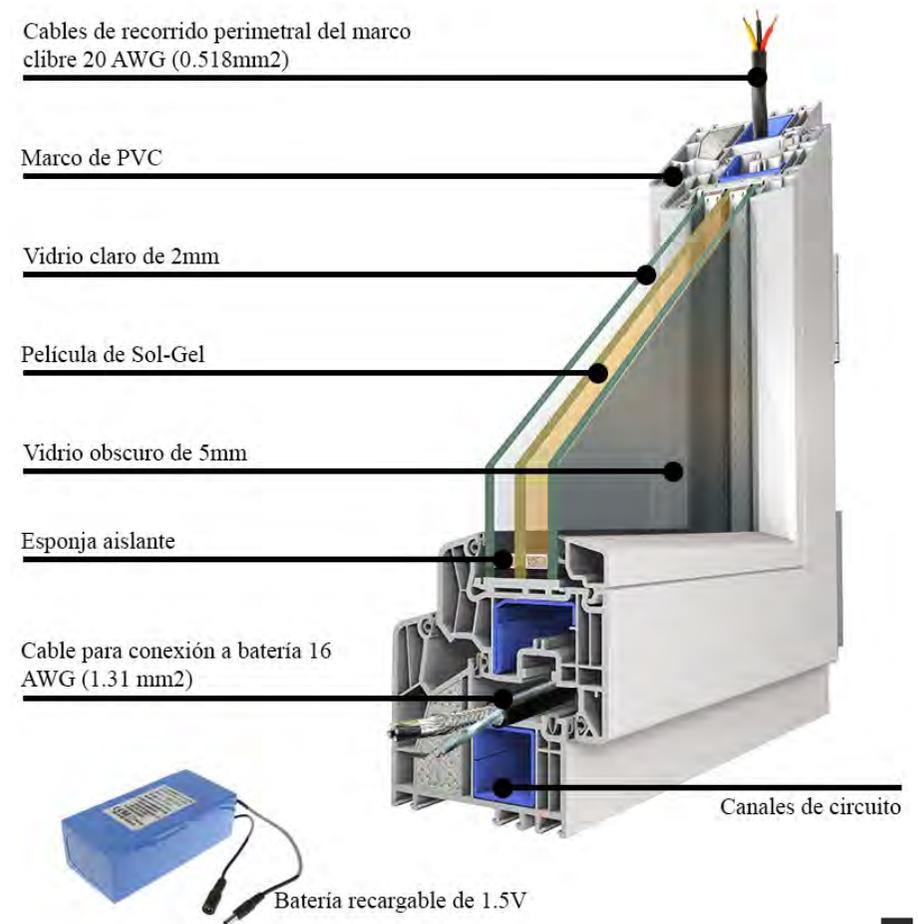
Nota: De este segundo análisis se intentó duplicar la sustancia por medio del proceso Sol-Gel, pero se desistió al observar que el proceso de su creación era demasiado grande en cuestión de tiempo, por lo que se decidió saltar esta etapa y sólo profundizar en los otros dos bloques. Aun así, es importante mostrar lo que se pretendía hacer con este proceso.

¹⁷ Factor de potencia

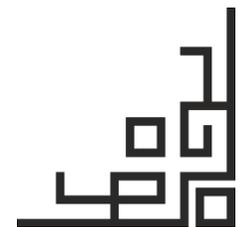
A continuación, se muestra la primera imagen del prototipo del bloque 2 para experimentación, el cual se contempla utilizando dos vidrios y el confinamiento de una película de Sol-Gel¹⁸ y un marco pensado para la captación de la energía por temperatura. Esta estimulación directa al material le producirá un efecto Seebeck con un diferencial de temperatura dentro y fuera de la edificación ya que una cara quedará expuesta directamente al ambiente y la otra a las condiciones dentro de la edificación, esto produce una mayor y mejor reacción para la generación de voltaje eléctrico (Ver figura 4).

El bloque número 3 de esta investigación se basó en la generación de un prototipo capaz de ser desarrollado y probado con condiciones similares al primero en un menor tiempo, pensado para la aplicación de redes conjuntas de metales de Hierro junto con alambre de Nicrom (Cobre y Níquel), Aluminio, Zinc o Estaño. Estos al ser calentados producen una reacción de efecto Seebeck como ya se explicó en el capítulo anterior.

Figura 4.- Prototipo número 2 utilizando una película de Sol-Gel, la cual se activa por temperatura al igual que una placa Peltier. Está confinada entre dos vidrios de 5mm cada uno para la generación de voltaje por estimulación a temperatura, ©Manuel Alejandro Gutiérrez López.



¹⁸ *Modification of $Ca_3Co_4O_9$ thermoelectric performances via processing and doping*, Gabriel Constantinescu, ICMA-Universidad de Zaragoza, 30 Mayo 2014.



II.I. Hipótesis

Los aspectos principales de esta investigación que resultan de nuestro planteamiento de problema antes mencionado nos llevan a desarrollar esta hipótesis nula.¹⁹

“Al producir un material de vidrio con características termoeléctricas aplicado a él envolvente de edificación y al estar en contacto con los diferenciales de temperatura en sus caras, producidos por el interior y exterior de la edificación es posible la generación y cosecha de energía”.

Y como hipótesis alternativa, el siguiente enunciado:

“Si las condiciones son las correctas y si se contrarrestan las variables aleatorias presentadas, la producción de energía con base al panel termoeléctrico de vidrio será capaz de representar un ahorro significativo al gasto eléctrico de la edificación”.

Como justificación consideraremos que es necesaria una intervención adecuada que resuelva las necesidades y problemas que enfrenta actualmente la generación de energía con el desarrollo de un material de vidrio termoeléctrico que elimine los aspectos negativos de la energía alternativa, la producción intermitente y discontinuidad con base en el control y el correcto contraste de variables.

La aportación de este trabajo tendría como resultado la generación de un [Vidrio Termoeléctrico] que utilice como funciones principales:

- a) La generación de energía por reacción y estimulación por temperatura.
- b) Energía eléctrica para la utilización en la edificación donde se esté aplicado el componente.
- c) Control de la gestión, de manera que la unificación de todos los aspectos para su funcionamiento, produzca un sistema.
- d) *Interfaz*, que nos indique de manera gráfica y precisa el rendimiento del mismo e incluso un registro que pueda leerse directamente en sitio o mediante lectores que nos permitan interactuar con nuestro modelo ya que actualmente, no existe manera de regular la actividad y, por ende, no se tiene control sobre su producción.

El objetivo general es establecer mediante este proceso de investigación, un prototipo generador de energía con base a vidrio aplicado a envolvente de edificación. Es decir, estudiar las posibilidades de uso de un material o componente como éste y formular estrategias que articulen las políticas energéticas con la promoción social, la satisfacción de las necesidades básicas y el desarrollo sostenible con el uso de la Domótica, aprovechar la temperatura dentro y fuera del inmueble y concentrarla dentro de un sólo modelo integral de vidrio y a su vez reducir considerablemente el impacto ambiental produciendo energía “sostenible” al crear un ciclo que retroalimente la utilización de temperatura.

¹⁹ Acosta Esparza Daniel, (1978), UIA “Técnicas en la investigación”, Ed. Trillas, México.

El conseguir su eficiente aplicación y desarrollar esta tecnología puede desembocar en la generación de energía competitiva con las correspondientes ventajas medioambientales propias de una fuente renovable y respetuosa con el medio ambiente.

El objetivo particular es la creación de un prototipo de panel de vidrio el cual producirá energía limpia para el edificio por temperatura, convirtiéndolo en un componente alternativo más en la cosecha de energía a partir de su uso para la construcción. Los objetivos específicos son los siguientes:

1. Demostrar la capacidad de generación de energía eléctrica.
2. Demostrar su utilidad en la aplicación constructiva y estructural del elemento.
3. Demostrar que el material no es dañino.
4. Analizar el ciclo de vida del material.
5. Diseñar la forma del material.

Como meta se pretende lograr que la aplicación de este material sea necesaria para la construcción y diseño de edificaciones sustentables en el mundo con el correcto funcionamiento del material en la generación de energía por medio de temperatura.

III. La posibilidad de una idea

Tomando modelos base en la investigación, se pretende desarrollar por medio de experimentación la integración de tecnología sol-gel en vidrio, que como se mostró en la primera parte de este capítulo fue descartada dado el tiempo para su producción o por medio del uso de la combinación de metales con uniones bimetálicas utilizando las reacciones provocadas al calentar dos metales como son Hierro con una combinación de Zinc, Nicrom (Cobre-Níquel), Estaño o Aluminio.²⁰

Las materias primas y materiales a utilizar para el desarrollo del material dependieron de los resultados arrojados por la experimentación utilizando los siguientes efectos físicos: Peltier, Seebeck y Thomson para la generación de energía con base a la estimulación por diferenciales de temperatura.

Los objetos de estudio fueron los siguientes: efectos físicos que se produjeron sobre el material y de los resultados arrojados por la experimentación utilizando efecto Peltier, Seebeck o Thomson para diferenciales de temperatura. Estos fueron tomados como base para que se produjeran los primeros prototipos y con base a sus resultados se logró determinar el diseño adecuado con mayor desempeño.

La mayor fortaleza de este panel es que ayudará en la generación alternativa de energía por efecto natural. Es posible la creación integral del componente ya que no representa imposible su producción y existen análogos de estudio.

La principal amenaza de esta investigación fueron sus variabilidades climatológicas, en primer lugar y la intermitencia en la obtención de datos en el proceso de experimentación. Las posibles debilidades de este material es que se necesitarían altos diferenciales de temperatura adecuados a las condiciones del entorno, los cuales afectarán concretamente a la estimulación y reacción del componente.

La solución y estrategia es contrarrestar estos efectos, que actúan en el material por condiciones climatológicas del entorno, utilizando efectos físicos del análisis de la experimentación para potencializarlos por lo tanto la propuesta para el experimento es la siguiente.

El probar cuál de los componentes moleculares propuestos para el material se comportan mejor a temperatura y determinar cuáles de ellos produce mayor cantidad de reacción eléctrica con: Película Sol-Gel, Silver alúmina, dióxido de circonio o óxido de zinc (cerámicas avanzadas).²¹

²⁰ Onoda, G.Y. and Hench, L.L, (1979), Ceramic Processing Before Firing Wiley & Sons, New York.

²¹ Gupta R, Chaudhury NK; Chaudhury (2007). "Entrapment of biomolecules in sol-gel matrix for applications in biosensors: problems and future prospects". Biosens Bioelectron 22 (11): 2387-99

Podríamos pensar que, si se produce un vidrio con características termoeléctricas aplicado a envolventes de edificación, entonces podremos generar energía suficiente para mantener un edificio por medios naturales.

Con base en las pruebas de laboratorio y experimentación en el Instituto de Física con condiciones controladas y reguladas y un segundo modelo en la Unidad de Posgrado con condiciones normales ambientales, tendríamos los siguientes objetivos a probar:

1. Qué componente era el adecuado; Silver alúmina, dióxido de circonio o zinc, estos se pusieron a prueba en condiciones térmicas de alto impacto, sobre reguladores de temperatura en el Instituto de Física de la UNAM y de condiciones normales ambientales en la Unidad de Posgrado.
2. Se midió su nivel de reacción y estimulación por excitación a temperatura.
3. Se determinó cuál de los componentes de estudio tiene una mayor producción y actividad eléctrica por temperatura.
4. Se diseñó la forma física del material para su mayor captación de temperatura.
5. Se calculó su reacción a temperatura solar.
6. Se midió su reacción a condiciones normales.

Una vez obtenidos estos datos primero se le integró a una película de plástico (Mica), produciendo un duplicado de película Sol-Gel y se probaron sus reacciones. Posteriormente se integró a un vidrio.²²

²² Dubbs D. M, Aksay I.A.; Aksay (2000). "Self-Assembled Ceramics". *Ann. Rev. Phys. Chem.* 51: 601–22

La Tecnología como el estudio de los principios básicos de la técnica, combina a la ingeniería y las ciencias sociales, así como consideraciones filosóficas que buscan resolver los problemas y aspectos de la mecanización en la que los actores humanos y artefactos técnicos para sistemas socio-técnicos se combinan. Ésta analiza las condiciones y consecuencias del uso de la tecnología, así como los patrones del curso de desarrollo técnico.

El hombre hoy ante la tecnología, junto con el desarrollo del arte para la creación de productos tecnológicos es responsable sobre el análisis del impacto. Los profesionales; ingenieros y Tecnólogos encargados de la investigación, desarrollo y producción, siempre orbitan alrededor del mismo tema, apenas difiere su filosofía entre lo que la tecnología aporta a la humanidad, es por este sentido que la tecnología se vuelve un campo interdisciplinario cuya reflexión es desarrollar una comprensión global de la tecnología.

Esta se integra igualmente al campo de las humanidades y las ciencias sociales como estilo de pensamiento técnico o científico. La filosofía social de la tecnología. Por otro lado, ésta es siempre la base de una investigación de Ingeniería Arquitectónica en general y la enseñanza de la tecnología, así que una vez sistematizada científicamente esta reflexión, se puede entender cuáles son efectivamente los aspectos en los que influye en la sociedad y en el industrial moderno -convertido desde hace tiempo en una realidad socio cultural en la simbiosis del hombre y la tecnología.²³

²³ Nicole C. Karafyllis (2014), *Das Leben führen? Lebensführung zwischen Technikphilosophie und Lebensphilosophie*. 1ª ed. Berlin.

El conocimiento científico es claro y preciso: sus problemas son distintos. El conocimiento ordinario, en cambio, usualmente es vago e inexacto. En la vida diaria nos preocupamos poco por definiciones precisas, descripciones exactas, o mediciones afinadas; si éstas nos preocuparan demasiado, no lograríamos marchar al paso de la vida.

*“La ciencia torna impreciso lo que el sentido común conoce de manera nebulosa; pero, desde luego la ciencia es mucho más que sentido común organizado: aunque proviene del sentido común, la ciencia constituye una rebelión contra su vaguedad y superficialidad”.*²⁴

Así pues, se llega a la conclusión de que es necesario diseñar estrategias que controlen política e industrialmente las innovaciones tecnológicas, que éstas, sean el reflejo de decisiones conscientes al servicio de valores sociales, culturales, ambientales, y no sólo políticos y económicos; la tecnología debe brindar un beneficio bastante amplio para toda la humanidad y no sólo para un grupo determinado de ella.

La tecnología y la ciencia son dos elementos colaborativos donde existen muchas definiciones; cada uno responde al otro o viceversa, pero algo que si puede ser claro es que el producto tecnológico propuesto en esta tesis es una respuesta a la teoría científica que es planteada.

Estas tecnologías se basan en el uso y aplicación de los recursos (materiales, humano y técnicas) disponibles que, en el momento de ser utilizadas, que eviten gastos innecesarios y que vayan en contra del intercambio transregional y transnacional de recursos extraños al sitio que originen abandono del lugar, contaminación ambiental y social.

En este caso se estudiará la energía térmica o calorífica que es la parte de energía interna de un sistema termodinámico en equilibrio que es proporcional a su temperatura absoluta y se incrementa o disminuye por transferencia de energía, generalmente en forma de calor o trabajo, en procesos termodinámicos. A nivel microscópico y en el marco de la Teoría cinética, la energía térmica es el total de la energía cinética media presente como el resultado de los movimientos aleatorios de átomos y moléculas o agitación térmica que desaparecen en el cero absoluto.

Existen antecedentes de productos utilizados en el diseño industrial que se relacionan con el tema. Actualmente existen relojes que utilizan una tecnología similar obteniendo la temperatura del cuerpo humano y transfiriéndola por medio de la pulsera cargada con pequeños vidrios compuestos a un colector que a su vez alimenta al reloj.

²⁴ Mario Bunge (1997). *“La ciencia. Su método y su filosofía”* 2ª ed. Buenos Aires, pág.14

La gestión de modelos alternativos y sustentables nos obliga a analizar las posibilidades de utilizar y participar en la creación de un nuevo *paradigma*. Uno que nos conduzca hacia acciones coherentes sobre intereses básicos y lograr trascender en una convivencia sana y armoniosa en nuestro medio ambiente con base en la arquitectura.

La idea de este vidrio contempla la siguiente relación conforme a el tipo de termopar elegido:

$$V_{AB} = \alpha_{xy}(T_c - T_f)$$

Dónde:

V_{AB} : Voltaje de salida en (V)

α_{xy} : Coeficiente de Seebeck entre los dos materiales, X e Y, expresado en (V/°K)

T_c, T_f : Temperatura caliente y fría de las uniones expresadas en (°K)

$$\alpha_{xy} = \frac{\partial V_{AB}}{\partial T}$$

Este descubrimiento se ha aprovechado para la fabricación de sensores de temperatura (también conocidos como termopares). Manteniendo una de las dos soldaduras entre los dos materiales a una temperatura controlada y relativamente fría; y utilizando el otro punto de unión de los materiales como detector de la temperatura de interés, creamos una diferencia de potencial medible entre los puntos A y B en relación con la diferencia de temperatura entre las uniones de los dos materiales (Ver tabla 1).

Tipo termopar	Metales	Rango temperatura
B 	+ Platino – 30% Rodio - Platino – 6% Rodio	0 ÷ 1700 °C
C 	+ Tungsteno – 5% Renio - Tungsteno – 26% Renio	0 ÷ 2320 °C
E 	+ Níquel – Cromo - Cobre – Níquel	-200 ÷ 900 °C
J 	+ Hierro - Cobre – Níquel	0 ÷ 750 °C
K 	+ Níquel – Cromo - Níquel – Aluminio	-200 ÷ 1250 °C
N 	+ Níquel – 14,2% Cromo – 1,4% Silicio - Níquel – 4,4% Silicio – 0,1% Magnesio	-200 ÷ 1250 °C
R 	+ Platino – 13% Rodio - Platino	0 ÷ 1450 °C
S 	+ Platino – 10% Rodio - Platino	0 ÷ 1450 °C
T 	+ Cobre - Cobre – Níquel	-200 ÷ 350 °C

Tabla 1.- Prototipo para experimentación utiliza una red de termopar tipo “T”, porque es la más sensible respecto a la temperatura, <http://www.sistematismos.com/>. Consultado Enero 2015.

Tipo E (Cromo / Constantán (aleación de Cu-Ni)): No son magnéticos y gracias a su sensibilidad, son ideales para el uso en bajas temperaturas, en el ámbito criogénico. Tienen una sensibilidad de $68 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$.

Tipo J (Hierro / Constantán): debido a su limitado rango, el tipo J es menos popular que el K. Son ideales para usar en viejos equipos que no aceptan el uso de termopares más modernos. El tipo J no puede usarse a temperaturas superiores a 760°C ya que una abrupta transformación magnética causa una descalibración permanente. Tienen un rango de -40°C a $+750^\circ\text{C}$ y una sensibilidad de $\sim 52 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$. Es afectado por la corrosión.

Tipo K (Cromo (Ni-Cr) Chromel / Aluminio (aleación de Ni -Al) Alumel): con una amplia variedad de aplicaciones, está disponible a un bajo costo y en una variedad de sondas. Tienen un rango de temperatura de -200°C a $+1.372^\circ\text{C}$ y una sensibilidad $41 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$ aprox. Posee buena resistencia a la oxidación.

Tipo T (Cobre / Constantán (aleación de Cu-Ni)). Es el más estable para temperaturas criogénicas y $12.5 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$.

Tiene un rango de -200°C a $+350^\circ\text{C}$. Tiene un comportamiento excelente (baja tolerancia) en su rango de temperatura.

Tipo N (Nicrosil (Ni-Cr-Si / Nisil (Ni-Si)): es adecuado para mediciones de alta temperatura gracias a su elevada estabilidad y resistencia a la oxidación de altas temperaturas, y no necesita del platino utilizado en los tipos B, R y S que son más caros.

Por otro lado, los termopares tipo B, R y S son los más estables, pero debido a su baja sensibilidad ($10 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$ aprox.) generalmente son usados para medir altas temperaturas (superiores a 300°C).

Tipo R (Platino (Pt)-Rodio (Rh)): adecuados para la medición de temperaturas de hasta 1.300°C . Su baja sensibilidad ($10 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$) y su elevado precio quitan su atractivo.

Tipo S (Platino / Rodio): ideales para mediciones de altas temperaturas hasta los 1.300°C , pero su baja sensibilidad ($10 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$) y su elevado precio lo convierten en un instrumento no adecuado para el uso general. Debido a su elevada estabilidad, el tipo S es utilizado para la calibración universal del punto de fusión del oro ($1064,43^\circ\text{C}$). El termopar es el sensor de temperatura más utilizado comercialmente ya que se puede utilizar en amplios intervalos de temperatura, son muy robustos, tienen una buena exactitud (si no se quieren medir variaciones muy pequeñas), una rápida respuesta y un bajo coste.

Tipo B (Platino (Pt)-Rodio (Rh)): son adecuados para la medición de altas temperaturas superiores a 1.800°C . El tipo B por lo general presentan el mismo resultado a 0°C y 42°C debido a su curva de temperatura/voltaje.

Entonces un pre calculo para las posibilidades de esta red nos indica lo siguiente con respecto al voltaje de salida posible considerando una temperatura de 40°C en su cara caliente y 22°C en su cara fría, utilizando alambre de Nicrom:

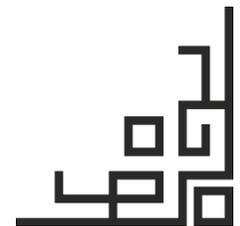
$$V_{AB} = 0.0125V/^{\circ}C (40^{\circ}C - 22^{\circ}C)$$

$$V_{AB} = 0.0125V/^{\circ}C \times 18^{\circ}C = 0.225V$$

El voltaje de salida corresponde a 0.225V utilizando una red de Nicrom, esta es una aproximación y previsualización del resultado que podremos encontrar en el prototipo antes de su experimentación y prueba.



“La suma de las buenas ideas hará posible convertir a la Arquitectura en una unidad independiente para la generación de su propia energía.”



IV. La razón de “Posible vs Imposible”

En la ciencia de materiales, el proceso de Sol-Gel es un método para la producción de materiales sólidos a partir de moléculas pequeñas. En la actualidad existen procesos nanotecnológicos capaces de adaptar y modificar materiales con las características propuestas en esta investigación, lo que se entiende como una manufactura posible de la idea. El problema con esto es que simplemente el costo de preparación para la realización de un proceso tan especializado, corre fuera del alcance en lo económico o al plazo de tiempo límite, pero cabe sellarlo una vez más: cualquier posibilidad de realización de una idea similar, se debe visualizar desde un punto de vista científico. Se señala un ejemplo: el método que se utiliza para la fabricación de óxidos metálicos, especialmente los óxidos de silicio y titanio, son un proceso que implica la conversión de los monómeros en una solución coloidal (Sol) que actúa como el precursor para una red integrada (o Gel) de cualquiera de partículas discretas o polímeros de la red; los precursores típicos son alcóxidos metálicos. La fabricación y manipulación de estos procesos requieren una mano totalmente especializada, por lo que fue necesario abandonar la idea de insertar en nuestro panel de vidrio termoeléctrico una solución de tipo Sol-Gel.

En Corea del Sur se ha desarrollado un dispositivo de pulsera que con base a la temperatura del cuerpo proporciona suficiente energía para hacer funcionar un reloj y muy pronto también podría dar vida a nuestros dispositivos electrónicos.

Con el tiempo, este tipo de tecnología también se serviría de la potencia generada por nuestros automóviles, fábricas o medios de transporte colectivo, así que será mucho más fácil que en un futuro consumamos nuestra propia energía “casera”.

El equipo de investigadores de la empresa KAIST ha sido el encargado de transformar el reto en una realidad desarrollando este generador termoeléctrico. Éste es considerablemente ligero y flexible, así como compatible con la piel humana, por lo que no resulta incómodo de llevar.

En estos momentos los grandes mercados tecnológicos están buscando soluciones a las dificultades con las que, con toda seguridad, nos encontraremos en el momento en el que ya hagamos uso generalizado de nuestras próximas tecnologías “inteligentes”. Por el momento, el inconveniente para su comercialización es principalmente debido a la batería y su tamaño. Por eso hay tanto interés en emplear sistemas alternativos de energía solar o corporal que faciliten su funcionamiento a través de generadores.

La pulsera que se ha mencionado antes, está hecha con fibras de vidrio entrelazadas entre sí con el objetivo formar una lámina muy fina (para ser adherida a la piel). Ésta aprovecha la diferencia de temperatura entre el calor generado por nuestro cuerpo y el aire de alrededor de 17 grados centígrados, con lo que puede llegar a producir en torno a 40 mili vatios de potencia eléctrica utilizando tecnología Sol-Gel.

La energía es un bien escaso y se hace necesario buscar nuevas alternativas para alimentar los dispositivos electrónicos. Una de las posibilidades es utilizar la temperatura de nuestro entorno para producir electricidad gracias al efecto Seebeck, algo que recientemente se ha conseguido demostrar en el (CES)²⁵ 2013. En el mes de enero se ha celebrado en las Vegas el CES 2013, el evento más importante de los grandes fabricantes de dispositivos móviles, televisores y dispositivos electrónicos en general. En el CES se han presentado las tendencias que, a partir de ahora, irán impregnando las estrategias de las compañías tecnológicas y que serán llamadas a revolucionar el mundo de la tecnología y la electrónica de consumo.

La tecnología TegWear no es otra cosa más que una pequeña célula capaz de extraer energía eléctrica del calor que emite nuestro cuerpo. La tecnología no es nada nueva y se basa en el efecto Seebeck, un principio opuesto al Efecto Peltier por el que la diferencia de temperatura entre dos materiales se traduce en una diferencia de potencial que genera corriente eléctrica. En este caso, la corriente es generada por la diferencia entre la temperatura de nuestro cuerpo y la temperatura ambiental. Perpetua ha mostrado su chip alimentando un reloj digital de pulsera. Utilizando este análogo podemos determinar que el uso es factible en nuestro tema de investigación al utilizar este mismo efecto para alimentar dispositivos con mayores necesidades energéticas como las de un edificio entero.

²⁵ La feria Consumer Electronic Show

¿A que nos referimos como tecnología Sol-Gel?, En este procedimiento químico, el "Sol" (o solución) evoluciona gradualmente hacia la formación de un sistema bifásico similar al gel que contiene tanto una fase líquida y fase sólida cuyas morfologías varían de partículas discretas a redes poliméricas continuas.²⁶

En el caso del *coloide*, la fracción de volumen de partículas (o densidad de la partícula) puede ser tan baja que puede necesitar una cantidad significativa de fluido al ser retirado inicialmente para las propiedades de tipo Gel.

Lo anterior se puede lograr en cualquier número de maneras. El método más simple es para dar tiempo a que se produzca la sedimentación y a continuación verter el líquido restante. La centrifugación también se puede utilizar para acelerar el proceso de separación de fases. La eliminación de la fase restante líquido (disolvente) requiere un proceso de secado, que normalmente se acompaña de una cantidad significativa de la contracción y la densificación. La velocidad a la cual el disolvente se puede retirar se determina en última instancia por la distribución de la porosidad en el gel. La microestructura final del componente último claramente se verá fuertemente influenciada por los cambios impuestos a la plantilla estructural durante esta fase de procesamiento.

²⁶ Rosa-Fox, N. de la; Pinero, M.; Esquivias, L. (2002): Organic-Inorganic Hybrid Materials from Sologels. 2002.

Después, un tratamiento térmico o proceso de cocción, es a menudo necesario para favorecer aún más la poli condensación y mejorar las propiedades mecánicas y estabilidad estructural a través de la *sinterización* final, densificación y crecimiento de grano. Una de las ventajas del uso de esta metodología, en contraposición a las técnicas de procesamiento más tradicional, es que la densificación se realiza generalmente a una temperatura mucho más baja.²⁷

El proceso de Sol-Gel es una técnica de húmedo-químico utilizado para la fabricación de ambos materiales vítreos y cerámicos. En este proceso, el sol (o solución) evoluciona gradualmente hacia la formación de una red de tipo gel que contiene tanto una fase líquida y una fase sólida. Los precursores típicos son alcóxidos metálicos y cloruros de metal, que se someten a reacciones de *hidrólisis* y policondensación para formar un *coloide*. La estructura básica o la morfología de la fase sólida pueden variar desde partículas coloidales discretos a las redes de polímero de cadena, como continuas.²⁸

Bajo ciertas condiciones químicas (típicamente en soles catalizadas por ácido), las fuerzas entre partículas tienen la fuerza suficiente para causar la agregación y/o *floculación* considerable antes de su crecimiento.

La formación de una red continua más abierta de los polímeros de baja densidad exhibe ciertas ventajas con respecto a las propiedades físicas en la formación de cristales de alta rendimiento y vidrio/componentes cerámicos en 2 y 3 dimensiones.²⁹

El tratamiento térmico posterior (cocción) se puede realizar con el fin de favorecer aún más policondensación y mejorar las propiedades mecánicas. La viscosidad de un sol ajustado en un rango adecuado, tanto de fibra de vidrio de calidad óptica y la fibra cerámica refractaria se pueden extraer, se utiliza para sensores de fibra óptica y aislamiento térmico, respectivamente. Además, polvos cerámicos uniformes de una amplia gama de composición química pueden ser formados por la precipitación.

²⁷ Brinker, C.J.; G.W. Scherer (1990). Sol-Gel Science: The Physics and Chemistry of Sol-Gel Processing. Academic Press.

²⁸ Klein, L.C. and Garvey, G.J (1980), "Kinetics of the Sol-Gel Transition" Journal of Non-Crystalline Solids, Vol. 38, p.45.

²⁹ Sakka, S. (1982), "The Sol-Gel Transition: Formation of Glass Fibers & Thin Films", J. Non-Crystalline Solids, Vol. 48, p.3.

V. El concepto en la Arquitectura

La eficiencia energética es una de las principales metas de la arquitectura sustentable, aunque no la única. Los arquitectos utilizan diversas técnicas para reducir las necesidades energéticas de edificios mediante el ahorro de energía y para aumentar su capacidad de capturar la energía del sol o de generar su propia energía. Entre estas estrategias de diseño sustentable se encuentran: la calefacción solar activa y pasiva, el calentamiento solar de agua activo o pasivo, la generación eléctrica solar, la acumulación freática o la calefacción geotérmica, y más recientemente, la incorporación en los edificios de generadores eólicos. Las consideraciones especificadas se refieren tanto a aspectos concernientes a los materiales utilizados, tecnologías utilizadas para obtener una mayor eficiencia energética de la vivienda y las técnicas de construcción.

El impacto ambiental del diseño *edilicio*, su construcción y operación son enormes. Como ejemplo, los edificios en los Estados Unidos son responsables del 39% de las emisiones de CO₂, del 40% del consumo de energía primaria, el 13% del consumo de agua potable y el 15% de PBI por año.³⁰

La producción de energías alternativas en edificios considera las energías alternativas en la arquitectura que implican el uso de dispositivos solares activos, tales como paneles fotovoltaicos o generadores eólicos que ayudan a proporcionar electricidad sustentable para cualquier uso.

Si los techos tendrán pendientes hay que tratar de ubicarlos hacia el mediodía solar con una pendiente tal que optimice la captación de la energía solar a fin que los paneles fotovoltaicos generen con la eficacia máxima. Para conocer la pendiente óptima del panel fotovoltaico en invierno (cuando el día es más corto y la radiación solar más débil) hay que restar al valor de la latitud del lugar el ángulo de la altura del sol. La altura del astro la obtendremos de una carta solar. Se han construido edificios que incluso se mueven a través del día para seguir al sol. Los generadores eólicos se están utilizando cada vez más en zonas donde la velocidad del viento es suficiente con tamaños menores a 8 m de diámetro.

Los sistemas de calefacción solar activos mediante agua cubren total o parcialmente las necesidades de calefacción a lo largo del año de una manera sustentable. Los edificios que utilizan una combinación de estos métodos alcanzan la meta más alta que consiste en una demanda de energía cero y en la década de los 80 del siglo XX, se denominaban autosuficientes.

Una nueva tendencia consiste en generar energía y venderla a la red, para lo cual es necesario contar con legislación específica, políticas de promoción de las energías renovables y programas de subsidios estatales. De esta forma se evitan los costos excesivos que representan los sistemas de acumulación de energía en edificios. Uno de los ejemplos más notables es la *Academia de Mont-Cenis* en Alemania de los arquitectos Jourda & Perroudin inaugurado en 1999.³¹

³⁰ Prólogo del Estándar 189.1-2009 ANSI/ASHRAE/USGBC/IES. Atlanta, EEUU.

³¹ Jones, D.L.(2002) *Arquitectura y entorno. El diseño de la construcción bioclimática*. Edit Blume. Barcelona.

Otras formas de generación de energía basadas en fuentes renovables son la energía solar térmica (para calefacción, agua caliente sanitaria y aire acondicionado), biomasa o incluso la geotérmica. Lo ideal para garantizar el suministro energético durante todo el año, bajo condiciones climáticas y ambientales cambiantes, es combinar las diferentes fuentes.

Es posible una arquitectura de rascacielos que respete el medio ambiente y sobre todo que sea sostenible, como es el caso de la arquitectura vertical. Se produciría a partir de los propios recursos del edificio, los cuales serían áreas como todo tipo de departamentos y establecimientos, pero con autosuficiencia con energía renovable y no contaminante. ¿Qué pasaría si logramos que nuestro panel aplicado a los envolventes arquitectónicos logre su cometido y que además, tenga el más mínimo impacto ambiental, si lográramos que cada cambio por insignificante que parezca al usar materiales como éste se sumen a al entorno, terminando con la monotonía de un simple vidrio?

La arquitectura verde no se refiere sólo a la implantación de vegetales y plantas en construcciones y edificaciones urbanas, como se ha considerado tradicionalmente, sino también a la dedicación de técnicas basadas en la sostenibilidad y energías renovables. El término verde no sólo es el de las plantas, sino el color de todo un movimiento a favor cuidar el medio ambiente y por tanto nuestra vida, nuestro planeta.

La Teoría de la Arquitectura nunca ha estado más alejada de la realidad de la Práctica de la Arquitectura. **Ernesto Ocampo Ruiz** tutor de esta investigación y maestro, expone algunos de los riesgos que corre actualmente la disciplina ante el problema evidente de la formación de arquitectos con carencias tecnológicas.

En un coloquio cuyo tema principal es evaluar la presencia o visibilidad de la Teoría de la Arquitectura entre los miembros de nuestra disciplina y en la realización tecnológica de su obra desarrollada, un simple ensayo presentado ante ustedes sólo puede pretender ser, como lo define Montaner, una exploración libre, abierta e inacabada, no exhaustiva ni especializada, que busca no agotar el tema, sino que pretende abrir en ustedes más preguntas que ofrecer respuestas.³²

Después de esta referencia aclaratoria, abordando directamente nuestro tema, debemos preguntarnos primero:

- ¿Sí está presente o visible entre nuestros egresados la Teoría de la Arquitectura?
- ¿Es para ellos un conocimiento útil y práctico que puedan aplicar en su quehacer profesional cotidiano?
- ¿Qué relación existe o ha existido entre la Teoría y la Tecnología de la arquitectura?
- ¿La teoría de la arquitectura facilita al arquitecto el aprendizaje de la tecnología?

³² Josep María Montaner, *Op Cit.*, p.10

En su origen, el término teoría de la arquitectura fue simplemente interpretado a partir de la traducción aceptada por consenso del latín *raciocinatio* tal como fue expresado por Vitruvio para diferenciar y separar al conocimiento intelectual del conocimiento práctico en la educación de la arquitectura. En la actualidad la práctica profesional del arquitecto es evidentemente tecnológica, y por ello cada día más compleja.³³

En la actualidad la práctica profesional del arquitecto es evidentemente tecnológica, y cada día por ello más compleja. Esta histórica disociación analítica del fenómeno arquitectónico ha fomentado, enfatizado y delimitado accidentalmente el campo de acción de lo teórico en los exclusivos terrenos de lo abstracto hasta nuestros días, dejando en segundo plano generalmente la importancia del análisis profundo de la *praxis* en cada uno de los tratados, manifiestos, ensayos críticos y comentarios presentados durante la evolución histórica de la teoría de la arquitectura. Algo paradójico realmente si consideramos que la mayoría de los Diez Libros de Arquitectura escritos por Vitruvio fueron enfocados como Tratados de Construcción.

Simplemente el ideal de esta investigación sería poder mirar en unos años la aplicación de este panel en las edificaciones. Su intervención en la construcción podría ser un beneficio para nuestro bienestar futuro y el patrimonio que queremos heredar a nuestros hijos. La Arquitectura es una ciencia y como tal es pertinente hablar de los riesgos que pueden presentarse al no actuar correctamente y con un análisis matemático, físico y químico del daño que una simple construcción puede generar al medio ambiente.

La idea de esta investigación es que, al crear un tipo de sistema con características termoeléctricas, aplicado a la edificación, se convierta en un generador, una válvula de producción de energía limpia para su desarrollo y sus necesidades.

Alguna vez en la preparatoria, tuve la oportunidad de leer un pequeño libro llamado “El oro solar y otras fuentes de energía”³⁴, la comprensión de algunos conceptos de los cuales hablaba Juan Tonda Mazón, formaron parte de mi formación. Siempre consideré que el que cada uno de los aspectos en los que interviene la generación de energía alternativa se ven relacionados en la Arquitectura directa e indirectamente, no es una coincidencia, sino una realidad, ya que la arquitectura es para todos y en cualquier civilización es el punto principal de su desarrollo y evolución.

³³ “La Teórica es la que sabe explicar y demostrar con sutileza y leyes de proporción, las obras ejecutadas”, Marco Vitruvio Polión, *Los Diez Libros de Arquitectura*, Capítulo Primero, *De la esencia de la Arquitectura, e instituciones de los arquitectos*, Párrafo Primero.

³⁴ Juan Tonda.(2003) *El oro solar y otras fuentes de energía*. Edit Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. Ciudad de México.

VI. Antecedentes

Los análogos revisados a lo largo de la investigación tomaron en cuenta a la revista de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio, quien publica originales e inéditos documentos en forma de artículos de revisión, artículos y notas técnicas, de contenido científico o técnico, relacionados con la cerámica y el vidrio en las áreas de importancia para la investigación como:

- Arte y Diseño.
- Ciencia Básica.
- **Electro cerámico.**
- Materias Primas.
- Medioambiente.
- Refractarios y Vidrios comerciales.

El Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio es una revista editada por la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio. La revista aparece indizada desde 1998 en las bases de datos.³⁵

Su visión a futuro como mostro la Comisión Internacional del Vidrio (ICG) que organizó un encuentro de expertos en Brig, Suiza, en marzo de 2008 para discutir acerca del futuro del vidrio. El Workshop “Materiales futuros y avanzados y tecnologías para el año 2020”, fue financiado por la UE a través del proyecto EFONGA.³⁶

³⁵ ISI-WoS (Science Citation Index, SCI y Journal Citation Reports Science Edition, JCR), como única revista en castellano en esta área, y desde 2007 en Scopus-Elsevier.

³⁶ EFONGA, es una acción de coordinación en el ámbito de la ciencia y la tecnología del vidrio, que tiene por objeto la coordinación de todos los grupos europeos que

Estas investigaciones se celebraron en dos sesiones paralelas que cubrieron una serie importante de temas, bajo los títulos de “Avances en materiales: vidrios, vitrocerámicos, cerámicos” e “Innovaciones en tecnologías de fusión de vidrio: revolución o evolución”.

Tres meses más tarde, en Trencin, Eslovaquia, se celebró la 9ª conferencia de la Sociedad Europea del Vidrio (ESG) junto con la reunión anual de la ICG.

La conferencia no solo trató el estado del arte en ciencia y tecnología del vidrio, sino que abordó las cuestiones clave de futuros desarrollos, aplicaciones y desafíos del sector, prestando especial atención al papel de la ICG.³⁷

Dentro de las investigaciones importantes sobre este tema surgió el análisis de la tesis del Dr. Gabriel Constantinescu quien dice en su tesis doctoral llamada “*Modification of $Ca_3Co_4O_9$ thermoelectric performances vía processing and doping*” de la Universidad de Zaragoza, 30 mayo 2014, que los gradientes de temperatura son una opción viable para la generación de energía ya que simplemente se encuentran naturalmente.

trabajan en la investigación básica y aplicada pre-competitiva. El éxito de este proyecto podría ser la base para el establecimiento de una red de excelencia sobre el vidrio.

³⁷ Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio, Vol. 47, No 6 (2008) Pág.: 366-369

Se ha demostrado con base a otros dispositivos y materiales, que la utilización y generación de estos es posible, la termoeléctrica ha encontrado algunas aplicaciones comerciales muy especializadas. Además de generar electricidad, puede hacer lo contrario. Se puede usar la corriente eléctrica para mover el calor en las neveras portátiles y en los calentadores de asiento de coches por mencionar sólo algunos ejemplos.

Existe un dispositivo que actúa dentro de un escape de un vehículo, éste funciona mejor a temperaturas elevadas, a unos 650 °C., que es la temperatura aproximada a la que salen los gases del tubo de escape de un coche que circule a unos 100 kilómetros por hora (Ver figura 5).



Figura 5.- Generador termoeléctrico en escape de automóvil, <http://www.diariomotor.com/>. Consultado Febrero 2015.

A esa temperatura, el material podría convertir un 20 por ciento de la energía que sale del tubo en electricidad. Esa energía se podría usar, por ejemplo, para cargar la batería en un vehículo híbrido o reducir la carga del alternador del coche y mejorar el consumo de combustible alimentando su coche con calor residual. Esto podría ser lo suficientemente eficiente como para que los generadores termoeléctricos resulten prácticos para la aplicación en unidades mecánicas. Un principio físico que debemos de entender es que un material termoeléctrico impide que el calor fluya a través de él, pero permite que los electrones sí lo hagan, creando así una corriente eléctrica. Un ejemplo son los compuestos que generan este efecto por efecto Seebeck con la utilización de celdas Peltier. (Ver figura 6).



Figura 6.- Las botas Power Wellies recargan el móvil con la termoelectricidad generada por el calor de los pies, <http://www.lomasmovil.net/>. Consultado Enero 2015.

El nuevo material es bueno bloqueando el calor gracias a que usa interrupciones o fronteras microscópicas dentro del mismo. A pequeña escala, los investigadores añadieron impurezas al material que interrumpen su estructura cristalina regular a la escala de átomos individuales. Para interrupciones a una escala ligeramente más grande, añadieron trozos a nanoescala de un material parecido, cada uno de ellos de dos a diez nanómetros de anchura. Finalmente, controlando cómo cristaliza el material al enfriar, crearon granos microscópicos que tienen unos cientos de nanómetros de anchura.

Antes, distintos grupos de investigadores habían logrado cada una de estas cosas por separado. “Somos los primeros en unirlo todo”, afirma Mercuri Kanatzidis, el profesor de química de la Universidad Northwestern (EE.UU.) que ha dirigido el trabajo. (Ver figura 7).



Figura 7.- Estos materiales, que generan electricidad a partir de cambios de temperatura, cuentan con aplicaciones que permiten un mayor aprovechamiento de los recursos energéticos, <http://www.mundo-tecnia.com/>. Consultado Enero 2015.

Una clave para que el material funcionara era asegurarse de que las interrupciones no bloquearan también el flujo de electrones; a mayor flujo de estos electrones mayor es la excitación que a su vez producirá energía. Los investigadores lo han logrado añadiendo impurezas al material que aumentan el número de electrones en el mismo y escogiendo nanoestructuras que se orientan automáticamente en el material más grande de tal forma que se genera un camino claro para el flujo de electrones.

John Fairbanks, gestor de desarrollo de tecnologías en el Departamento de Energía de Estados Unidos, afirma que el nuevo material es “un gran avance”, pero avisa de que comercializarlo podría ser un reto. Un dispositivo termoeléctrico necesita versiones tanto positivas como negativas del material (tipos p y n, por sus siglas en inglés). El nuevo material solo es de tipo positivo, así que aún necesita su pareja, explica. Además, los legisladores en Estados Unidos y la Unión Europea sentirán cierto rechazo a incluir un material basado en el plomo en un vehículo, aunque Fairbanks sostiene que la cantidad del mismo será mucho menor que el que se encuentra en una batería normal.

El material también se podría usar en marcos industriales y plantas eléctricas para capturar el calor que actualmente se disipa.

VII. Formulaciones teóricas

Esta investigación tiene como campo de estudio al sector de la construcción y la edificación al ser uno de los más grandes y de los que necesitan de mayor energía. Por esta razón se tomó como caso de estudio para la aplicación de nuestro prototipo de material para la cual se requerirá de una investigación exhaustiva que empezará a través de la identificación de bibliografía útil para el tema.

El interés por el desarrollo de nuevas tecnologías en las que se pueda aprovechar de mejor manera los recursos con el mínimo impacto ambiental, aplicadas en la construcción, siempre será factible porque la construcción es un campo que seguirá requiriendo de mayores avances tecnológicos para su mejor desarrollo.

El proceso de termoelectricidad sólo ocurre en ciertos materiales, especialmente bien en los semiconductores (los materiales con los que se fabrican los chips). El problema fundamental para crear materiales termoeléctricos eficientes es que necesitan ser muy buenos transmitiendo la electricidad, pero no el calor.

Actualmente, los materiales termoeléctricos tienen un bajo rendimiento energético, sólo un 6 por ciento. Una nueva generación de materiales, en lo que se añade antimonio y plomo al semiconductor de telurio de plomo, produce un material termoeléctrico que es más eficiente en las altas temperaturas que los materiales existentes, alcanzando el 14 por ciento de eficiencia. La meta a largo plazo es alcanzar el 20 por ciento de eficiencia.

La clave para hacerlos más prácticos ha sido crear materiales semiconductores especiales en los cuales se crearon diminutos patrones para alterar el comportamiento de los materiales. Esto puede incluir la incorporación de nano partículas o nano cables en una matriz de otro material. Estas estructuras nanométricas interfieren con el flujo de calor, pero permiten a la electricidad fluir libremente.

La tecnología termoeléctrica actual sólo se usa en campos muy especializados, como la refrigeración de estado sólido, porque los materiales no son muy eficientes. Un ejemplo es el enfriamiento de asientos de automóviles en climas cálidos (Ver figura 8).



Figura 8.- Sistema de enfriamiento por medio de dispositivos termoeléctricos, <http://www.mundo-tecnia.com/>. Consultado Enero 2015.

Los motores de combustión interna actuales sólo aprovechan un 25% de la energía liberada en la combustión. Las células fotovoltaicas tienen un rendimiento máximo de un 15%, Sin embargo, los nuevos materiales permiten ahorros substanciales de energía al poderse fabricar motores más eficientes. Las nuevas células fotovoltaicas híbridas permiten generar energía eléctrica y térmica simultáneamente. Los dispositivos electrónicos también aprovechan el calor radiado en termoelectricidad.

Otro de los usos de estos nuevos materiales podría ser en la conversión del calor desechado de los reactores nucleares, en el enfriamiento de los productos obtenidos de los altos hornos o en la extracción de crudo de las plataformas petrolíferas. A su vez, la compañía Fujitsu ha desarrollado un dispositivo híbrido capaz de generar electricidad utilizando dos fuentes de energía natural simultáneamente: luz y calor.

Esta nueva generación de dispositivos hará posible mantener la producción de energía a todas horas, reemplazando una fuente cuando la otra no esté disponible.

Un mayor conocimiento de los fenómenos implicados en el funcionamiento de los materiales termoeléctricos podría desembocar en el nacimiento de una nueva generación de dispositivos capaces de transformar calor en electricidad.

Así lo establece una investigación desarrollada en el Oak Ridge National Laboratory, que depende del Departamento de Energía estadounidense. El avance se relaciona directamente con el análisis del comportamiento de los neutrones y otras cuestiones inherentes a la dinámica atómica ligada a los procesos de conductividad térmica. Hasta el momento, las incógnitas sobre el origen microscópico del proceso, eran un freno para la obtención de nuevos avances en la materia.

Un vidrio que, aplicado a la construcción cumpla con el acondicionamiento de las características de los materiales termoeléctricos puede hacer a su vez una alternativa más a la producción de energía. Es pertinente pensar que se tiene un camino muy poco explorado, pero su objetivo es prometedor puesto que es posible su producción y desarrollo.

El único inconveniente es la efectividad completa ya que éste debe de adaptarse a las condiciones climatológicas del sitio de instalación, tras la ejecución de la experimentación que más adelante hablaremos y sobre el análisis de sus resultados podremos darnos cuenta de cuál es y dónde están los lugares donde la aplicación tendría un mejor funcionamiento y rendimiento.

VIII. Sustentabilidad Arquitectónica con el desarrollo de materiales y componentes

Para conocer y saber cómo influye la sustentabilidad en la educación, particularmente en la educación de la ciencia y el arte de hacer arquitectura, es necesario conocer el problema principal de la arquitectura: el *proyecto centrado en el diseño*, en el *diseño sustentable* particularmente.

En el campo de la arquitectura, como sucede en muchas otras áreas, la sustentabilidad está involucrada tanto en los aspectos más generales del quehacer arquitectónico (el proyecto y el diseño) como en los asuntos vinculados con costos e impacto ambiental y social.

Las principales subdisciplinas en las cuales se apoya el arquitecto para crear se refieren a cuestiones técnicas de teoría, historia, diseño, tecnología, economía, gestión y, también, sustentabilidad (este último es tan importante como los demás); aspectos que, en conjunto, hacen integral la arquitectura.

Antes de iniciar el tema sobre arquitectura sustentable, es preciso exponer cómo los arquitectos, constructores, urbanizadores, promotores inmobiliarios y otros afines conciben la sustentabilidad.

Sustentabilidad es la actividad, realizada en cualquier área o campo, que permite satisfacer las necesidades actuales sin comprometer o sacrificar las necesidades de las generaciones futuras.³⁸

Como es posible observar, esta definición expuesta se relaciona directamente con el concepto de desarrollo sustentable en el mundo, pues la mayoría de los países lo han tomado como eje en sus planes y políticas de desarrollo, las cuales también incluyen, por cierto, aspectos de educación ambiental. En este sentido, "El Desarrollo Sustentable es la manera en que los grupos humanos de población cubren sus necesidades de vida, progreso y evolución, respetando a la naturaleza y conservando los recursos naturales, económicos y humanos para las futuras generaciones".³⁹

Por otro lado, las *prácticas sustentables* son aquellas actividades complementarias que se realizan en cualquier proceso de producción (incluida la arquitectura) en las cuales se toman en cuenta las premisas de sustentabilidad.⁴⁰

³⁸ Instituto de Recursos Naturales (1992), *A Guide to the Global Environment*, Canadá, Toronto University Press.

³⁹ Wilson, Alex (1998), *Rocky Mountain Institute, Green Development: Integrating Ecology and Real State*, Nueva York, John Wiley and Sons.

⁴⁰ Mchar, Ian (1997), *Design with Nature* (25° aniversario de la edición), Nueva York, John Wiley and Sons.

En arquitectura y construcción, las principales premisas que dan lugar a las prácticas sustentables son las siguientes:

- De sustentabilidad social (ejemplo de práctica sustentable: mejorar la calidad de vida de los usuarios mediante una arquitectura para los más desprotegidos).
- Económica (ahorro de recursos financieros mediante el ahorro de energías, impacto al ambiente, etcétera).
- Cultural (proveer espacios culturales afines con la protección del medio ambiente).
- De servicios y equipamiento (mejorar los servicios, como la dotación de agua).
- Espacios abiertos y urbanidad (mejorar el confort ambiental en las ciudades).
- Geológica (proteger los suelos, puesto que son parte del sistema ambiental).
- Hidrológica (proteger el agua).
- Climática (mejorar las condiciones del clima, a partir de una revisión macro y micro).
- Energética (ahorrar y aumentar los recursos energéticos, renovables y no renovables).
- Tecno-científica (mediante nuevas investigaciones en torno al medio ambiente, promover cambios relacionados con nuevas tecnologías y nuevos conocimientos para tales fines).

Partiendo de estas premisas enlistadas, los arquitectos y constructores

contribuimos al desarrollo sustentable al hacer ecológicos y sustentables nuestros proyectos, y al utilizar, además, una herramienta fundamental para llevar a cabo dichas prácticas: el *diseño sustentable* en arquitectura y edificación.⁴¹

Para entender mejor este concepto de diseño sustentable en arquitectura, debemos mencionar antes en qué consiste la *arquitectura sustentable*. La Arquitectura sustentable es la creación de espacios habitables, tanto a partir del diseño como de la edificación, en donde se aplican los criterios y premisas del desarrollo sustentable, por lo que en ésta contempla los recursos naturales, económicos y humanos que se manejan de forma tal que se reducen el daño ambiental, los gastos energéticos y el consumo de agua; lo anterior permite, en consecuencia, que se logre un mejoramiento del confort al interior del edificio y, asimismo, que se respete el entorno inmediato, es decir, el sitio o lugar de edificación.

El diseño sustentable es la herramienta para crear proyectos que ayuden a la disminución del impacto ambiental por efecto de la construcción y de la urbanización, al ahorro de los recursos naturales, al mejoramiento del confort, en el interior y el exterior de los edificios, y a la contribución al desarrollo sustentable en la región.

⁴¹ Dattner, Richard (1991), *Caring for the Earth*, Suiza, IUCN/UNEP/WWF, vol. 34.

Por lo expuesto, es conveniente definir en qué consiste dicha herramienta, la cual describiré a continuación.

El diseño sustentable en arquitectura y edificación es un *proceso de creación* en el que se manejan criterios de arquitectura sustentable: reducción de gastos en los recursos empleados, reducción de contaminación del suelo, del agua y del aire, mejoramiento del confort interno y externo del edificio (preferentemente de manera pasiva), ahorro económico y financiero en el proceso constructivo, reducción de los desperdicios derivados de todo el ciclo de vida del edificio (diseño, construcción, uso, mantenimiento y fin del inmueble) y mejoramiento de la tecnología que da servicio en los edificios, como aparatos, máquinas y otros dispositivos tanto mecánicos como eléctricos.⁴²

El diseño sustentable de proyectos de arquitectura también tiene un proceso particular, éste se especifica a continuación:

- Prediseño. Se realizan las primeras trazas y consideraciones del diseño general. Es parte de la primera etapa del ciclo de vida del edificio.
- Fase de anteproyecto. Son estudios y planos que se hacen de los primeros bosquejos de la fase preliminar de diseño; cuentan con un trazado ordenado e incluyen los elementos básicos de un proyecto. También forma parte de la primera etapa del ciclo de vida del edificio.

⁴² Givoni, Baruch (1997), *Climate Consideration in Buildings and Urban Designs*, Nueva York, John Wiley and Sons.

- Desarrollo del diseño. Se define el diseño detallado y ejecutivo del proyecto. Forma parte de la segunda etapa del ciclo de vida de los edificios.
- Documentos y estudios para la construcción. En esta fase se realiza el resto de los documentos, estudios y planos para el diseño sustentable del proyecto (estos, sin embargo, nos sirven mucho para la etapa de construcción).
- Fase de construcción. Esta fase concluye el proceso de diseño del proyecto al ejecutarse la obra, de acuerdo con los estudios realizados en las cuatro fases anteriores. Esta etapa pertenece a la segunda parte del ciclo de vida del edificio.

A continuación, se muestran las *recomendaciones básicas* de diseño sustentable en edificios, lo cual puede resultar de ayuda para cuidar los recursos naturales, conservar el medio ambiente y hacer más confortable, duradero y funcional el proyecto o edificio:

1. El proyecto debe marcar la pauta para seleccionar el equipo de trabajo (arquitectos, ingenieros, biólogos, químicos, etcétera).
2. Se deben priorizar los temas que integren la implementación de edificación sustentable de acuerdo con las etapas del ciclo de vida del edificio.⁴³
3. Realizar estudios de manejo sustentable de los principales factores dentro del edificio: energía, agua, suelo, materiales de construcción, aire y confort del edificio.

⁴³ Thompson, William (2000), *Sustainable Landscape Construction*, Washington D.C., Island Press.

4. Programar y diseñar los espacios arquitectónicos necesarios de manera sistémica.
5. Asegurar el funcionamiento de las instalaciones y de los equipos especiales.
6. Estas son las recomendaciones generales de diseño; existen otras más detalladas en el proyecto, las cuales son expuestas de manera particular.

Estas últimas, a su vez, funcionan dentro del diseño sustentable de manera sistémica y abordan los siguientes aspectos de diseño: manejo y control del sitio del proyecto; manejo y control de la energía en el proyecto; manejo y control del agua en los edificios; manejo, aplicación y control de los materiales y desechos constructivos dentro del proyecto; manejo y control del confort en el interior del edificio.

El correcto control y el manejo de dichos aspectos hacen sustentable el proyecto; por consiguiente, esto se debe tomar en cuenta en la enseñanza de la arquitectura y, asimismo, en la tarea propia del arquitecto de la actualidad.

44

Por lo tanto, con base en el proceso de diseño y en las recomendaciones o lineamientos de diseño sustentable en edificación, es posible generar un plan de diseño sustentable en el proyecto, que abarque los siguientes aspectos:

- Selección del sitio (orientación, impacto ambiental, radio acción, etcétera).
- Manejo y ahorro de la energía usada en el edificio (energía pasiva y activa).
- Manejo y control del consumo de agua en el edificio (reciclamiento, reuso, captación de agua de lluvia, tratamiento, etcétera).
- Diseño y control del confort interno del edificio (térmico, acústico, por olores, por efectos visuales, vibraciones, etcétera).
- Manejo apropiado de los materiales que intervienen en la edificación (propiedades y características, reciclamiento, reuso, durabilidad, etcétera).
- Manejo y reducción de los desechos del edificio (procesamiento, reuso, reciclamiento, manejo y control de residuos).

⁴⁴ Wilson, Alex (1998), *Rocky Mountain Institute, Green Development: Integrating Ecology and Real State*, Nueva York, John Wiley and Sons.

Cabe señalar que durante el proceso de diseño del proyecto podemos y debemos prever, con suma atención, los problemas vinculados con el impacto ambiental que causará el edificio en todo su ciclo de vida. Por tal motivo, es necesario que el proceso de diseño se lleve a cabo lo mejor posible, considerando que la utilización de un material termoeléctrico en la edificación cumpla con estas condiciones para no convertirse en insostenible.

El ciclo de vida de los edificios es el periodo que abarca desde que un edificio es concebido e imaginado en su etapa de pre diseño y diseño, pasando la etapa de construcción, ocupación, operación y mantenimiento, hasta el fin de su vida útil como reuso, reciclamiento, demolición o deconstrucción del inmueble.

El análisis del ciclo de vida de cualquier producto, en particular el de un edificio, permite determinar las fases en que se desarrolla; así como, en cuánto tiempo está estimada su duración, fabricación o producción, y su costo; además de precisar la cantidad de recursos materiales, financieros, técnicos y humanos que se requerirán para su elaboración. Es muy útil este análisis porque así es posible saber también cómo y cuánto impacta al medio ambiente, qué recursos naturales son los más utilizados durante el proceso de producción y qué se puede hacer para solventar y mitigar los problemas de impacto y de gasto de recursos.

Es posible concluir que la sustentabilidad es un aspecto de gran interés e importancia para todos los ámbitos del conocimiento y para las diversas actividades humanas, puesto que forma parte de las políticas de desarrollo de cualquier país o región.

En la arquitectura, tanto en la manera de enseñanza como en la forma de aplicarla a la vida diaria del arquitecto, los criterios ecológicos y de diseño sustentable ya no son más una moda sino una necesidad que es preciso aplicar e implementar en los distintos modelos.

Estos criterios y modelos de diseño sustentable en arquitectura trabajan necesariamente de manera sistémica, lo cual hace más versátil y funcional cada aspecto que se trate, tanto en el proceso de enseñanza como en el quehacer del arquitecto.

VIII.I. Convergencia entre tecnología y Arquitectura

La arquitectura contemporánea es afectada por cambios en la tecnología. Los arquitectos integran la tecnología para un mejor funcionamiento, pueden ver cómo quedará un edificio y pueden corregir fallas en la estructura sin necesidad de esperar a que se empiece a construir o consultar un estudio del impacto que este tendrá, gracias al uso de herramientas y conceptos ecológicos.

En la historia de la arquitectura, los procedimientos constructivos y los materiales de construcción han determinado en mucho las características formales y funcionales resultantes de cada edificio.

Los sistemas constructivos descubiertos y los materiales disponibles en cada región y época influyeron en las soluciones ofrecidas en cada tendencia o estilo.

Los griegos hicieron del mármol blanco su material predilecto y crearon procesos constructivos para explotarlo. Los romanos necesitaron una rápida expansión de su cultura a lo largo de su imperio, e inventaron el concreto para producir múltiples templos rápidamente.

Nuestro siglo se ha distinguido con creaciones arquitectónicas ideadas con materiales que en su mayor parte se han desarrollado y descubierto en los últimos doscientos años.

En la actualidad, estos materiales han sido ya explotados al máximo mediante la creación de innumerables procedimientos edificatorios que fueron inventados por sus constructores y han permitido generar las formas singulares que distinguen a la arquitectura del siglo XXI.

La arquitectura y la ciudad deben concebirse en un diálogo con el clima, la geografía y las características socioculturales, económicas y tecnológicas del país, ya que sus efectos se reflejarán de todas maneras en la calidad y estándar de confort del espacio habitable, el uso eficiente de la energía, y, consecuentemente, el impacto ambiental.

En tanto en materia ambiental, la tendencia mundial exige normas y patrones que responden a políticas energéticas cada vez más restrictivas, con lo que se persigue una disminución de las emisiones de gases contaminantes del planeta.

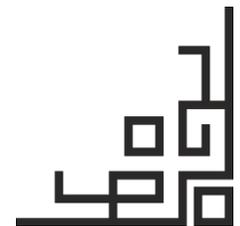
A pesar de ese esfuerzo normativo y de gestión, se hace imprescindible una respuesta y acción orientadas a, si no evitar, al menos paliar los efectos nocivos de agentes como la energía solar.

Cualquier arquitecto o diseñador que proyecte un hábitat o intervenga uno, deberá considerar las condiciones de la contribución de luz solar para proponer espacios sustentables en cuanto a ahorro energético, y eficientes en cuanto a sus prestaciones.

Los arquitectos de hoy deben hacerse cargo de proyectar los espacios considerando una ecuación armónica entre luz solar/luz artificial, y así aportar al ahorro de electricidad en virtud de una optimización de la iluminación natural de los recintos en lugar del derroche energético generalizado en el país.

La arquitectura del siglo XXI, trae consigo un mundo de diseños, en ocasiones toma como modelo a la naturaleza y usualmente está encaminada a reducir la contaminación del ambiente, utilizando para ello a la tecnología.

Ahora veamos algunos ejemplos de estas enormes obras arquitectónicas que se están construyendo o que están en proyecto y algunas tecnologías que aportan nuevos diseños a la arquitectura del siglo XXI y que a su vez buscan proteger al planeta.



VIII.II. Sistemas constructivos con base en vidrio

El vidrio es un material ampliamente utilizado en arquitectura para maximizar la entrada de luz y conseguir un efecto ligero, luminoso, fluido y etéreo. Como material, el vidrio es un sólido resultante de la fusión a altas temperaturas de diferentes silicatos de sodio (arcillas) y óxidos metálicos secos pulverizados o granulados.

Este fluido de alta viscosidad permite ser moldeado y manipulado para someterse después a un controlado enfriamiento paulatino que asegure el resultado final.

Las propiedades principales del vidrio son la transparencia, el brillo y la resistencia química. Es antibacteriano, reciclable y económicamente rentable, además de contar con unas propiedades estéticas indudables.

No obstante, su fragilidad ante los golpes y el rayado hace que se haya sometido a lo largo del tiempo a diversos procesos de mejora, bien sea de sus propiedades mecánicas (como los vidrios templados o de seguridad altamente resistentes a los golpes), bien sea de su apariencia estética, como los tratamientos de vidrio al ácido u otros procesos que *matifican* la superficie en mayor o menor grado, permitiendo una mayor o menor entrada de luz y/o mayor privacidad.

También a nivel de color se ha conseguido grandes avances. En una gama que va desde el más común de ellos, el vidrio incoloro, obtenido mediante la decoloración en fusión (ya que el vidrio posee un color verde por naturaleza) a los vidrios coloreados en toda la gama cromática.

Además, sobre él pueden aplicarse algunas técnicas decorativas como el grabado por chorro de arena o la serigrafía que multiplican sus opciones constructivas.

Aunque hay muchos tipos de vidrios hay muchos y puede resultar confuso establecer una tipología, sí podemos describir algunos de los tipos de vidrio más empleados en construcción por sus variables condiciones térmicas y mecánicas. Veamos algunos de ellos:

Vidrio Templado: se conoce como tal al tipo de vidrio de seguridad sometido a un proceso de templado durante su fabricación, calentando los vidrios a una temperatura un poco más baja que la de ablandamiento y luego enfriándolos bruscamente mediante chorros de aire frío por su superficie. Este proceso que aumenta su resistencia ante esfuerzos térmicos o mecánicos y tiene como resultado ante un posible impacto la desintegración del vidrio en pequeños fragmentos de aristas redondeadas, sin astillarse.

Vidrio Laminado: se conoce así al vidrio formado por dos lunas unidas entre sí por una lámina vinílica de total transparencia y adherencia conocida como *butiral de polvillo*, que aporta una alta resistencia al impacto, adhiriéndose a ella los fragmentos de vidrio en caso de rotura reduciendo considerablemente cualquier posible daño.

Vidrio Flotante: resulta de un proceso de fundido y posterior flotación de la masa de vidrio en un baño de estaño en el que se expande uniformemente creando una placa perfectamente lista y brillante. Se aplica para la fabricación de vidrios de 4 mm y sus características de uniformidad hacen su uso muy frecuente en la construcción.

Vidrio Doble: se conoce así al vidrio formado por dos o más lunas dejando entre medias una cámara de aire que proporciona estanqueidad térmica y acústica.

Vidrio Armado: este tipo de vidrio incorpora una malla metálica en su interior que le aporta resistencia ante las tensiones de un golpe manteniendo unidos los fragmentos a la malla, por ello es considerado como un vidrio de seguridad.

Vidrio Moldeado: se conoce así a las piezas obtenidas a partir del prensado de masa de vidrio fundido cuyo resultado puede ser macizo o hueco y de característica translucidez que dificulta la visión, pero permite el paso de la luz empleándose en la creación de paramentos y superficies verticales.

Vidrio Serigrafiado: Tratamiento decorativo que consiste en aplicar sobre una de las caras del vidrio una serie de esmaltes vitrificables para posteriormente someter al vidrio a un proceso de templado en horno que fusiona el esmalte con el vidrio de una única superficie.

Vidrio tintado: vidrio coloreado para reducir los efectos de la radiación solar (infrarroja y ultravioleta), se obtiene mediante la incorporación de agentes colorantes (óxidos metálicos, hierro, cobalto, selenio) a la mezcla fundida.

Vidrio Grabado al Chorro de Arena: Vidrio sometido a un tratamiento de grabado al ácido o al chorro de arena que difumina la visión y el paso de la luz a través del mismo. También se le denomina vidrio grabado al ácido, vidrio deslustrado, vidrio mateado o vidrio translúcido.

Vidrio Cortafuego: Vidrio específico resistente al fuego cuyo objetivo es detener la propagación del mismo y permitir una evacuación segura del edificio.

Vidrio polarizado: Vidrio sometido a un tratamiento de polarizado que reduce un 80% el calor generado por la radiación solar, filtra el 99% de los rayos UV y puede ofrecer un efecto “Espejado” que preserve la intimidad en el interior durante el día ofreciendo un efecto espejo de cara al exterior.

Vidrio anti reflectante: es aquél que posee un tratamiento en ambas caras que le permite lograr una textura superficial que disminuye la reflexión de la luz sin distorsionar los colores.

Con la revolución industrial, la aparición de nuevas estructuras de hierro y acero permitieron un uso más amplio del vidrio más allá de los usos comunes en vanos sobre muros de carga. Coincidiendo con una mejora de su calidad, el vidrio comenzó a emplearse en la construcción de fachadas ligeras y cubiertas redefiniendo la relación del vidrio con el entorno que se había dado hasta entonces.⁴⁵

En exteriores, el empleo del vidrio destaca en fachadas ligeras a partir de la fijación de perfiles metálicos al muro exterior del edificio sobre los cuales se superpone un revestimiento de tipo laminar o en planchas, generando una cámara de aire entre el muro o fachada base y el aplacado externo empleado o nueva fachada ventilada actuando de protección contra los agentes externos.

La fijación del vidrio en este tipo de fachada se resuelve mediante el uso de grapas de aluminio y adhesivo específico (Ver figura 9).

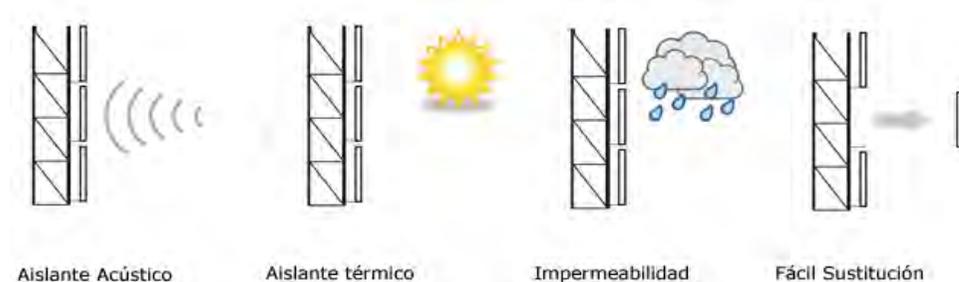


Figura 9.- Cualidades del vidrio aplicado en la edificación.

Para la correcta aplicación de estos materiales a la edificación también existen elementos de fijación que son responsables de la adaptación correcta a la estructura con los sistemas siguiente:

Muro cortina: Sistema aplicado a edificios de pequeña a mediana envergadura, instalado frente a losas. Proporciona un completo cierre de la obra gruesa, dando un aspecto de modernidad al entorno.

1. Primero se instala la estructura soportante, y posteriormente se instalan los vidrios y sellos correspondientes.
2. Esta modalidad permite la instalación en construcciones en que las medidas de cada paño de vidrio son diferentes entre sí.
3. Se aplica principalmente a edificios de pequeña a mediana envergadura.

Cinta ventana: Sistema, instalado entre losas. Permite un rápido cierre de recintos, puesto que cada piso es independiente entre sí. Se puede prescindir de la aplicación de cortafuegos entre losas, ya que no hay contacto entre dos recintos.

1. Instalación de módulos con la estructura de aluminio y el cristal previamente unidos.
2. Esta modalidad obliga a que cada módulo sea igual a otro, de manera de permitir una fabricación en serie.

⁴⁵ El vidrio en la arquitectura: Juego de transparencias <http://e-struc.com/2014/12/15/el-vidrio-en-la-arquitectura>

Sistema Spider: Sistema en donde el soporte es provisto por conectores de estabilización como tensores, costillas de vidrio o pilares de acero, que se ubican adosados a la superficie de vidrio mediante herrajes estructurales llamados arañas.

1. Instalación de módulos con la estructura de aluminio y el cristal previamente unidos.
2. Esta modalidad utiliza herrajes tipo araña para su colocación en el envoltorio de la edificación, de manera de permitir un montaje continuo.

Fachada ventilada: Sistema de acristalamiento en doble piel sobre un muro cortina instalado, con ventajas como: control de temperatura del edificio, Modernizar la Fachada sin protección la piel interior del edificio de los agentes externos, con la posibilidad de hacer fachadas decorativas con cristal templado impreso.

1. Instalación del cristal previamente unido.
2. Con manera para subir, bajar o mover de tal forma que este pueda dejar fluir el aire al interior.

Sobre cada una de estas variantes es posible la aplicación del compuesto desarrollado en esta investigación ya que no afecta las propiedades mecánicas y de desarrollo para la aplicación en el envoltorio.

La característica arquitectónica ecléctica de finales de siglo es de la tipología del edificio cada vez más subordinada a la función. Se desarrolla simultáneamente a finales del siglo una corriente de mayor fuerza que busca mostrar en la edificación el avance tecnológico del proceso industrial con materiales más ligeros, y supone una arquitectura totalmente nueva que provocará una ruptura radical con las técnicas constructivas anteriores.

Incluso en muchos de los edificios coexisten estas dos características de la arquitectura del XIX: formas historicistas encierran estructuras audaces elaboradas con materiales nuevos. Las novedades están vinculadas al progreso técnico derivado de la revolución Industrial:

- Nuevos materiales: hierro, hormigón y vidrio.
- Nuevas técnicas constructivas: remachado, soldado, moldeado (ensamblaje de elementos a pie de obra).

Estas responden a las necesidades de una sociedad nueva, la sociedad urbana e industrial, con problemas pendientes de resolver: viviendas, saneamiento, comunicación y abastecimiento. La población aumenta de forma notable en el siglo XIX y con ella las vías férreas, los puentes colgantes, las fábricas, los mercados, etc.

Para satisfacer esta demanda es necesario construir edificios más altos y amplios, y de forma más barata y rápida.

La solución para lograrlo es el empleo de nuevos materiales: el hierro y el vidrio, lo que influye no sólo en la técnica constructiva, sino también en las nuevas formas arquitectónicas.

Ya a finales del siglo XVIII surgen las primeras obras construidas en hierro colado o fundido. Pero es en el siglo XIX cuando estos materiales triunfan en el mercado.

El empleo del hierro permite levantar edificios más altos y amplios, con estructuras diáfnas y grandes vanos, ya que el muro ha perdido su función sustentante, si consideramos que técnicas como estas fueron adoptadas podemos pensar que el uso de un vidrio termoelectrico que contribuya con la generación de energía para la edificación también es posible.

También se ha empleado en superficies totalmente irregulares de línea orgánica como el gran centro de conferencias y sala de conciertos en Islandia, situado en la frontera entre la tierra y el mar en Reikiavik, fue diseñado para reflejar el cielo, el espacio portuario, así como la animada vida de la ciudad.

Las empresas de ingeniería Ramboll y ArtEngineering de Alemania, utilizaron modelos tridimensionales por ordenador, modelados de elementos finitos, además de técnicas de visualizaciones digitales, mockups y maquetas.

El interior del edificio, que ganó el premio de la Unión Europea de Arquitectura Contemporánea y el Mies van der Rohe 2013, cuenta con un área de entrada y vestíbulos en la parte delantera del edificio, cuatro grandes salas en el centro y una zona de oficinas, administración, sala de ensayos y vestuario en la parte posterior del edificio.

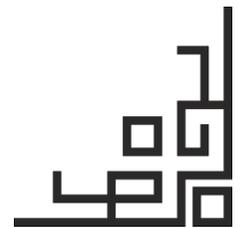
Su fachada está hecha de acero y vidrio en un sistema modular geométrico de 12 lados llamado “quasi-brick”. el proceso de diseño fue hecho por Henning Larsen Architects (Ver figura 10).



Figura 10.- Maleabilidad del vidrio aplicado en la edificación, <http://www.archdaily.com/>. Consultado Mayo 2015.

El vidrio permite formas muy caprichosas mediante diferentes estrategias constructivas como el plegado, donde las planchas van perfiladas en metal generando una estructura volumétrica creando diseños de líneas quebradas, donde una vez más el despiece del vidrio en piezas irregulares sobre estructura metálica permite vistosos resultados arquitectónicos, si a modelos como este logramos fusionar la tecnología que se muestra en esta investigación podríamos lograr la máxima unión entre Arquitectura y sustentabilidad energética.

Sea como fuere, de lo que no hay duda es de las infinitas aplicaciones del vidrio y su amplio empleo en arquitectura, consiguiendo algunas de las construcciones más espectaculares a ojos del ser humano.



VIII.III. Análisis de propiedades y dimensiones apropiadas para su revisión en laboratorio y propuesta estructural del panel de vidrio.

En este apartado se describen una serie de variables que gobiernan el comportamiento de un módulo, así como su análisis de dimensión y forma, para verificar si las condiciones se cumplen con respecto a las propiedades físicas de los materiales ya que algunos no actuaron de forma adecuada o esperada ya sea por cualidades térmicas o porque sus dimensiones salen de proporción para poder ser aplicadas al vidrio termoeléctrico.

Estos análisis fueron necesarios para considerar los vidrios mejor adaptados físicamente para el uso en el panel de los cuales se revisó su resistencia a la torsión esto se define como su capacidad para oponerse a la aplicación de una fuerza que le provoque un giro o dobléz en su sección transversal. Los vidrios en su estado sólido no tienen resistencia a la torsión, en cambio en su estado fundido son como una pasta que acepta un grado de torsión que depende de los elementos que el sean adicionados.

El vidrio tiene una resistencia a la compresión muy alta, su resistencia promedio a la compresión es de 1000 MPa; lo que quiere decir que para romper un cubo de vidrio de 1 cm por lado es necesaria una carga de aproximadamente 10 toneladas. Se analizaron los distintos porcentajes de compresibilidad para los distintos vidrios dependiendo de las temperaturas.

Durante el proceso de fabricación del vidrio comercial, el vidrio va adquiriendo imperfecciones, no visibles, las cuales cuando se les aplica presión acumulan en esfuerzo de tensión en dichos puntos, aumentando al doble la tensión aplicada. Los vidrios generalmente presentan una resistencia a la tensión entre 3000 y 5500 N/cm², aunque pueden llegar a sobrepasar los 70000 N/cm² si el vidrio ha sido especialmente tratado.

La flexión de los vidrios es distinta para cada composición del vidrio. Un vidrio sometido a flexión presenta en una de sus caras esfuerzos de compresión, y en la otra cara presenta esfuerzos de tensión (Ver figura 11).

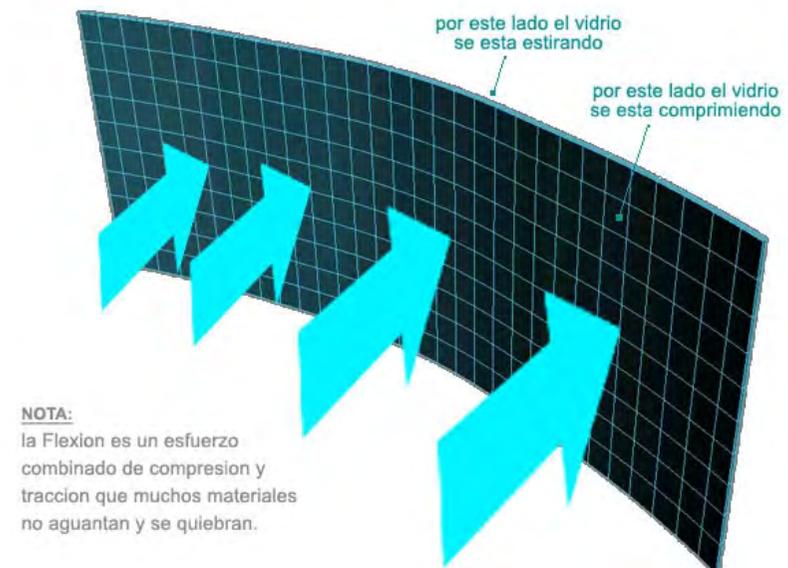


Figura 11. Vidrio sometido a flexión en ASTM E-1300.

La resistencia a la ruptura de flexión es casi de 40 Mpa (N/mm²) para un vidrio pulido y recocido de 120 a 200 Mpa (N/mm²) para un vidrio templado (según el espesor, forma de los bordes y tipos de esfuerzo aplicado). El elevado valor de la resistencia del vidrio templado se debe a que sus caras están situadas fuertemente comprimidas, gracias al tratamiento al que se le somete.

Propiedades eléctricas del vidrio.

Para las propiedades eléctricas se manejan en los vidrios dos medidas especiales las cuales son: la constante dieléctrica y la resistividad eléctrica superficial. La resistividad eléctrica superficial, es la resistencia que presenta el vidrio al paso de la corriente eléctrica, la cual es muy alta en este material, 108 veces más alta que en el cobre, lo cual hace al vidrio muy popular en el diseño de partes y máquinas eléctricas.

La constante dieléctrica es la capacidad de almacenar energía eléctrica, la opacidad y la constante dieléctrica están relacionadas de manera inversamente proporcional, siendo que mientras más transparente sea el vidrio, mayor será su capacidad para almacenar energía.

Calor específico.

Se define como el calor necesario para elevar una unidad de masa de un elemento un grado de temperatura. En los vidrios el calor específico es de 0,150 cal/g °C aproximadamente.

Conductividad térmica.

La conductividad térmica del vidrio es de aproximadamente 0,002 cal/cm seg. °C. Cifra mucho más baja que la conductividad de los metales, no obstante, el vidrio tiene una variable que no se aplica a los demás materiales, la radiación causada por el almacenamiento de luz infrarroja y ultravioleta, la cual es muy variable y puede provocar en ocasiones que el vidrio transmita el calor de manera mucho más efectiva que los metales, es por esto que esta característica es raramente tomada a consideración para el diseño.

Se contemplaron los aspectos de sustentabilidad, la idea de que el desarrollo debe ser sustentable implica el reconocer que los recursos naturales por su naturaleza son limitados y por lo tanto imponen un límite en las actividades socioeconómicas y físicas.⁴⁶

Aspectos Ecológicos.

Que representan el estado natural (físico) de los ecosistemas, los que no deben ser degradados sino mantener sus características principales, las cuales son esenciales para su supervivencia a largo plazo.

Aspectos Económicos.

Debe promoverse una economía productiva auxiliada por el know-how de la infraestructura moderna, la que debe proporcionar los ingresos suficientes para garantizar la continuidad en el manejo sostenible de los recursos.

⁴⁶ Dovers, Stephen, (1990). Sustainability in Context: An Australian Perspective. Environmental Management 14(3):297-305.

Los siguiente es un análisis para la aplicación de nuestro panel de vidrio termoelectrico en edificación donde se muestra las posibles soluciones y las dimensiones que podrían aplicarse en el panel una vez ya industrializado y también para verificar cuales serían los principales problemas que podrían tener los circuitos integrados del panel al ser sometidos a cargas y cuestiones estructurales.

Las cargas que afectan principalmente al elemento vertical son las producidas por el viento, ya que éste estaría sometido a flexión. La fachada ligera es, por la naturaleza de sus materiales y su configuración, autoportante. Como se mencionó anteriormente, los perfiles verticales están fijados a las losas, lo que permite repartir de planta a planta el peso de cada tramo de fachada a la estructura del edificio. La fachada ligera debe soportar, generalmente, su propio peso y también la acción del viento. El efecto de otras cargas es mucho menor y, normalmente, esos esfuerzos no se tienen en cuenta en los cálculos.

El peso propio del perfil, debido a la ligereza del aluminio, es prácticamente despreciable en comparación con las cargas de viento y el peso de los paneles o vidrios intercalados, por lo que el criterio básico de cálculo es el dimensionado en función de la flecha máxima admisible de la estructura de soporte. Se destaca, sin embargo que, en el caso particular de los perfiles horizontales, hay que considerar que el peso del vidrio o panel está concentrado en los puntos concretos donde se colocan las calzas que generalmente son de neopreno.

Los principales casos a estudiar en esta investigación, desde el punto de vista resistente, son los siguientes: los verticales sometidos a flexión y los horizontales sometidos a flexión. Exigencias técnicas en el caso de fachadas integrales, las cargas gravitacionales debidas al peso del cristal se transmiten a los elementos de aluminio por medio de selladores estructurales, de los cuales se hablará más adelante, o por medio de empaques.

Las dimensiones de los elementos de la fachada ligera son muy inferiores a los claros libres de la estructura principal, puesto que vienen fuertemente condicionadas por sus formatos de fabricación (hasta 6m). Esto implica que los apoyos de los perfiles de aluminio deban realizarse en puntos coincidentes con las losas. Se tiene que distinguir entre el cálculo de los manguetes verticales y el cálculo de los horizontales.

El proyectista debe atender en cada caso a dos comprobaciones:

- La resistencia de la sección del perfil: se debe comprobar que la tensión de cálculo de la sección solicitada no sobrepase la tensión máxima admisible del material.

- La flecha máxima admisible: se debe comprobar que la flecha inducida no sobrepase los valores establecidos por las normas de aplicación.

En “Architectural Glazing Technologies” (GACW,2008) se menciona que la deflexión de cualquier miembro, en la dirección normal al plano del muro, sujeta a carga de viento según el código, no debe exceder $L/175$ o $\frac{3}{4}$ ” la que sea menor, cuando son probados de acuerdo a ASTM E330 el límite de deflexión puede ser de una pulgada; en ASTM E-1300 se menciona una deflexión permitida de $L/175$.

En el momento del cálculo, se pueden dar dos situaciones:

1. Calcular la inercia mínima necesaria para los perfiles de la obra, para posteriormente seleccionar aquellos que más convengan.
2. Con el perfil determinado, realizar una simple comprobación.

Los elementos verticales están sometidos principalmente a la acción horizontal del viento, ésta uniformemente repartida en toda su longitud, y a la acción vertical provocada por su peso propio y las cargas de vidrios y paneles.

Para la selección adecuada de un perfil vertical, se parte de tener una deflexión máxima permitida, la cual está limitada en este caso por el cristal.

Ésta deflexión es $L/175$ y con este valor se parte para obtener la inercia requerida del perfil, con la fórmula de deflexión máxima para el caso de un elemento simplemente apoyado y con carga uniformemente repartida que es:

$$\Delta \rightarrow \max = \frac{5 \times w \times l^4}{384 \times E \times I'}$$

De donde se despeja la inercia, o bien, se obtiene la deflexión, si es que se trata de un perfil propuesto. Una vez determinado qué perfiles se van a utilizar, tanto en los elementos verticales como en los horizontales, el refuerzo adicional (si por cálculo se requiere) y el espesor de cristal, ya se pueden definir cuáles son las cargas que se le va a transmitir al anclaje.

En este caso, el anclaje estará sometido a corte doble: por un lado la reacción debida al viento y por el otro la carga de peso propio más el peso del cristal. Estas últimas cargas generan cierta flexión en el elemento de anclaje, efecto que también se estudiará. En el caso de requerirse soldadura, también deberá ser ésta suficiente para soportar los efectos antes mencionados.⁴⁷

Consideraciones para el cálculo del espesor del vidrio, el espesor del vidrio tiene que ser suficiente para soportar adecuadamente la carga prevista y controlar la flecha de la luna durante la aplicación de dicha carga.

⁴⁷ Información técnica sobre los productos de vidrio, consultada en el “Manual del Vidrio” (Saint-Gobain Glass). (Plazola, 2002). El cálculo analítico del espesor del vidrio es un procedimiento que debe ser determinado por el fabricante.

Los datos previos necesarios para poder determinar el espesor del vidrio son los siguientes:

1. El tipo de vidrio que se desea emplear.
2. El emplazamiento, es decir, la situación geográfica del edificio:
 - La altura.
 - La situación climática.
 - La exposición al viento.
3. El tipo de enlace:
 - Placa apoyada en los 4 lados.
 - Placa apoyada en dos lados opuestos.
 - Placa encastrada en un lado.
 - Placa anclada puntualmente.
4. El ángulo de la fachada.

En la práctica, generalmente el cálculo del espesor del vidrio se realiza mediante prueba de modulo, cuando se trata de un cristal apoyado en dos o cuatro lados, ya sea monolítico, laminado o insolado (cristal doble). Este modelo tiene las siguientes limitaciones que puede encontrar para el análisis en mi prototipo de vidrio termoeléctrico:

- A. Diseña sólo espesores nominales de cristal monolítico contenidos en ASTM E-1300, el intervalo va de 2.5 mm a 22mm.
- B. Solo se diseña y revisa piezas rectangulares, teniendo relaciones de aspecto en un intervalo de 1:1 a 1:5. La relación de aspecto es la mayor dimensión de la hoja, dividida entre la menor dimensión de la hoja.

- C. Las resistencias de cristales laminados o de unidades dobles determinadas por este modelo pueden variar de aquellas que determina el ASTM E-1300, dependiendo de los factores que el usuario escoja (Ver figura APD 1).
- D. El usuario asume la responsabilidad por cualquier diseño, al utilizar este programa y debe revisarlo cuidadosamente. El cristal que normalmente se utiliza se puede encontrar en calidad recocida o templada; el primero tiene un esfuerzo a la flexión de ruptura de 190 kg/cm² y un esfuerzo de diseño de 120 kg/cm²; para el caso de cristal templado, el esfuerzo de diseño es de 500 kg/cm² y el esfuerzo de ruptura es de 780 kg/cm². Éste último dato puede variar un poco, dependiendo del templador; en forma general, se pueden utilizar los datos anteriores para definir qué espesor de cristal utilizar.

Una vez definido el perfil que se va a utilizar con o sin refuerzo, se utilizan las cargas máximas para calcular el anclaje. En este caso de la tabla de inercias requeridas, se escoge dicha carga, con la cual se obtiene la carga de tracción que tendría que soportar el anclaje y con el tipo de perfil y su refuerzo si es que aplica, se obtiene la carga vertical que tendría que soportar el anclaje.

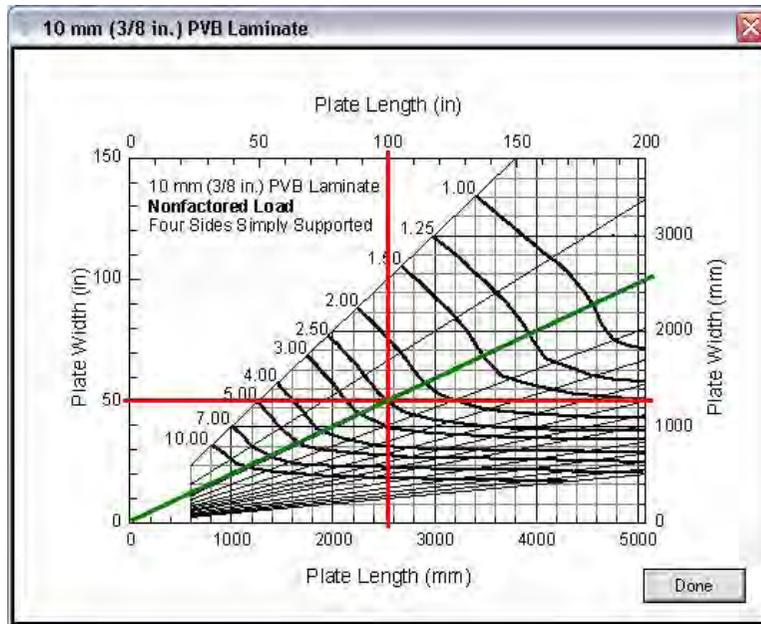


Figura APD 1.- Vista del ASTM E-1300, es un modelo de cálculo para llevar a cabo las evaluaciones preliminares de la resistencia al viento de un solo cristal, recocido (sin tratamiento térmico) cristal de la ventana, con diferentes condiciones de soporte de borde, de acuerdo con las normas el cual se utilizó para modelar nuestro prototipo.

El anclaje de tipo doble “T” que es el que se utiliza normalmente, considera los esfuerzos que se tienen que revisar y son los siguientes:

- El cortante doble en el tornillo que une el perfil de aluminio con el anclaje.
- La tensión en la placa de acero, debida a la carga de viento.
- El corte en placa, debido a la carga muerta.
- El aplastamiento en la placa adyacente a los tornillos que están en contacto.
- La flexión en la placa debida a la carga muerta.
- La revisión de la soldadura que une las almas con el patín para formar la doble “T”, la cual tiene que resistir el momento que genera la carga muerta por la excentricidad y la carga de viento perpendicular a la soldadura.
- La revisión de las anclas que unen la doble “T” con la losa, las cuales tienen que resistir una tracción debida a las cargas de viento en conjunto con la tracción que genera el momento debido a la carga muerta. En caso de haber placas embebidas, la revisión anterior de la soldadura serviría para la unión de la doble “T” con la placa embebida.

En caso de ser un anclaje con dos ángulos, se tiene que revisar para los mismos esfuerzos, sólo se omite la revisión de la soldadura de alma a patín, ya que generalmente se utiliza ángulos comerciales.

La tensión en la placa.- Para la selección de un perfil para usarse como miembro a tensión, sólo se necesita calcular la fuerza que debe tomar el miembro y dividirla entre un esfuerzo de diseño permisible, para determinar el área de la sección transversal efectiva necesaria.

Luego se debe seleccionar una sección de acero que satisfaga esta área. La presencia de un agujero en un miembro sujeto a tensión incrementa los esfuerzos en la zona que tiene menos área de acero sobre la que puede distribuirse la carga y habrá concentración de esfuerzos a lo largo del borde del agujero aún si el agujero, está ocupado por un tornillo.

La tensión se supone uniformemente distribuida sobre la sección neta del miembro, aunque algunos estudios de fotoelasticidad demuestran que existe un incremento en la intensidad del esfuerzo alrededor de los bordes de los agujeros, que en ocasiones puede alcanzar varias veces el valor del esfuerzo que se tendría si los huecos no estuvieran presentes.

Sin embargo, para materiales dúctiles es razonable suponer una distribución uniforme de esfuerzos cuando el material se carga más allá de su esfuerzo de fluencia. Si las fibras alrededor de los agujeros se esfuerzan hasta un punto de fluencia, estas fluirán sin incremento de esfuerzo, redistribuyéndose los esfuerzos presentes. Bajo una carga última, es razonable suponer una distribución uniforme de los esfuerzos.

El término área neta de la sección transversal o simplemente área neta, se refiere al área bruta de la sección transversal, menos la de ranuras, muescas y agujeros. Al considerar el área de estos, por lo general es necesario restar un área un poco mayor que la nominal del agujero. La resistencia de diseño a la tensión P_n , y la resistencia permisible a la tensión P de miembros en tensión, debe tomarse como el menor valor obtenido de acuerdo con los estados límite de cedencia por tensión en la sección gruesa y ruptura por tensión en la sección neta.⁴⁸

a) Para cedencia por tensión en la sección gruesa se tiene:

$$P_n = F_y A_g = 0.90 \text{ (LRDF)} = 1.67 \text{ (ASD)}$$

b) Para ruptura por tensión en la sección neta se tiene:

$$P_n = F_u A_e = 0.75 \text{ (LRDF)} = 2.0 \text{ (ASD)}$$

Donde:

A_e = área neta efectiva

A_g = área gruesa del miembro

F_y = esfuerzo de cedencia mínimo especificado del tipo de acero que se esté utilizando.

F_u = resistencia a la tensión mínima especificada, dependiendo del acero que se esté utilizando.

⁴⁸ Según las especificaciones del AISC (AISC, 2005), en el cálculo del área neta en tensión y cortante, el diámetro del agujero de un tornillo debe tomarse como 1/16" mayor que la dimensión nominal del tornillo.

La resistencia de diseño a tensión o corte R_n , y la resistencia permisible a tensión o corte $R_n/$, para tornillos apretados al llegue, tornillos de alta resistencia pretensionados, o partes roscadas, deben determinarse de acuerdo con los estados límite de ruptura por tensión y corte por ruptura, como sigue:

$$R_n = F_n A_b = 0.75 \text{ (LRDF)} = 2.0 \text{ (ASD)}$$

Donde:

F_n = esfuerzo nominal a la tensión F_{nt} , o esfuerzo cortante, F_{nv} de la tabla J3.2, ksi (Mpa) del LRFD 2005

A_b = área nominal del cuerpo sin rosca del tornillo o la parte roscada

La resistencia a la tensión permisible de un conector sujeto a tensión y corte combinado debe determinarse de acuerdo con los límites del estado de tensión y ruptura por corte, como sigue:

$$R_n = F'_{nt} A_b = 0.75 \text{ (LRDF)} = 2.0 \text{ (ASD)}$$

Donde:

F'_{nt} = esfuerzo nominal a la tensión modificado que incluye los efectos de esfuerzo cortante ksi (Mpa)

A_b = área nominal del cuerpo sin rosca del tornillo o la parte roscada

$$F'_{nt} = (1.3F_{nt}) - \frac{F_{nt}}{F_{nv}} f_v \leq F_{nt} \text{ (LRFD)}$$

$$F'_{nt} = (1.3F_{nt}) - \frac{F_{nt}}{F_{nv}} f_v \leq F_{nt} \text{ (ASD)}$$

F_{nt} = resistencia nominal a la tensión, ver tabla J3.2, ksi (Mpa) del LRFD 2005

F_{nv} = resistencia nominal al corte, ver tabla J3.2, ksi (Mpa)

f_v = el esfuerzo requerido de corte, ksi (Mpa)

El esfuerzo cortante permisible del sujetador debe ser igual o exceder la resistencia a corte requerida por unidad de área f_v .

La resistencia al aplastamiento de una conexión atornillada no es, como podría esperarse, determinada a partir de la resistencia de los tornillos mismos; más bien se basa en la resistencia de las partes conectadas y del arreglo de los tornillos. Su resistencia calculada depende de la separación entre los tornillos y de sus distancias a los bordes, de la resistencia F_u especificada a tensión de las partes conectadas, así como de sus espesores.

La resistencia al aplastamiento permisible, R_n y $R_n/$, en huecos de tornillos debe ser determinada por el estado límite de aplastamiento como sigue:

$$= 0.75 \text{ (LRDF)} \blacktriangleright = 2.0 \text{ (ASD)}$$

Para un tornillo en una conexión estándar, sobredimensionada, agujero corto oblongo independientemente de la dirección de la carga, agujero largo oblongo con la ranura paralela a la dirección de la fuerza de aplastamiento.

Cuando la deformación en el hueco bajo cargas de servicio es una consideración de diseño, esto significa que bajo cargas de servicio no se deforme.

$$R_n = 1.2L_c t F_u \leq 2.4dt F_u$$

Y cuando la deformación en el hueco bajo cargas de servicio no es una consideración de diseño.

$$R_n = 1.5L_c t F_u \leq 3dt F_u$$

La resistencia a corte permisible por corte de elementos debe ser el menor valor obtenido, de acuerdo con el menor valor obtenido de los estados límite de cedencia y ruptura:

Corte por cedencia:

$$R_n = 0.60F_y A_g = 1.00 \text{ (LRDF)} = 1.50 \text{ (ASD)}$$

Corte por ruptura:

$$R_n = 0.60F_u A_{nv} = 0.75 \text{ (LRDF)} = 2.00 \text{ (ASD)}$$

Donde:

A_{nv} = área neta sujeta a corte, in^2

La resistencia permisible para el estado límite de bloque de corte por ruptura a través de un patrón o patrones de falla y un patrón de falla en tensión perpendicular debe tomarse como:

$$R_n = 0.60F_u A_{nv} + U_{bs} F_u A_{nt} \leq 0.6 F_y A_{gv} + U_{bs} = 0.75 \text{ (LRDF)} = 2.00 \text{ (ASD)}$$

Donde:

A_{gv} = área gruesa sujeta a corte, in^2 (mm²)

A_{nt} = área neta sujeta a tensión, in^2 (mm²)

A_{nv} = área neta sujeta a corte, in^2 (mm²)

La flexión en la placa. Debido a la carga muerta cuando exista una excentricidad entre la carga muerta aplicada y el extremo interior de la placa, se tiene que revisar que el esfuerzo actuante, que es la carga por la excentricidad entre el módulo de sección, sea menor que el esfuerzo resistente de flexión del acero.⁴⁹

⁴⁹ La sección F11 del AISC (2005) aplica para barras rectangulares y redondas con flexión alrededor de cualquier eje geométrico.

La resistencia nominal a la flexión, M_n , debe ser el menor valor obtenido, de acuerdo con los límites de cedencia (momento plástico) y el pandeo lateral torsional, según se requiera.

a) Cedencia para barras rectangulares con relación

$$\frac{L_b d}{t^2} \leq \frac{0.08E}{F_y}$$

Con flexión alrededor de su eje mayor, barras rectangulares flexionadas alrededor de su eje menor y perfiles redondos:

$$M_n = M_p = F_y Z \leq 1.6M_y$$

b) Pandeo lateral torsional

1. Para barras rectangulares con

$$\frac{0.08E}{F_y} < \frac{L_b d}{t^2} \leq \frac{1.9E}{F_y}$$

Flexionadas alrededor de su eje mayor:

$$M_n = \left[1.52 - 0.274 \left(\frac{L_b d}{t^2} \right) \frac{F_y}{E} \right] M_y \leq M_p$$

1. Para barras rectangulares con

$$\frac{L_b d}{t^2} \leq \frac{1.9E}{F_y}$$

Flexionados alrededor de su eje mayor

$$M_n = F_{cr} S_x \leq M_p$$

$$F_{cr} = \frac{1.9EC_b}{\frac{L_b d}{t^2}}$$

t = ancho de la barra rectangular paralela al eje de flexión, in. (mm)

d = profundidad de la barra rectangular, in. (mm)

L_b = longitud entre puntos que están arriostrados contra el desplazamiento lateral de la región en compresión o arriostrados contra la torsión de la sección transversal, in. (mm)

Para barras redondas y rectangulares, flexionadas alrededor de su eje menor, el estado límite de pandeo lateral torsional no necesita ser considerado. En el caso de tener soldadura, ya sea para unir placas a una placa embebida, o bien, para unir una canal con una placa embebida, esta soldadura se revisará bajo dos esfuerzos: los debidos a la carga entre el área y los debidos a la carga excéntrica que genera un momento.

Con la resultante de estos esfuerzos se reviso la dimensión requerida de soldadura de acuerdo con el electrodo que se vaya a utilizar.

El tipo de soldadura que se utiliza para unir las placas que forman los anclajes es la de filete, en la cual el área efectiva debe ser la longitud efectiva, multiplicada por la garganta efectiva. La garganta efectiva de una soldadura de filete debe ser la menor distancia de la raíz a la cara de la soldadura.⁵⁰

El tamaño máximo de soldadura de filete de una parte conectada debe ser:

- a) En espesores menores de ¼” de espesor, no debe ser mayor que el espesor del material.
- b) En espesores de ¼” y mayores, no mayor que el espesor del material, menos 1/16.

La resistencia de diseño, R_n y la resistencia permisible, R_n/Ω , de soldaduras debe ser el menor valor de la resistencia del material base y el metal soldado de acuerdo con los estados límites de ruptura por tensión, ruptura por corte o cadencia, de acuerdo con lo siguiente:

Para el metal base:

$$R_n = F_{BM} A_{BM}$$

Para el metal soldado:

$$R_n = F_w A_w$$

Donde:

F_{BM} = resistencia nominal del metal base por unidad de área, ksi, (MPa)

F_w = resistencia nominal del metal soldado por unidad de área, ksi (MPa)

A_{BM} = área de la sección transversal del metal base, in^2 . (mm²)

A_w = área efectiva de soldadura, in^2 . (mm²)

Los valores de, Ω , F_{BM} , y F_w y sus limitaciones están dados en la tabla J2.5 de las especificaciones de AISC (AISC, 2005) se verá el cálculo de una fachada con arañas con el procedimiento detallado del diseño de los anclajes.

⁵⁰ El tamaño mínimo de soldadura de filete no debe ser menor que el tamaño requerido para transmitir las fuerzas calculadas. La tabla J2.4 del manual AISC (2005) menciona los tamaños mínimos de soldadura de filete.

Análisis dimensional del vidrio termoeléctrico simulación aplicada a diseño por viento, considerando su conservación térmica y se consideraron los siguientes datos sobre un modelo pensado a (1.70 x 1.38 m) o 2.346m² aplicado a un edificio considerablemente alto, considerando que sus componentes del panel puedan funcionar:

- 1.- Clasificación de las estructuras según su importancia, en grupo y tipo.
- 2.- Categoría del terreno según su rugosidad.
- 3.- Clase de la estructura según su tamaño.
- 4.- Factor de tamaño. (Depende de la clase de la estructura) en modelo.

$$F_c = 1$$

- 5.- Valores de alfa y gamma

$$\alpha = 0.156 \quad \gamma = 390$$

- 6.- Factor de rugosidad y altura $z = 65.25$ MTS.⁵¹

$$F_{rz} = 1.56 * (Z / \gamma) E\alpha$$

$$F_{rz} = 1.180$$

- 7.- Factor de Topografía

$$F_t = 1$$

- 8.- Factor de exposición

$$F\alpha = F_c * F_{rz}$$

$$F\alpha = 1.180$$

- 9.- Velocidad Regional monitoreada promedio $T_r = 50$ AÑOS

$$V_r = 143 \text{ km/hr (CDMX, México)}$$

- 10.- Velocidad de Diseño

$$V_d = F_t * F\alpha * V_r$$

$$V_d = 168.783 \text{ km/hr}$$

- 11.- Presión barométrica “omega” y temperatura ambiental “sigma”

$$\Omega = 717 \text{ mm de Hg}$$

$$\varepsilon = 22.1 \text{ }^\circ\text{C}$$

- 12.- Factor de corrección por temperatura y por altura con respecto al nivel del mar.

$$G = (0.392 * \Omega) / (273 + \varepsilon)$$

$$G = 0.952$$

- 13.- Presión dinámica de base

$$q_z = 0.0048 * G * V_d^2$$

$$q_z = 130.237 \text{ kg/m}^2$$

También se consideró con posibilidad de soldadura a estructura:

Datos:

$$M_{\max} = 21776.93 \text{ kg-cm}$$

Longitud de soldadura = 3.75 in 9.525 cm

$$H_s = 9.525 \text{ cm}$$

$$c = H_s / 2 = 4.7625 \text{ cm}$$

Área de soldadura

$$A = 2 \times 1 \times H_s = 19.05 \text{ cm (espesor unitario)}$$

Inercia

$$I = 2 \times 1 / 12 \times 1 \times H_s^3 = 144.03 \text{ cm}^3$$

$$f_t = \frac{Mc}{I} = 720.09 \text{ kg/cm} \quad f_v = \frac{P}{A} = 18.89 \text{ kg/cm}$$

$$f_r = f_t + f_v = 738.99 \text{ kg/cm}$$

⁵¹ Medida sugerida para contemplar un elemento a una altura considerablemente alta.

Resistencia de diseño:

$$\frac{R_n}{\Omega} = 0.5 \times 0.6 \times 70 = 21 \text{ ksi} = 1477 \text{ kg/cm}^2 \text{ 0.71 cm}$$

Por lo tanto usar: (7.08 mm 7 mm)

$$\frac{R_n}{\Omega} = 1477 \times 0.707 \times t \text{ 731 kg/cm}^2 \text{ 1 cm}$$

Con una soldadura de 7mm se puede resistir el momento requerido, pero se tendría que aumentar el espesor de la placa, como mínimo 5/16" y este espesor es mayor que lo que se puede colocar dentro de la bolsa de 4", si tenemos en cuenta que sobre la estructura del marco están nuestros circuitos de interconexión del panel de vidrio termoeléctrico tenemos que dejar la suficiente área para su tendido.

Se va realizar esta opción, pero con la bolsa de la serie 140, la cual tiene una dimensión de 4.5", para revisar si esta dimensión es suficiente para que una soldadura de 3 mm soporte al momento.

Cabe mencionar que se tendría que rasurar al perfil 1/4" en la cavidad de la bolsa y tapabolsa en la parte inferior y superior del vertical para así alojar sin problemas a la soldadura.

El espesor de la placa tiene que ser mínimo 1/4" de espesor, ver siguiente diagrama de la placa tipo para usar en la propuesta de panel de vidrio termoelectrico si este fuera soldado a la estructura (Ver figura APD 2).

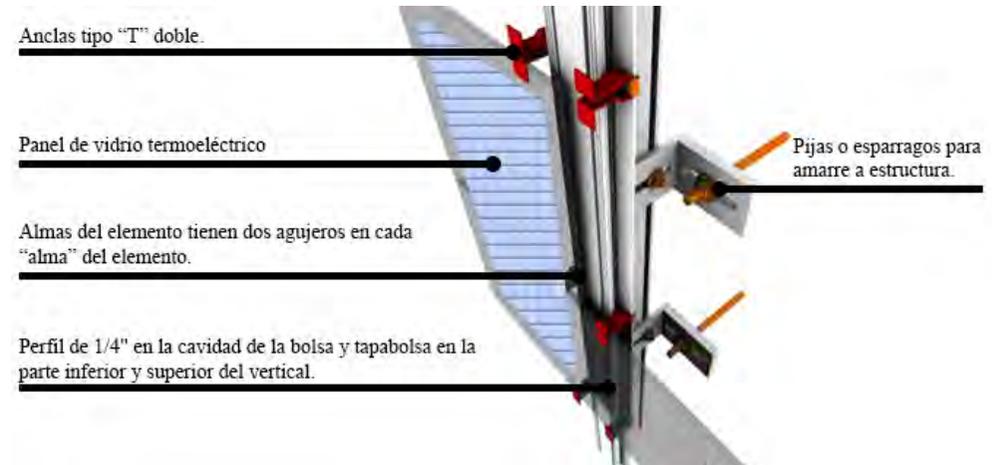


Figura APD 2.- Vista del modelo para soporte específico de un panel de vidrio termoeléctrico, contemplando sus necesidades. Para completar con la condición de empotramiento de esta propuesta de anclaje se tiene que proponer un conjunto de pijas que soporten el momento, de ellas dependerá la altura de la placa. Es importante hacer notar que como las pijas van a atravesar la placa y el espesor de la cavidad del perfil, entonces estas estarán trabajando a corte, ©Manuel Alejandro Gutiérrez López.

Los modelos fueron sometidos a prueba en SAP2000.

Opción:

Diámetro de tornillos = 0.375 in 0.9525 cm

Área de tornillo = 0.713 cm²

Número de tornillos = 14

Distancia entre tornillos = 8.38 in 21.29 cm

Mmax = 21777 kg-cm

Par = 1023 kg

Tornillo A-307

Resistencia a corte = 24 ksi

$R_n/\Omega = R_n/2 = 12 \text{ ksi } 844.44 \text{ kg/cm}^2$

Área requerida = 1.21 cm²

Número de tornillos req = 1.70

Placa de 4.25 x 0.25 x 10.75", empotrada en el extremo inferior y libre en el otro.

Cargas: Par de fuerzas con una magnitud de 1023.1 kg y como se tienen dos tornillos en cada punto las cargas quedarían de la siguiente manera:

Al modelar la pieza se encontraron los siguientes resultados:

Como se puede observar, el ratio con valor de 0.872, que es la relación entre el esfuerzo actuante y el permisible, es menor que uno, por lo que se considera aceptable.

La deflexión que presenta el elemento es 0.0465 cm. El momento máximo tiene un valor de 21,764 kg.cm (Ver figura APD 3).

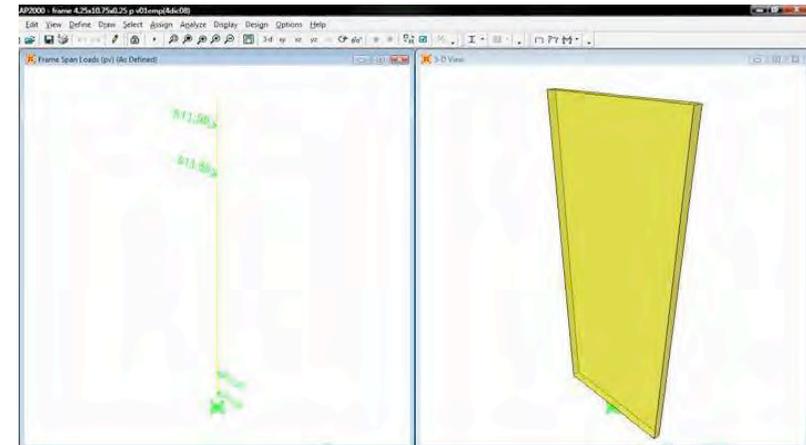


Figura APD 3.- Modelo de prueba, para el análisis de forma de panel de vidrio termoelectrico en SAP2000.

La revisión a el elemento con las especificaciones de la AISC⁵²
Cargas posibles de encontrar:

Pf = 265.84 kg (fachada)

Pv = 994.62 kg (viento)

⁵² El modelo de la placa, en SAP 2000

Como se puede apreciar en el croquis APD 2 de la página anterior, las almas del elemento tienen dos agujeros en cada “alma” del elemento doble “T”; en estos puntos es donde se van a concentrar, tanto la carga del viento como la del peso de la fachada.

Se va a revisar el ancla para las siguientes combinaciones de carga:

Combo 1: carga muerta + peso de la fachada + carga del viento (+)

Combo 2: carga muerta + peso de la fachada + carga del viento (-)

Resultados deflexiones:

Como se puede observar las deflexiones son mínimas, pues el valor máximo que se presentó es de 0.096 cm (Ver figura APD 4). En cuanto a los esfuerzos máximos que se presentaron en la placa, estos son los siguientes:

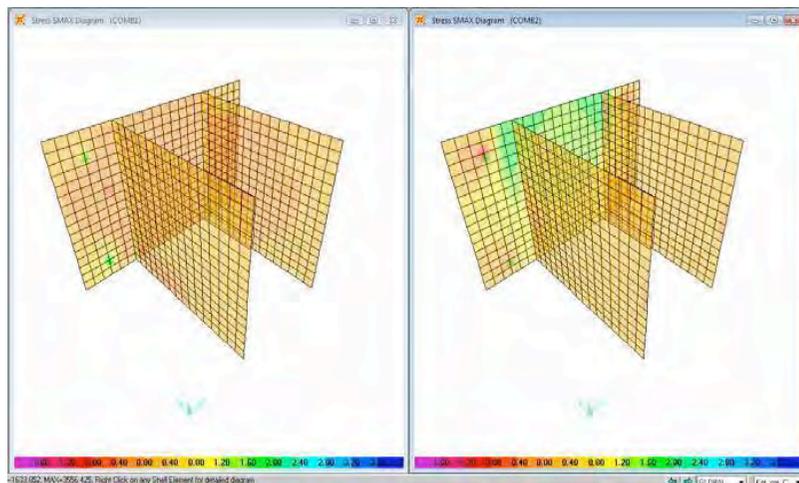


Figura APD 4.- El esfuerzo máximo que se presentó para el combo 1 resultó ser 1973 kg/cm², que es mayor que el esfuerzo de fluencia del acero A-36; por lo cual, se considera inaceptable. De hecho, el esfuerzo actuante debe ser igual o menor que 0.6F_y = 1518 kg/cm², además de que existe una mayor transferencia de calor, visualización en SAP2000.

Tamaño de la sección de vidrio.

Datos:

Perfil propuesto: 18677, 2 tapas 14349, TM-MVP-10 y TM-MVP-20

Peso de todos los perfiles, en conjunto = 5.7184 kg/ml

Longitud del tramo = 1.45 m

Peso del espárrago y solera = 0.142 kg

Peso del cristal = 30 kg/m²

Presión de viento = 226.29 kg/m²

Distancia máxima entre los elementos horizontales = 2.25 m.

Ancho tributario para la presión del viento = 1.69 m.

Cálculo de la inercia y módulo de sección requerida en el lado corto del perfil, por el peso propio, $M_{max} = \frac{0.0572 \times 145^2}{8} = 150.32 \text{ kg/cm}$

$$I_{req} = \frac{5wl^4}{384E\Delta} = \frac{5 \times 0.0572 \times 145^4}{384 \times 703000 \times 0.8286} = 0.56 \text{ cm}^4$$

$$S_{req} = \frac{150.32}{888} = 0.169 \text{ cm}^3$$

Cálculo de la inercia requerida en el lado corto del perfil, por el peso de cristal y del espárrago. Como la calza del cristal se coloca en los cuartos del claro, se tiene lo siguiente:

$$P = 30.142 \times 1.45 \times 2.25 \times 0.5 = \mathbf{49.17 \text{ kg}} \quad L = \mathbf{1.45 \text{ m}}; a = 0.25L = 0.3625 \text{ m}$$

Cálculo de la inercia requerida en el lado largo del perfil, por la carga de viento:

$$W = 226.29 * 1.69 = 382.4 \text{ kg/ml}; M_{\text{max}} = \frac{3.824 \times 145^2}{8} = 10,050 \text{ kg.cm}$$

$$I_{\text{req}} = \frac{5wl^4}{384E\Delta} = \frac{5 \times 3.824 \times 145^4}{384 \times 703000 \times 0.8286} = 37.79 \text{ cm}^4$$

$$S_{\text{req}} = \frac{10.050}{888} = 11.32 \text{ cm}^3$$

Inercia y módulo de sección actuante del perfil 18677:

$$I_{\text{II}} = 76.2 \text{ cm}^4; S_{\text{XII}} = 16.98 \text{ cm}^3 \\ I_{\text{IC}} = 42.93 \text{ cm}^4; S_{\text{XIC}} = 15.82 \text{ cm}^3$$

Relación de las inercias requeridas, e inercias actuantes en las cargas combinadas; así como relación de módulos de sección.

$$\frac{0.56 + 7.372}{43.93} + \frac{37.79}{76.2} = 0.68 < 1$$

$$\frac{0.16 + 2}{15.82} + \frac{11.32}{16.98} = 0.806 < 1$$

Con lo que se puede apreciar que el perfil es adecuado, aún sin algún refuerzo.

A continuación, se presenta un ejemplo de utilización del panel, en la fachada oriente. La fachada tiene una altura de 4.91 m y está situada sobre un antepecho de concreto de 0.45 m, se utilizó cristal templado de 9.5 mm, detenido con herrajes especiales, los cuales van sujetos a costillas de cristal templado de 12.7 mm, considerando sus propiedades termicas y electricas dentro revisadas con anterioridad y de tal forma se produjo un analisis con las dimensiones obtenidas en este modelo.

Revisión de cristal templado de 9.5 mm de 1.70 x 1.38 m. La pieza está apoyada en cuatro lugares puntuales, por medio de tornillos squash y ángulos articulados (Figura APD 5), en los que el punto de apoyo está a 5.5 del canto del cristal.

Cabe mencionar que las piezas que están en el área donde hay costillas se consideran apoyadas en dos lados, para las cuales se hará otra revisión.

$$\text{Presión del viento} = 113.04 \text{ kg/m}^2$$

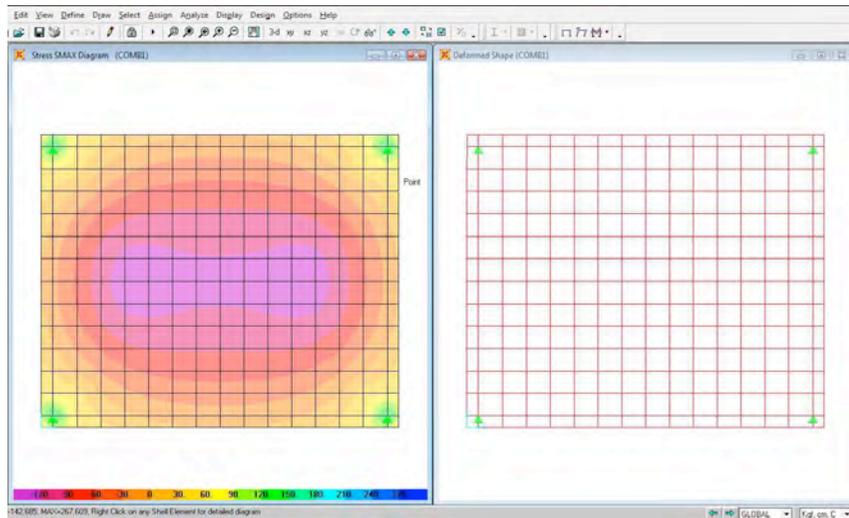


Figura APD 5.- Una vez que se modeló la pieza con la geometría mencionada y la carga que le corresponde, se encontró que la deflexión máxima fue de 2.25 cm y el esfuerzo máximo fue de 267 kg/cm², por lo que se considera aceptable SAP2000.

Cabe mencionar que la pieza se discretizó en una cuadrícula de 16 x 14 “shells”, y si se duplica el número de shells, quedando todos de alrededor de 5.5 x 5.5 cm, la deflexión máxima que resulta es de 2.26 cm y el esfuerzo máximo es 267.68 kg/cm², con lo que se puede concluir que no influyó la cantidad de shells en la que se dividió la pieza, en este caso. Según la elevación individual a la que se hace referencia en esta revisión el ancho de la pieza anterior es el más grande por lo que ahora se procede a revisar una de las piezas que se encuentran entre las costillas (Ver figura APD 6).

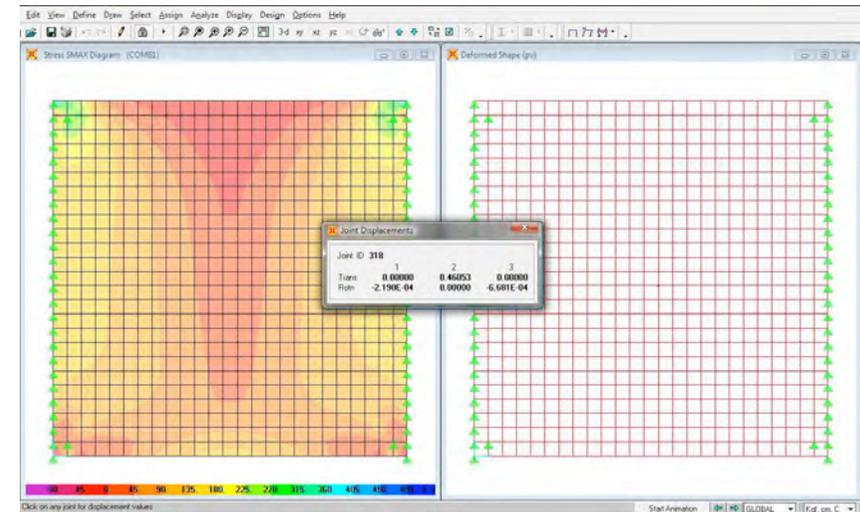


Figura APD 6.- La deflexión máxima que se presentó es de 0.46 cm y el esfuerzo máximo de 0.53; es decir, que la pieza podría ser de un espesor menor, pero no se particulariza porque hay piezas más esforzadas que ésta y toda la fachada tiene que ser de un mismo espesor SAP2000.

En los sistemas de fachada integral y fachada de piso a techo, el elemento vertical se revisa como si fuera un elemento simplemente apoyado. Para el caso de la fachada integral de vidrio termoeléctrico, el perfil se ancla en su extremo inferior al anclaje y por medio de un conector se “encamisa” en el extremo superior (Ver figura 12), esto trae como consecuencia que todo el peso de ese tramo, el peso de cristal y la carga de viento que corresponda a su área tributaria es lo que debiera soportar el anclaje, traduciéndose todo en una carga vertical y otra horizontal.

La idea principal es la de formar la red dentro de dos cubiertas de vidrio para que estas paredes formen un Sándwich que permitirá que los alambres se calienten produciendo el efecto físico estudiado, los marcos servirán como captadores de la energía que emane de la reacción del compuesto.

Las cargas que afectan principalmente al elemento vertical son las producidas por el viento, ya que éste estaría sometido a flexión. La fachada ligera es, por la naturaleza de sus materiales y su configuración, auto portante.

Como se mencionó anteriormente, los perfiles verticales están fijados a las losas, lo que permite repartir de planta a planta el peso de cada tramo de fachada a la estructura del edificio. La fachada ligera debe soportar, generalmente, su propio peso y también la acción del viento. El efecto de otras cargas es mucho menor y, normalmente, esos esfuerzos no se tienen en cuenta en los cálculos.



Figura 12.- Aplicación del vidrio termoeléctrico bajo las condiciones analizadas, siempre las acciones de viento resultan mayores que las correspondientes al peso de los elementos de la fachada. En el caso de la fachada de piso a techo, los apoyos van directamente a la losa, ©Manuel Alejandro Gutiérrez López.

El peso propio del perfil, debido a la ligereza del aluminio, es prácticamente despreciable en comparación con las cargas de viento y el peso de los paneles o vidrios intercalados, por lo que el criterio básico de cálculo es el dimensionado en función de la flecha máxima admisible de la estructura de soporte, en un principio se pretende usar un perfil de PVC para evitar la transferencia de temperatura de una cara del vidrio a la otra.

Se destaca, sin embargo, que en el caso particular de los perfiles horizontales, hay que considerar que el peso del vidrio o panel está concentrado en los puntos concretos donde se colocan las calzas que generalmente son de neopreno.

Los principales casos a estudiar en esta investigación, desde el punto de vista resistente, son los siguientes: los verticales sometidos a flexión y los horizontales sometidos a flexión. Exigencias técnicas en el caso de fachadas integrales, las cargas gravitacionales debidas al peso del cristal se transmiten a los elementos de aluminio por medio de selladores estructurales, de los cuales se hablará más adelante, o por medio de empaques.

Las dimensiones de los elementos de la fachada ligera son muy inferiores a los claros libres de la estructura principal, puesto que vienen fuertemente condicionadas por sus formatos de fabricación (hasta 6m). Esto implica que los apoyos de los perfiles de aluminio deban realizarse en puntos coincidentes con las losas.

Se tiene que distinguir entre el cálculo de los manguetes verticales y el cálculo de los horizontales.

Los elementos verticales están sometidos principalmente a la acción horizontal del viento, ésta uniformemente repartida en toda su longitud, y a la acción vertical provocada por su peso propio y las cargas de vidrios y paneles.

Para la selección adecuada de un perfil vertical, se parte de tener una deflexión máxima permitida, la cual está limitada en este caso por el cristal.

Ésta deflexión es $L/175$ y con este valor se parte para obtener la inercia requerida del perfil, con la fórmula de deflexión máxima para el caso de un elemento simplemente apoyado y con carga uniformemente repartida que es:

$$\Delta \rightarrow \max = \frac{5 \times w \times l^4}{384 \times E \times I'}$$

De donde se despeja la inercia, o bien, se obtiene la deflexión, si es que se trata de un perfil propuesto.

Una vez determinado qué perfiles se van a utilizar, tanto en los elementos verticales como en los horizontales, el refuerzo adicional (si por cálculo se requiere) y el espesor de cristal, ya se pueden definir cuáles son las cargas que se le va a transmitir al anclaje.

En este caso, el anclaje estará sometido a corte doble: por un lado, la reacción debida al viento y por el otro la carga de peso propio más el peso del cristal. Estas últimas cargas generan cierta flexión en el elemento de anclaje, efecto que también se estudiará. En el caso de requerirse soldadura, también deberá ser ésta suficiente para soportar los efectos antes mencionados.

Un ejemplo de su utilidad tras las dimensiones calculadas para prototipo considerando una altura de 60m, con sistema para su aprovechamiento termoeléctrico por efecto Seebeck.

Ubicación: Elevación Lateral Norte Cancel: V-Prototipo1 (Piso a techo)

Datos de la fachada:

Altura máxima = 55.5 m

Ancho = 147 cm

Altura superior = 68 cm

Altura intermedia = 225 cm

Altura Inferior = 70 cm

Altura total = 363 cm

Def. Perm. = 2.07 cm

Área total = 45599 cm²

4.560 m²

Esf. Flexión = 888 kg/cm²

Revisión de Vertical, Presión Muro Lateral 2 (Ver figura 13).

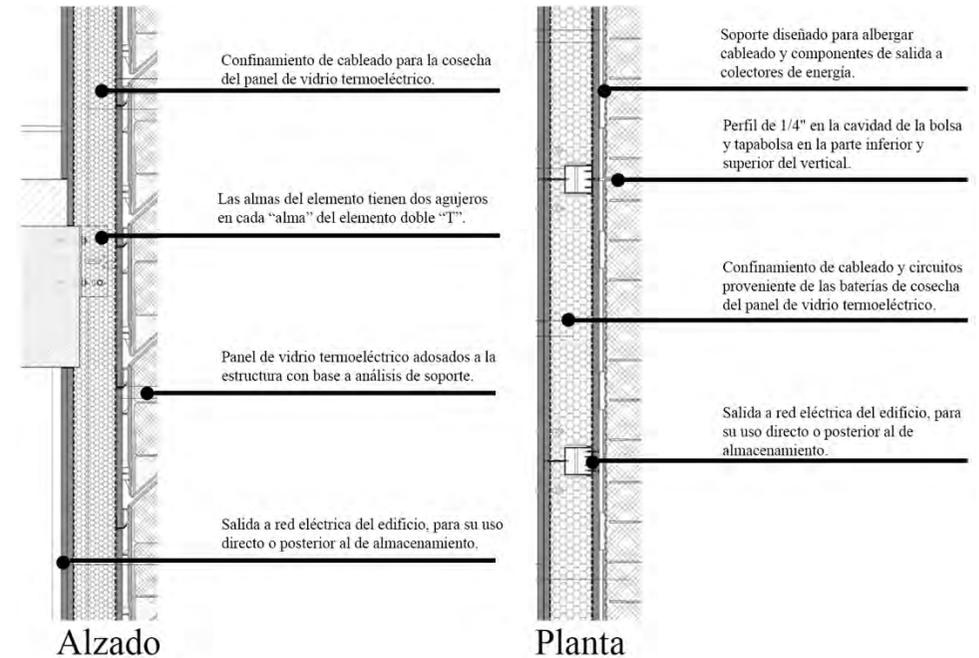


Figura 13.- Colocación del vidrio termoeléctrico en fachada, este desplante se origina una vez obtenidos los resultados del análisis, las longitudes sugeridas para el elemento no impiden su variación, ©Manuel Alejandro Gutiérrez López.

IX. La Teoría

Quizás la construcción con base a los principios Arquitectónicos fusionados a la Tecnología que se propones más la suma de las ciencias básicas como la Física, la Química y las Matemáticas, que este componente tiene que estudiar antes de ser puesto a prueba en la aplicación nos lleven a un rango superior en la Arquitectura contemporánea. Sería maravilloso poder ver la aplicación de nuestro material en cada uno de las edificaciones que existan en el mañana.

Estos solo por mencionar algunas de las múltiples soluciones que actualmente existen, la idea con esta investigación es el desarrollo de una posibilidad, que en nuestro tiempo es requerida. En el futuro se emplearán mayores y mejores modelos de nuestro material, quizás sea ésta la base para un mejor futuro.

Este material que se propone en la investigación planea llegar a desarrollar lo que otros tipos de vidrio arquitectónico han podido hacer. En relación a la materia de la construcción, un ejemplo sería el Vidrio Laminado que es un tipo de vidrio de seguridad que se mantiene unido cuando se rompe.

El vidrio se mantiene unido mediante una película intermedia de *butiral de polivinilo* (PVB) entre sus capas. La película intermedia mantiene las capas de vidrio unidas incluso cuando se rompe y su fortaleza evita que el vidrio se rompa en pedazos grandes y filosos.

Esto produce la característica forma de “tela de araña” cuando el impacto no es lo suficientemente fuerte como para perforar por completo el vidrio.

El vidrio laminado se utiliza normalmente cuando hay posibilidades de impacto contra personas o cuando el vidrio podría caer y romperse. Los escaparates de tiendas y parabrisas son de vidrio laminado.

La película intermedia de butiral de polivinilo (PVB) también le da al vidrio un mayor aislamiento de sonidos, debido a su efecto aislante; también bloquea un 99% de los rayos UV transmitidos por el sol.

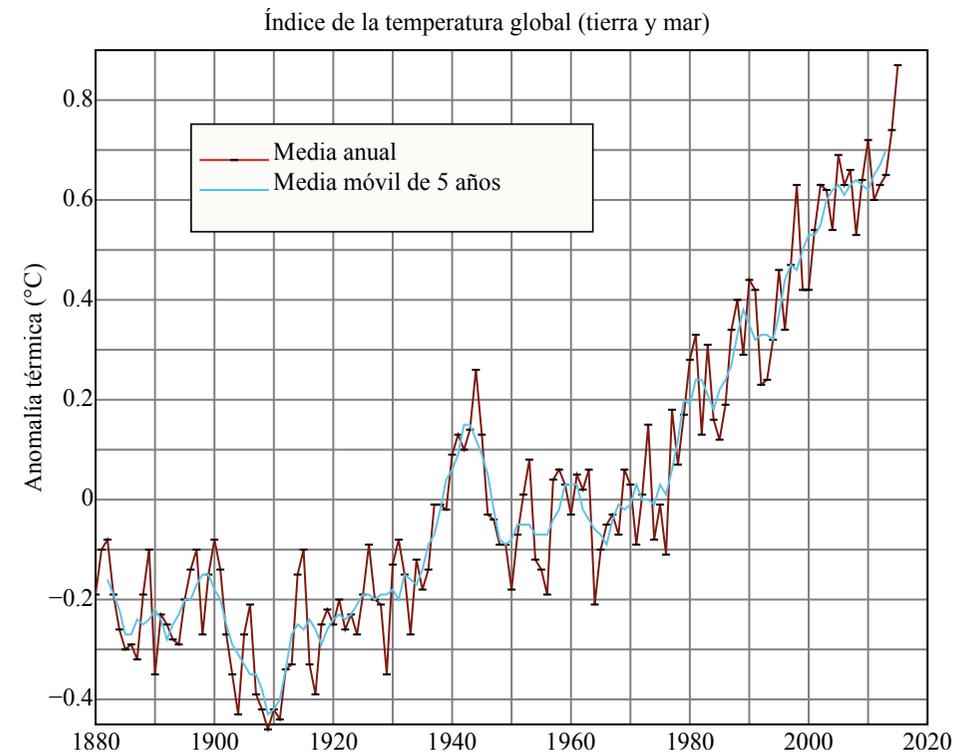
La aplicación de este material es un ejemplo de cuando la tecnología permite que un material por sencillo y hasta obsoleto que parezca podría causar efectos positivos en su uso, si pensamos que si este vidrio no tuviera esas características mecánicas imaginemos entonces que dallo podría hacer a las personas que tuvieran que estar en el momento que este se desprendiera o se estrellara, entonces ya hablamos de condiciones de su uso, el vidrio entonces aplica las tres condiciones básicas de estudio los principios físicos, químicos y matemáticos aplicados a un material para la construcción esto es tecnología en la Arquitectura.

Así pues, al pensar que la aplicación de nuestro panel en la arquitectura podría reducir el gasto energético de un inmueble es totalmente viable ya que, si consideramos que el uso de este panel contribuirá con la cosecha de energía de la misma edificación a un que en principio de forma mínima, debemos estar convencidos de que a la larga ese pequeño ahorro y producción de energía contribuirá con grandes cambios para beneficio de la edificación y del ambiente.

Consideremos que hace apenas un siglo el cambio climático a afectado considerablemente a la humanidad. De no hacer nada por contrarrestarlo existirán peores condiciones para el futuro (Ver gráfica 1).

Cada problema y cada evento tiene una cualidad que contrapone su comportamiento, si esto es así encontremos las condiciones adecuadas para contrarrestarlo.

Entendido esto podemos considerar que la intervención que tiene esta investigación es un pequeño golpe contra el deterioro del planeta, la suma de pequeñas acciones son un conjunto de grandes soluciones tal parecería que un vidrio no podría generar una gran diferencia, pero el simple hecho de disminuir el gasto energético, convirtiendo a la edificación como artífice de su propia energía es, a futuro un cambio significativo para contrarrestar las presentes y futuras condiciones climatológicas.



Gráfica 1.- Media global del cambio de temperatura superficial en 1880-2015, respecto a la media de 1951-1980. La línea negra es la media anual y la roja la media móvil de cinco años, <http://data.giss.nasa.gov/gistemp/>. Consultado Mayo 2015.

IX.I. Posibilidades futuras del material

Las posibilidades de nuestro material de estudio son básicamente en la edificación ya que podríamos resolver el gasto energético si convertimos a nuestro inmueble en un aparato capaz de generar su propia energía por el simple hecho de estar en una colocación exactamente estudiada y con un ambiente perfectamente analizado, para que el componente pueda interactuar de forma correcta con el lugar.

Las futuras soluciones son de hecho una de las principales preocupaciones de nuestra investigación ya que no debemos dejar pasar las diferentes soluciones de forma y estética, además de comportamiento, impacto ambiental y salud de los ocupantes de la edificación.

Entendamos que esta es sólo una idea de las tantas aplicaciones que se les puede dar a los materiales termoeléctricos y cuya factibilidad existe gracias a su fácil funcionamiento, en algunas otras posibilidades, fuera de la construcción son:

- El uso para componentes electrónicos.
- La capacidad de utilización de celdas Peltier para la estructura.
- El uso en luminarias de intemperie o internas.
- La capacidad de uso en baterías auxiliares.
- La utilización en instrumentos de bajo consumo eléctrico: controles, relojes, calculadoras.
- La utilización de funciones termoeléctricas en concreto.

Ahora bien, si entendemos que el vidrio es un componente que se utiliza en la mayor parte de las edificaciones contemporáneas alrededor del mundo sabremos que podemos darle un uso mayor que sólo el de ser parte de la composición de la envolvente arquitectónica, incluso podría ser un generador de energía para el propio edificio. Consideremos su condición, el Vidrio es una disolución sólida de varios silicatos de sodio, calcio, plomo, etc. obtenidos por fusión a elevada temperatura.

Una vez enfriada la masa adquiere el estado amorfo, es dura, transparente o traslúcida, frágil y resistente mecánica y químicamente.

Propiedades del vidrio:

Las principales son transparencia, brillo, dureza, sonoridad y resistencia química y ahora la productividad energética.

Entonces todas estas cualidades pueden ser aprovechadas en un panel que fusione los integrados termoeléctricos en la construcción con base de envolventes de vidrio, mezclando entonces ciencia, arte y tecnología.

X. Metodología de la Investigación

Tal como se ha explicado a lo largo del texto el método de esta investigación se basa en el comportamiento por estimulación por temperatura de nuestro material para su ejecución y producción física, así como el análisis de los modelos producidos por otras investigaciones para que podamos evaluar cuál es el diseño adecuado que responda y resuelva a las anteriores fallas. La investigación es un campo ya que los datos serán producidos por la experimentación del prototipo.

También fue importante contemplar el acercamiento a los organismos públicos, privados y personas que ya trabajan en estos modelos y que conocen del tema y tener algunas entrevistas e intercambio de información para una mejor gestión del proyecto.⁵³

La etapa experimental se inició a través de las prácticas y desarrollo de sistemas en campo y por registros computacionales para obtener análisis de datos de los cuales pudimos acceder a recortar los procesos y ser puntuales con el calendario de metas de nuestra investigación.

Contemplando el acercamiento a los organismos de gobierno y privados, nacionales y extranjeros que proporcionaron más información para un mejor resultado, al acercarse también con quienes pudieron difundir la investigación y presentarles nuestro proyecto e se pudo llegar a trabajar con instancias universitarias dentro de la facultad de Ingeniería, particularmente con el CIA⁵⁴ y así ver el proceso de construcción y experimentación en el módulo de prueba del prototipo final para presentar las pruebas correspondientes a térmica, lumínica y resistencia mecánica obteniendo los resultados registrados y digeridos en esta investigación.

La metodología aplicada en el modelo, para su correcto funcionamiento señalada bajo los siguientes puntos (Ver figura 14):

1. Tener conocimiento del clima donde se asienta el proyecto, principal referente de los asentamientos humanos, del recorrido del sol (trayectoria e intensidad), del viento, de la latitud, de la pluviosidad y de la temperatura.
2. Realización de modelos experimentales computacionales, para el análisis del diseño correcto del panel.
3. Estudios de propiedades y cualidades físicas y químicas del modelo, en laboratorio.

⁵³Namakforoosh Mohammad, Naghi (2003). *Metodología de la investigación Tipos de investigación*, Ed. Limusa, México.

⁵⁴ (CIA) Centro de Ingeniería Avanzada.

4. Utilización de materiales que pudieran ser fácilmente reciclados o reutilizados, que no contuvieran productos peligrosos o contaminantes y que favorecieran el ahorro de materias primas y energía.
5. Previsto la utilización de materiales reciclados o reutilizados.
6. Diseño con austeridad y simplicidad, de esta forma se utilizaron menos recursos naturales.
7. Preferir materiales y tecnologías que tengan la menor cantidad de CO₂ en el entero ciclo de vida, considerando las diferentes etapas: extracción de materias primas.
8. Realización de estudios de mecánica de la molécula y termoeléctrica.
9. Estudio de las cualidades físicas y químicas de la de los materiales, componentes como fueron las aleaciones de metales para conductores y semiconductores eléctricos, como materia para la integración en el material.



Figura 14.- Ejemplo del modelo de análisis para verificación del comportamiento con respecto a los puntos antes enlistados, que contempla efectos dentro y fuera de la edificación, una vez colocado el panel de vidrio termoeléctrico.

X.I. Técnicas de investigación y desarrollo del proceso de experimentación

Éstas tuvieron como objetivo, la planeación, formación, experimentación, documentación y observación con lo siguiente:

1. Acercamiento a instituciones académicas o en el campo de las ciencias que apoyaron en los procesos teóricos.
2. Lectura de la bibliografía encontrada y recomendada correspondiente al tema y creación de fichas bibliográficas y de contenido técnico.
3. La comunicación con autoridades en el tema que facilitaron la obtención de datos útiles y duros.
4. La creación de un prototipo inicial y que a lo largo de las pruebas fue cambiando gradualmente a partir de los resultados y que por optimización del panel la investigación se llegó a un modelo final.
5. La observación en el modelo de campo, para la creación de fichas técnicas.
6. Obtención de estándares de mejoramiento del modelo.
7. Experimentación con aparatos e instrumentos de medida y búsqueda de laboratorios especializados en el tema.
8. La interpretación de los resultados para el proceso de clasificación convertidos en cuadros, fichas, códigos.

9. Registro de datos en tabuladores, tablas, gráficas y diagramas.

10. Generación de fórmulas propias para el modelo.

11. Documentación y memoria gráfica del proceso de creación y experimentación del prototipo.

Módulo de experimentación y medición del panel de vidrio termoelectrico (Ver figura 15).



Figura 15.- Plataforma para el modulo con aplicación de elementos y materiales de experimentación y registro en el programa HOBOWARE.

El modelo de experimentación conto con las siguientes características e instrumentos para la medición y análisis de datos (Ver figura 16).

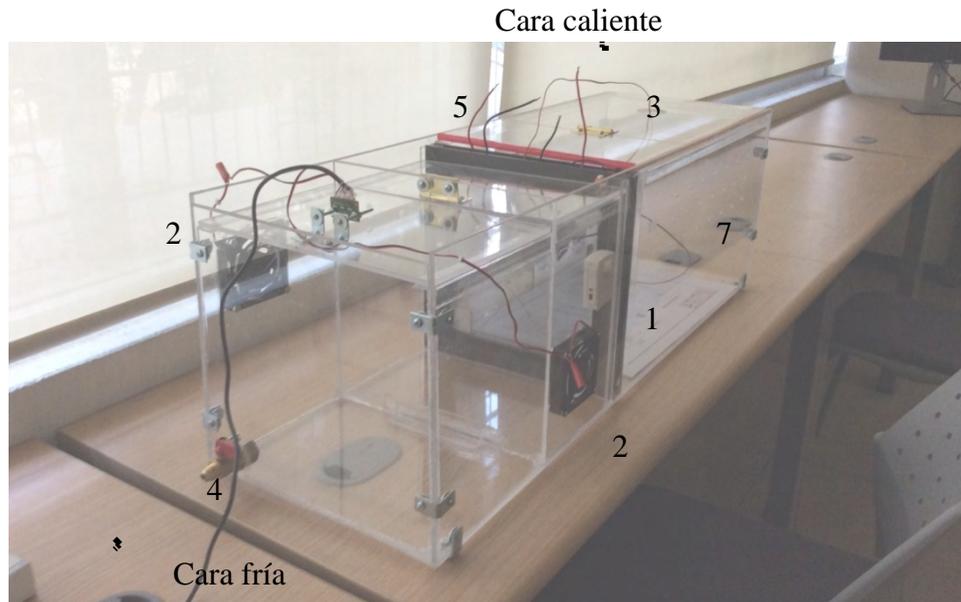


Figura 16.- Capsula de experimentación.

1. Equipo registrador Hobo U12-001
2. Ventilador de 6V
3. Cable Termopar modelo TC40
4. Válvula de salida, para Nitrógeno Líquido
5. Cables de corriente calibre 20 AWG ($0,518 \text{ mm}^2$)
6. Datalogger CR1000
7. Respiradores
8. Voltímetro BYG DT9205A

El proceso fue el siguiente tomado en cuenta que la conexión a la plataforma se contó además de un inyector térmico, una compresora de aire caliente y para el lado frío se llenó una cámara con nitrógeno líquido. Ésta se recubrió con papel aluminio y ventiló por medio de dos ventiladores de 6Volts de manera que uno absorbía el aire de la cámara y el otro la retiraba para inducir al aire frío circular a través de la segunda cámara y ésta enfriaba la cara del panel y se producía un cambio de temperatura el cual se registró con los Hobo U12-001.

En el caso del vacío interior del panel se le colocó un cable Termopar modelo TC40, esto para verificar en todo momento que se conservara cerca de la temperatura ambiente.

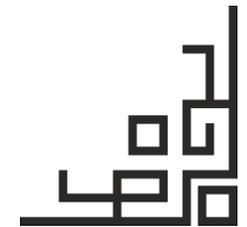
Las pruebas se realizaron por intervalos de tiempo de 15 minutos, después se dejó reposar el modulo durante 20 minutos para evitar el quiebre por temperatura las dimensiones de la capsula fueron de 1.10mts de largo por 0.32mts de ancho por 0.32mts Alto.

Divididos en 3 compartimentos, en la sección más grande la seccion del aire caliente se llegó a una temperatura de hasta 32.38°c y por lo contrario en el lado frío se redujo la temperatura hasta -55.8°c , pero al ser separada en dos camaras como ya antes se explicó, la sensación térmica dentro de esta fue de alrededor de 8°c .

Los Hobos pudieron registrar para la cara fría una temperatura de 20°C y para la cara caliente del panel 32°C . Al mismo tiempo se fue registrando con un Voltmetro BYG DT9205A el incremento de tensión derivada de la diferencia de temperaturas producida por la red interna (Ver figura 17).



Figura 17. Plataforma de experimentación montada en los laboratorios de Térmica de la facultad de Ingeniería de la UNAM unidad CU.

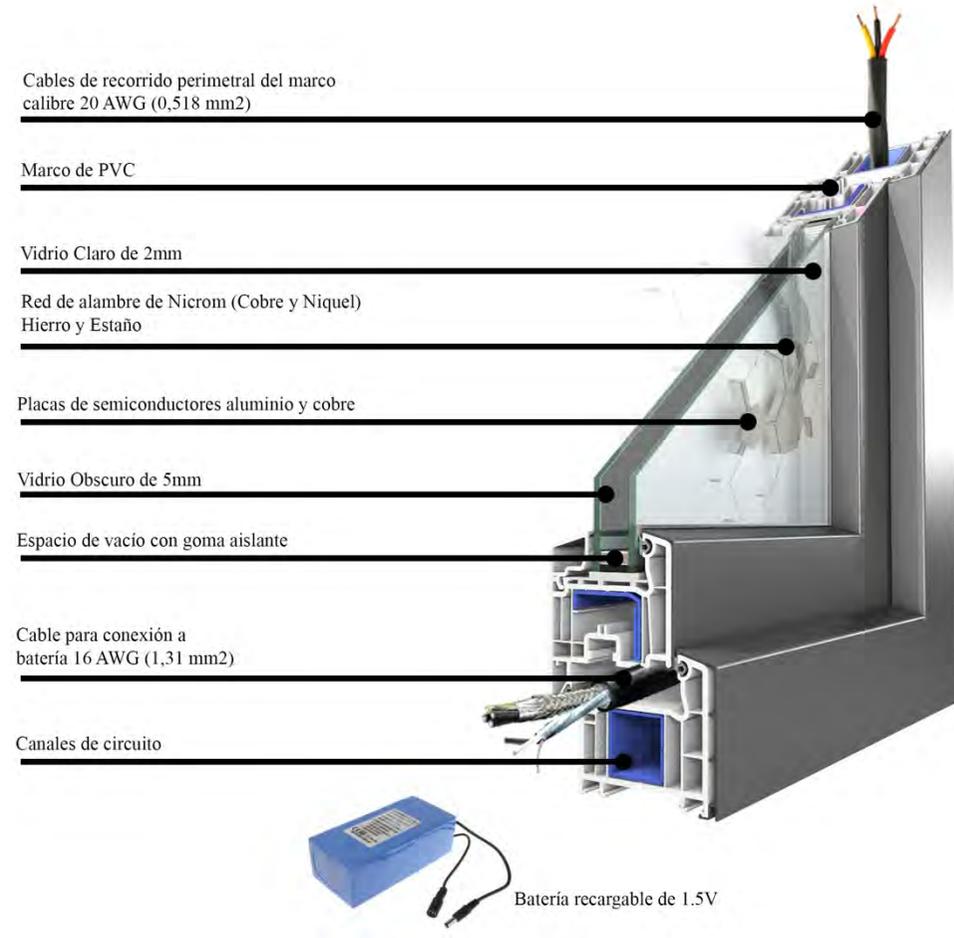


X.II. Producto

Lo siguiente es la primera imagen del prototipo pensado para la aplicación de redes conjuntas de metales para generación de energía por temperatura utilizando alambre de Hierro con junto a alambre de Nicrom que es una aleación de (Cobre y Níquel), Aluminio, Zinc o Estaño, estos al ser calentados producen una reacción de efecto Seebeck como ya se explicó anteriormente provocando oxidación que a su vez produce voltaje eléctrico (Ver figura 18).

La idea principal fue formar la red dentro de dos cubiertas de vidrio para que estas paredes formaran un “sándwich” que permitirá que los alambres se calienten produciendo el efecto físico estudiado, los marcos servirán como captadores de la energía que emane de la reacción del compuesto. Se contemplarán los aspectos de sustentabilidad, la idea de que el desarrollo debe ser sustentable implica el reconocer que los recursos naturales por su naturaleza son limitados y por lo tanto imponen un límite en las actividades socioeconómicas y físicas.⁵⁵

Figura 18.- Prototipo utilizando una red compuesta por Hierro y alguna de las variantes propuestas de otro alambre de metal, Nicrom, Zinc, Estaño o Aluminio, para la generación de voltaje por estimulación a diferenciales de temperatura, ©Manuel Alejandro Gutiérrez López.



⁵⁵ Dovers, Stephen, (1990). Sustainability in Context: An Australian Perspective. Environmental Management 14(3):297-305.

En el estudio realizado se determinó que los componentes óptimos para el prototipo serían una red de alambre de Nicrom y Hierro como conductores y para el caso de los semiconductores que estarían adosados al vidrio cobre y aluminio.

La idea del producto es la posibilidad de convertir a las edificaciones en artífices de su propia energía es el momento de que podamos hablar de sustentabilidad ya que esto puede ser definido como el proceso del cambio que responde a las metas universales de un cambio social apropiado, saludable y que puede ser mantenido indefinidamente sin degradar irreversiblemente la capacidad productiva de la naturaleza y su habilidad para mantener la población de un lugar.⁵⁶

El Producto logró actuar con respecto al siguiente diagrama el cual muestra la movilización de Q que se refiere al traslado de los electrones a través de la red del panel. (Ver figura 19).

Variables que intervienen en el balance térmico:

Q_a : Calor total absorbido por el panel de vidrio.

Q_d : Calor total disipado por el panel.

Q_{pf} : Calor absorbido por efecto Peltier.

Q_{pc} : Calor disipado por efecto Peltier.

Q_c : Calor generado por efecto de la conducción interna. (Parte del calor de la parte caliente vuelve a la cara fría por la diferencia de temperatura).

Q_j : Calor generado por efecto Joule. (Calor generado por el nivel de corriente que calienta la célula globalmente).

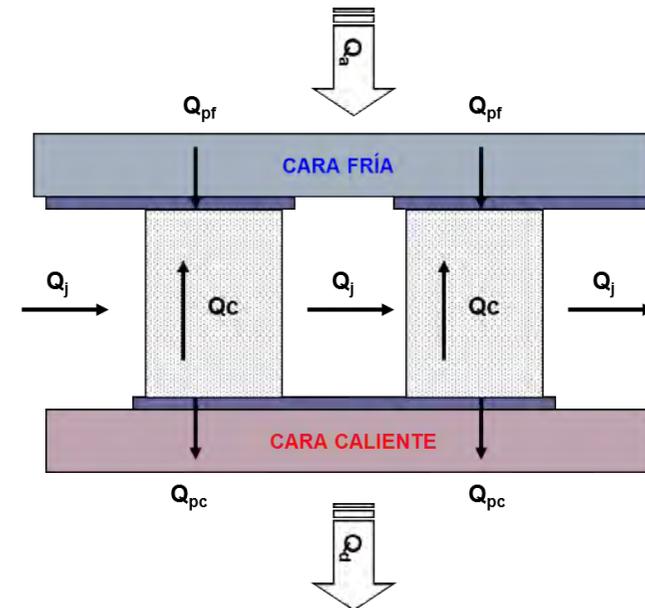


Figura 19.- Comportamiento del módulo termoelectrico a nivel de balance calorífico, <http://www.mundo-tecnia.com/>. Consultado Mayo 2015.

⁵⁶ Brown, B., M. Hanson, D. Liverman, and R. Merideth, 1987. Global Sustainability: Toward Definition. Environmental Management 11(6):713-719.

X.IV. Innovación

En conclusión, con este trabajo se pretende el desarrollo de la invasión en el campo de la tecnología para la edificación un material que no se ha propuesto con anterioridad para su aplicación en la Arquitectura, con lo cual se pretende encaminar la nueva visión de los aspectos de sustentabilidad constructiva ya que de ser logrado este componente el impacto será de amplio impacto para el medio ambiente y energético de la humanidad.

La energía termoeléctrica experimentará un gran crecimiento en los próximos años ya que la tecnología está suficientemente contrastada y el apoyo por parte de las distintas administraciones es cada vez mayor.

Los nuevos proyectos permitirán aprovechar un recurso abundante en zonas en las que otras tecnologías renovables no pueden funcionar. Es por ello una tecnología que debemos potenciar para poder llegar a alcanzar el tan anhelado crecimiento sostenible.

El material o componente, generará electricidad a partir de cambios de temperatura, maximizando el aprovechamiento de los recursos energéticos de las edificaciones al estar concentrado en el envolvente de las edificaciones y al cubrir completamente el envolvente producirá energía suficiente para el sustento por lo menos de un 25% de la energía requerida para el edificio.

Características puntuales: la utilización de otros compuestos termo eléctricos ya utilizados actualmente y la integración de principios físicos conocidos.

X.V. Pruebas de laboratorio

En este capítulo se pretende resaltar y encontrar las cualidades del material además de conocer todo tipo de propiedades a las que se podrá acceder una vez que se empiece con las pruebas de experimentación propuestas en este proyecto con pruebas.

- Térmicas
- Térmico lumínicas
- Estabilización estructural del material
- Capacidad de utilización en construcciones Arquitectónicas
- Coeficientes de transferencia de temperatura
- Pruebas mecánicas
- Prueba de comportamiento a condiciones contrarias
- Comportamiento al clima
- Análisis de condiciones optimas
- Monitoreo de capacidad de producción eléctrica

La idea principal fue formar la red dentro de dos cubiertas de vidrio para que estas paredes formen un Sándwich que permitiera que los alambres se calienten produciendo el efecto físico estudiado, los marcos servirán como canales para después llegar al almacenamiento de la energía, al colocar los semiconductores dispuestos eléctricamente en serie y térmicamente en paralelo, esto se distribuye a lo largo de cada elemento semiconductor del panel de vidrio, es decir, cada uno posee una diferencia de potencial proporcional a la polarización de entrada.

Por esta razón, los portadores mayoritarios, electrones débilmente ligados, emigran hacia el lado positivo de cada uno de sus extremos en los elementos semiconductores tipo N, debido a la atracción de cargas de diferente signo.

Mientras que los portadores mayoritarios, huecos de los elementos semiconductores P, emigran hacia la terminal negativa que se encuentra en cada uno de sus extremos.

Esta ausencia de cargas en cada elemento semiconductor cerca de la unión metal - semiconductor provoca un enrarecimiento de cargas y el consecuente descenso de temperatura en el área circundante.

Por otro lado, la compresión o acumulación de portadores cerca de la unión metal semiconductor en la parte baja de los elementos semiconductores, provoca un ascenso de temperatura.

Las pruebas efectuadas en laboratorio fueron:

- Térmicas
- Térmico lumínicas
- Estabilización estructural del material
- Coeficientes de transferencia de temperatura
- Pruebas mecánicas
- Prueba de comportamiento a condiciones contrarias
- Comportamiento al clima
- Análisis de condiciones optimas
- Monitoreo de capacidad de producción eléctrica

Las variables aleatorias y los elementos necesarios para que este modelo además de ser viable, funcione con éxito son:

1. Temperatura del sitio
2. Ángulo de incidencia solar
3. Consumo energético del edificio
4. Factores climatológicos del lugar de aplicación

Todas estas variables fueron consideradas para el módulo de experimentación ya que el panel estará sujeto a las condiciones climatológicas del sitio de aplicación.

Se programaron mediciones por día y por semana las cuales se llevaron a cabo en el (CIA) ⁵⁷ y en el laboratorio de térmica de la facultad de Ingeniería los resultados obtenidos fueron puestos en simuladores climatológicos para interpretar su mejor emplazamiento dentro de una edificación y los lugares donde éste podría trabajar de mejor manera, estos algunos de los resultados encontrados con base a las mediciones de un día Parámetros de rendimiento del panel con base al diferencial de temperatura entre cara interior y cara exterior.

X.VI. Resultados

Las pruebas se efectuaron en condiciones contraladas poniendo el panel dentro de una cápsula de acrílico dejando un espacio en el cual se reguló la temperatura, de un lado a 20°C ya en el otro a condiciones cercanas a los 32°C, el diferencial de temperatura registro tensión máxima de 3V, corriente máxima de 1.5 A, los cuales provocan una diferencia de temperaturas $\Delta T=12^{\circ}\text{C}$ entre la cara caliente y la cara fría.

De los datos de la muestra, la columna X corresponde a la diferencia de temperatura entre caras del vidrio termoelectrico en grados centígrados y para la columna Y se muestra la energía producida en volts (Ver tabla 2).

	X	Y	Y2	valores ajustados de y	residuo Y	valores ajustados de Y2	residuo Y2	cuadrado del residuo
1	2.68	0.760	0.578	0.77	-0.0104	0.578	-0.0007	0.00010858
2	2.69	0.760	0.578	0.77	-0.0115	0.580	-0.0028	0.00013248
3	2.71	0.771	0.594	0.77	-0.0027	0.584	0.0100	0.00000724
4	2.71	0.771	0.594	0.77	-0.0027	0.584	0.0100	0.00000724
5	2.71	0.771	0.594	0.77	-0.0027	0.584	0.0100	0.00000724
6	2.73	0.779	0.607	0.78	0.0031	0.588	0.0182	0.00000980
7	2.78	0.783	0.613	0.78	0.0017	0.598	0.0142	0.00000282
8	2.78	0.783	0.613	0.78	0.0017	0.598	0.0142	0.00000282
9	2.78	0.783	0.613	0.78	0.0017	0.598	0.0142	0.00000282
10	2.82	0.785	0.616	0.79	-0.0007	0.607	0.0091	0.00000046
11	2.84	0.788	0.621	0.79	0.0001	0.611	0.0097	0.00000002
12	2.85	0.788	0.621	0.79	-0.0010	0.613	0.0076	0.00000090
13	2.88	0.789	0.623	0.79	-0.0032	0.619	0.0030	0.00001037
14	2.89	0.789	0.623	0.79	-0.0043	0.621	0.0010	0.00001858
15	2.92	0.793	0.629	0.80	-0.0036	0.627	0.0011	0.00001282
16	2.92	0.793	0.629	0.80	-0.0036	0.627	0.0011	0.00001282
17	2.92	0.793	0.629	0.80	-0.0036	0.627	0.0011	0.00001282
18	2.94	0.796	0.634	0.80	-0.0028	0.631	0.0018	0.00000762
19	2.95	0.799	0.638	0.80	-0.0008	0.633	0.0045	0.00000072
20	2.98	0.802	0.643	0.80	-0.0011	0.640	0.0031	0.00000125
21	2.98	0.802	0.643	0.80	-0.0011	0.640	0.0031	0.00000125
22	2.98	0.803	0.645	0.80	-0.0001	0.640	0.0047	0.00000001
23	3.22	0.825	0.681	0.83	-0.0043	0.689	-0.0089	0.00001832

⁵⁷ Centro de Ingeniería Avanzada de la UNAM.

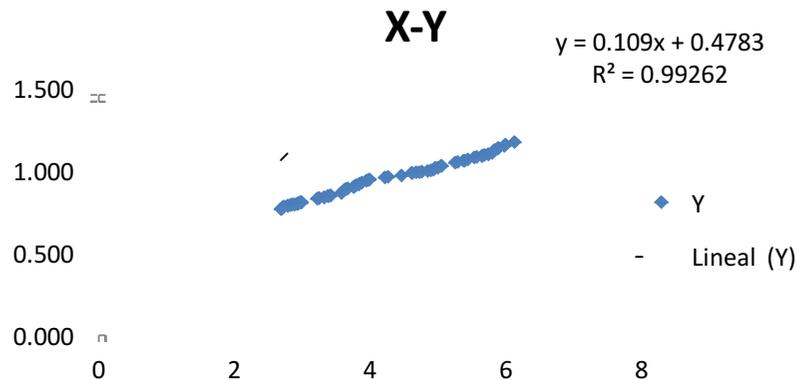
24	3.24	0.828	0.686	0.83	-0.0035	0.693	-0.0080	0.00001197
25	3.24	0.828	0.686	0.83	-0.0035	0.693	-0.0080	0.00001197
26	3.32	0.832	0.692	0.84	-0.0082	0.710	-0.0179	0.00006691
27	3.32	0.833	0.694	0.84	-0.0072	0.710	-0.0162	0.00005155
28	3.38	0.838	0.702	0.85	-0.0087	0.722	-0.0202	0.00007604
29	3.38	0.838	0.702	0.85	-0.0087	0.722	-0.0202	0.00007604
30	3.41	0.845	0.714	0.85	-0.0050	0.728	-0.0146	0.00002490
31	3.41	0.845	0.714	0.85	-0.0050	0.728	-0.0146	0.00002490
32	3.57	0.861	0.741	0.87	-0.0064	0.761	-0.0202	0.00004134
33	3.57	0.861	0.741	0.87	-0.0064	0.761	-0.0202	0.00004134
34	3.62	0.878	0.771	0.87	0.0051	0.771	-0.0010	0.00002621
35	3.64	0.882	0.778	0.88	0.0069	0.776	0.0019	0.00004816
36	3.67	0.885	0.783	0.88	0.0067	0.782	0.0011	0.00004449
37	3.75	0.894	0.799	0.89	0.0070	0.798	0.0006	0.00004830
38	3.76	0.899	0.808	0.89	0.0109	0.800	0.0075	0.00011794
39	3.79	0.907	0.823	0.89	0.0156	0.806	0.0158	0.00024305
40	3.83	0.912	0.832	0.90	0.0162	0.815	0.0166	0.00026341
41	3.84	0.915	0.837	0.90	0.0181	0.817	0.0201	0.00032906
42	3.87	0.922	0.850	0.90	0.0219	0.823	0.0268	0.00047830
43	3.94	0.934	0.872	0.91	0.0262	0.837	0.0346	0.00068854
44	3.97	0.938	0.880	0.91	0.0270	0.843	0.0359	0.00072738
45	3.99	0.942	0.887	0.91	0.0288	0.848	0.0393	0.00082886
46	4.21	0.955	0.912	0.94	0.0178	0.893	0.0187	0.00031720
47	4.26	0.957	0.916	0.94	0.0144	0.903	0.0122	0.00020621
48	4.46	0.964	0.929	0.96	-0.0004	0.944	-0.0155	0.00000019
49	4.61	0.981	0.962	0.98	0.0002	0.975	-0.0133	0.00000004
50	4.62	0.981	0.962	0.98	-0.0009	0.977	-0.0154	0.00000077

51	4.67	0.983	0.966	0.99	-0.0043	0.988	-0.0218	0.00001875
52	4.72	0.986	0.972	0.99	-0.0068	0.998	-0.0262	0.00004597
53	4.76	0.989	0.978	1.00	-0.0081	1.006	-0.0285	0.00006626
54	4.84	0.993	0.986	1.01	-0.0129	1.023	-0.0370	0.00016538
55	4.89	0.995	0.990	1.01	-0.0163	1.033	-0.0433	0.00026602
56	4.93	0.999	0.998	1.02	-0.0167	1.041	-0.0436	0.00027789
57	4.96	1.010	1.020	1.02	-0.0089	1.047	-0.0277	0.00007992
58	4.99	1.012	1.024	1.02	-0.0102	1.053	-0.0298	0.00010424
59	5.04	1.022	1.044	1.03	-0.0057	1.064	-0.0198	0.00003204
60	5.05	1.022	1.044	1.03	-0.0068	1.066	-0.0218	0.00004556
61	5.25	1.042	1.086	1.05	-0.0086	1.107	-0.0217	0.00007310
62	5.29	1.045	1.092	1.05	-0.0099	1.115	-0.0237	0.00009821
63	5.37	1.053	1.109	1.06	-0.0106	1.132	-0.0234	0.00011300
64	5.39	1.055	1.113	1.07	-0.0108	1.136	-0.0233	0.00011686
65	5.44	1.063	1.130	1.07	-0.0083	1.146	-0.0166	0.00006823
66	5.53	1.074	1.153	1.08	-0.0071	1.165	-0.0117	0.00004998
67	5.57	1.078	1.162	1.09	-0.0074	1.173	-0.0113	0.00005520
68	5.64	1.082	1.171	1.09	-0.0111	1.187	-0.0171	0.00012232
69	5.65	1.085	1.177	1.09	-0.0091	1.189	-0.0126	0.00008372
70	5.68	1.089	1.186	1.10	-0.0084	1.196	-0.0101	0.00007090
71	5.74	1.094	1.197	1.10	-0.0100	1.208	-0.0115	0.00009920
72	5.74	1.095	1.199	1.10	-0.0090	1.208	-0.0093	0.00008028
73	5.79	1.101	1.212	1.11	-0.0084	1.218	-0.0065	0.00007073
74	5.82	1.119	1.252	1.11	0.0063	1.224	0.0273	0.00003994
75	5.84	1.123	1.261	1.11	0.0081	1.229	0.0322	0.00006626
76	5.88	1.128	1.272	1.12	0.0088	1.237	0.0352	0.00007709
77	5.89	1.132	1.281	1.12	0.0117	1.239	0.0422	0.00013666

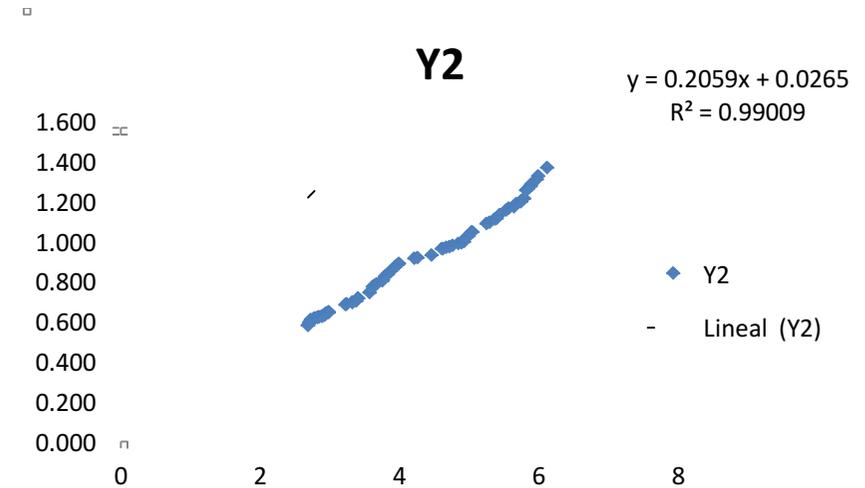
78	5.97	1.144	1.309	1.13	0.0150	1.255	0.0530	0.00022410
79	5.99	1.151	1.325	1.13	0.0198	1.259	0.0650	0.00039164
80	6.12	1.169	1.367	1.15	0.0236	1.286	0.0800	0.00055790
		0.927			Promedio de la diferencia elevadas al cuadrado			0.00011089
							Raíz del promedio	0.01053058
							Raíz del error medio cuadrático	0.01135464
								1.14%

Tabla 2.- Resultados de medición de prueba al modelo de vidrio termoelectrico.

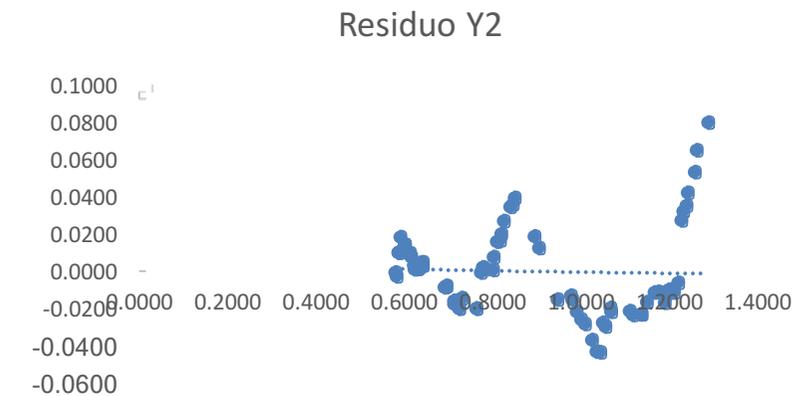
Gráfica de dispersión de puntos relación X-Y, correlación R y ecuación de la recta, la raíz del error medio cuadrático es igual a 1.14% (Ver gráfica 2, 3, 4 y 5).



Gráfica 2.- Resultados de medición de prueba al modelo de vidrio termoelectrico X-Y.

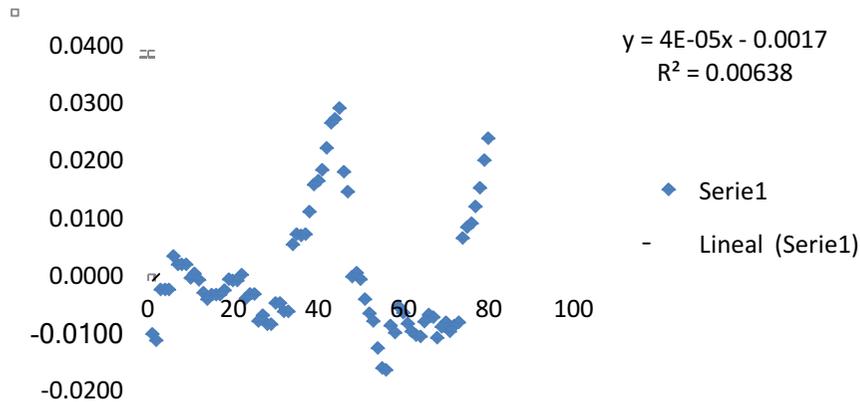


Gráfica 3.- Resultados de medición de prueba al modelo de vidrio termoelectrico Y ajustada.



Gráfica 4.- Resultados de medición de prueba al modelo de vidrio termoelectrico Y².

Residuo de Y entre el número de datos por incremento den la diferencia de temperatura entre cara y cara del vidrio.

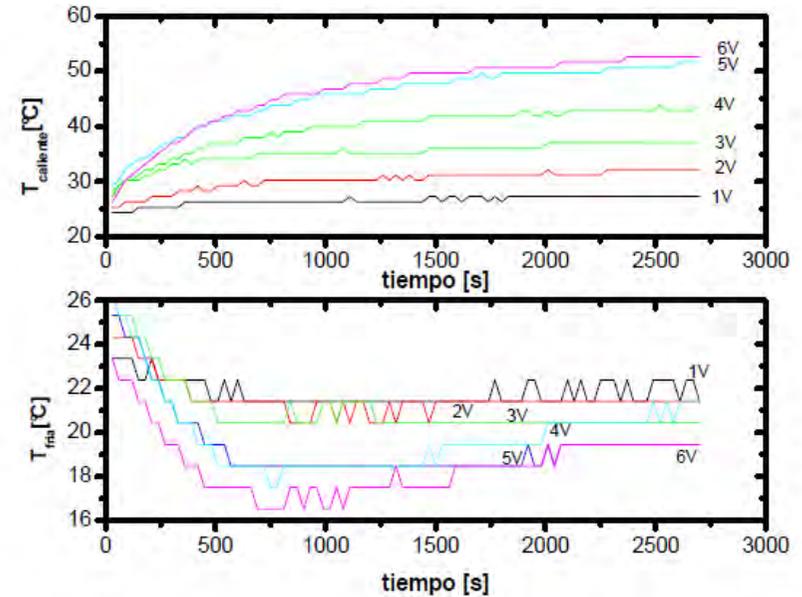


Gráfica 5.- Resultados de medición de prueba al modelo de vidrio termoeléctrico sobre R^2 .

La adquisición de datos se llevó a cabo a una temperatura ambiente de 25 °C y mediante un sistema DAQ, USB-1208FS del fabricante Measurement Computing. Los datos adquiridos fueron registrados y en archivo utilizando un instrumento virtual.

Implementado con el software Labview 6.1 de National Instruments en una computadora personal. Los parámetros adquiridos son: voltaje del módulo, corriente del módulo, temperatura de la cara fría, temperatura de la cara caliente y el tiempo.

Este comportamiento nos permite afirmar que, si invertimos la polaridad de la fuente de alimentación, la cara fría ahora calentará y la cara caliente sufrirá un descenso de temperatura, que producirán voltaje (Ver gráfica 6).

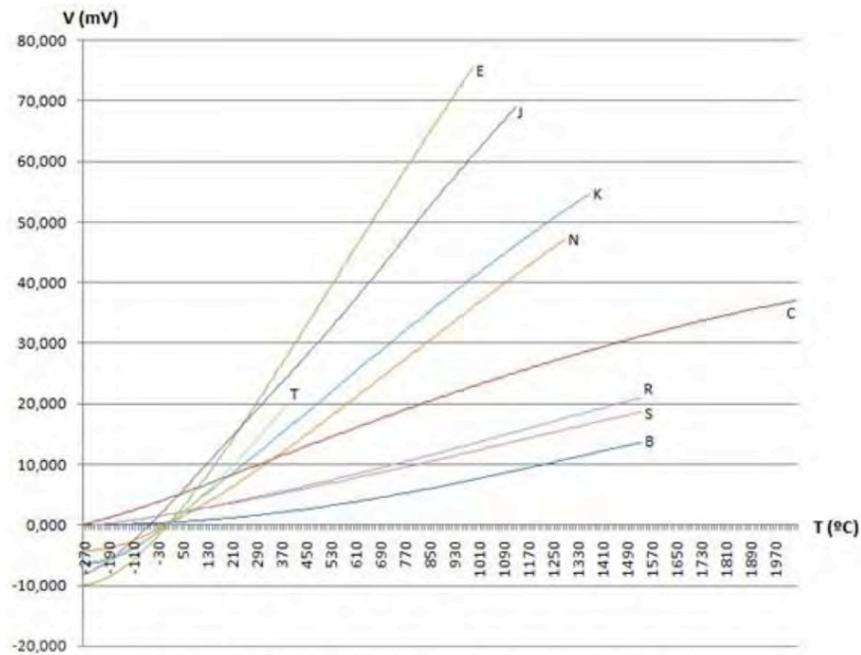


Gráfica 6. Compresión y enrarecimiento de portadores de carga cerca de la unión metal semiconductor en el panel de vidrio termoeléctrico.

El voltaje de polarización máximo del módulo empleado es de 6 VCD, con una corriente nominal máxima de 3 A y con una diferencia de temperaturas máxima de 40 °C. Las diferentes pruebas de caracterización de la celda fueron realizadas conforme a la metodología descrita anteriormente en la sección correspondiente. El nivel de voltaje de polarización fue incrementado desde 1V hasta 6 V en incrementos de 1V.

Los resultados obtenidos para el comportamiento de las temperaturas de las caras fría y caliente del módulo contra el tiempo.

Al revisar la relación de voltaje de cada uno de los termopares que se mostraron con anterioridad en la figura 4.1 se puede concluir que al utilizar un termopar tipo T de Nicrom y una red de alambre de Hierro y Estaño su relación de voltaje contra temperatura es considerablemente buena para el uso en el vidrio termoelectrico (Ver gráfica 7).



Gráfica 7. Relación de voltaje contra temperatura de termopares más comunes, <http://www.sistematismos.com/>. Consultado Enero 2015.

XI. Conclusión y discusión

Es requerido un estudio de efectos físicos los cuales permitirán que esto se lleve a cabo con su correcta integración en el prototipo de investigación, el cual demuestra que es posible la generación de cosecha de energía al utilizar un vidrio termoeléctrico en la envolvente arquitectónica y con ello que la utilización de este compuesto sea posible en la industria de la construcción.

Ahora bien, al utilizar la temperatura dentro y fuera del edificio, producida por los aparatos eléctricos, la radiación solar, los usuarios y la suma de distintos factores generadores de calor, podríamos generar energía necesaria para utilizarla directamente en el inmueble.

Los resultados experimentales obtenidos permiten concluir cautelosamente que la respuesta al estímulo por temperatura del panel de vidrio es considerablemente alta para la producción de energía eléctrica con respecto al diferencial de temperatura al que se le someta, por ello se piensa que es factible emplear este tipo de elementos como una forma alternativa en aplicaciones relacionadas a la generación de energía, pero en lugares donde las condiciones sean las adecuadas, lugares donde el factor de bulbo seco influye en el clima ya que entre mayor diferencial de temperatura al exterior y al interior del panel se obtendrá mejor rendimiento, su aplicación podría estar destinada a ciudades como California, Sonora, Chihuahua o lugares con condiciones de bulbo seco.

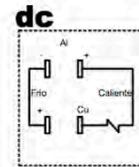
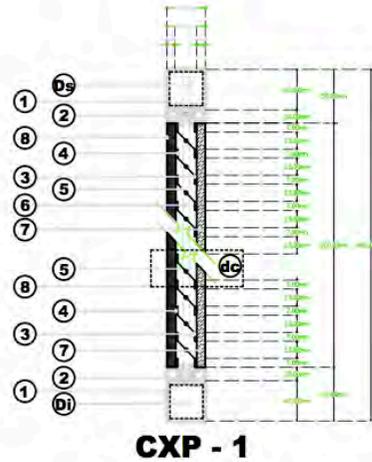
Además de que las condiciones de emplazamiento y de orientación de cada construcción donde la aplicación vaya a ser aplicada debe de ser estudiada para obtener de este material su mejor rendimiento, entendiéndose que a una mayor diferencia de temperatura entre el interior y el exterior producirá una mayor cantidad de energía.

XI.I. Anexo

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en la experimentación y considerando el uso de la tecnología Sol-Gel de la cual se mostró el prototipo en la página 22 de este documento se anexa una segunda propuesta para su realización futura.

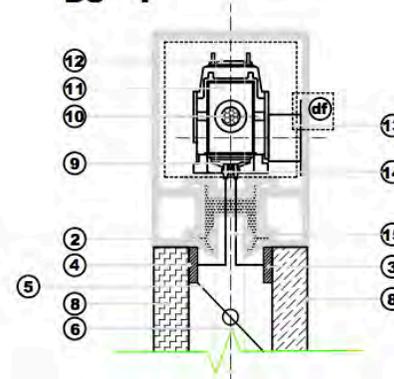
No.	Concepto	Cantidad
1	Cancel de aluminio tipo Bolisa 3000 de 3° Color Negro.	1.20m
2	Junta fría aislante, plástica o base de sílice o polímero inorgánico derivado del polioxiciano.	0.012m3
3	Conductor a cristal claro a base de Mica de Aluminio (Al) de 0.02mm de grosor de 7mm x 1mm, dispuesta en tresbolillo a lo largo del área de calentamiento.	21Pz
4	Conductor a cristal opaco a base de Mica de Cobre (Cu) de 0.01mm de grosor de 7mm x 1mm, dispuesta en tresbolillo a lo largo del área de enfriamiento.	21Pz
5	Semiconductor eléctrico a base de seleniuro de zinc (ZnSe) es un compuesto químico binario, semiconductor intrínseco con una banda prohibida de 2.7 eV, aproximadamente a 25 °C y Teluriro de plomo (PbTe) es un compuesto del plomo y del telurio (PbTe).	0.1125kg
6	Núcleo de tensión por vacío.	0.0106m3
7	Vidrio templado claro de 6mm de 0.30m x 0.30m.	0.09m2
8	Vidrio laminado oscuro de 6mm de 0.30m x 0.30m.	0.09m2
Ds	Detalle superior	
Di	Detalle inferior	

No.	Concepto	Cantidad
16	Disipador de aluminio (Al) multi apoyo 2.3cm x 2.3cm.	1Pz
17	Colector eléctrico con batería de sílice con capacidad para 9v de 5cm x 3cm.	1Pz
18	Diodo semiconductor, para evitar regresión de la energía hacia el módulo.	1Pz
19	Bornera o culca negra de 1cm.	1Pz
20	Capacitor cerámico no.104 de (1µf).	2Pz
21	Interruptor de pulsador.	1Pz

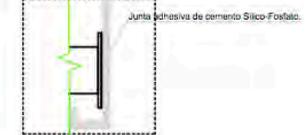


No.	Concepto	Cantidad
9	Diodos de contacto para capacitor a base de cobre (Cu).	2Pz
10	Cable de calibre 18 para evitar caída de tensión eléctrica.	0.68m
11	Potenciómetro de 1Mohm	1Pz
12	Disipador tipo a de 2 aristas, sin estrías de 3cm x 3cm.	1Pz
13	Fijación de integrados a pared del cancel de aluminio, ver (df) "detalle de fijación".	0.003m3
14	Conexión de red en módulo de panel a integrados por medio de alambres de cobre del no.22	1.60m
15	Acornelida red de alambre del no.22.	0.10m

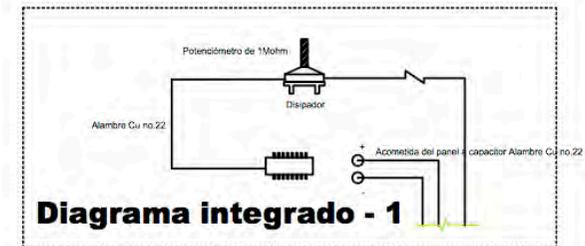
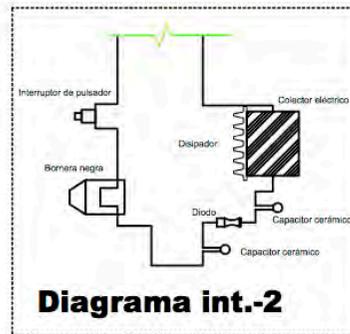
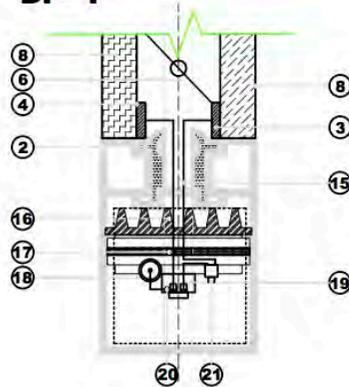
Ds - 1



df



Di - 1



Corte a Prototipo

TAIMEC		Arq. Guillermo Lopez Manuel Alajandro	
TECNOLÓGICA INGENIERÍA Y ARQUITECTURA DE MATERIALES ELÉCTRICOS Y DISPOSITIVOS	1.00m	0.68m	
Figura de vista: Isométrico	450gr.	0.003m3	
Escala: 1:1	24/08/2015	1.60m	
		0.10m	CxP-1

XI.II. Bibliografía

1. Concilio Nacional de Investigación de los Estados Unidos, (2000). Ecological Indicators for the Nation. National Academy Press.
2. McHarg, Ian L (2000), Proyectar con la naturaleza, Ed. Gustavo Gili México.
3. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino (2009). «Inventario de Emisiones a la Atmósfera de España 1990-2007.
4. Acosta Esparza Daniel, (1978), UIA “Técnicas en la investigación”, Ed. Trillas, México.
5. Onoda, G.Y. and Hench, L.L, (1979), Ceramic Processing Before Firing Wiley & Sons, New York.
6. Gupta R, Chaudhury NK; Chaudhury (2007). "Entrapment of biomolecules in sol-gel matrix for applications in biosensors: problems and future prospects". Biosens Bioelectron 22 (11): 2387–99
7. Dubbs D. M, Aksay I.A.; Aksay (2000). "Self-Assembled Ceramics". Ann. Rev. Phys. Chem. 51: 601–22
8. Rosa-Fox, N. de la; Pinero, M.; Esquivias, L. (2002): Organic-Inorganic Hybrid Materials from Sonogels. 2002.
9. Brinker, C.J.; G.W. Scherer (1990). Sol-Gel Science: The Physics and Chemistry of Sol-Gel Processing. Academic Press.
10. Klein, L.C. and Garvey, G.J., "Kinetics of the Sol-Gel Transition" Journal of Non-Crystalline Solids, Vol. 38, p.45 (1980)
11. Sakka, S. et al., "The Sol-Gel Transition: Formation of Glass Fibers & Thin Films", J. Non-Crystalline Solids, Vol. 48, p.31 (1982)
12. Webster's Third New English Dictionary. Merriam-Webster Inc., Publishers. Springfield, Massachusetts, U. S. A. (1986).
13. O. Yamashita and S. Tomiyoshi, Effect of annealing on thermoelectric properties of bismuth telluride compounds, Japanese Journal of Applied Physics, Vol. 42 (2003), pp. 492.
14. Besançon, Robert M. (1985). The Encyclopedia of Physics. Van Nostrand Reinhold Company.
15. Namakforoosh Mohammad, Naghi (2003). *Metodología de la investigación Tipos de investigación*, Ed. Limusa, México.
16. Dovers, Stephen, 1990. Sustainability in Context: An Australian Perspective. Environmental Management 14(3):297-305.
17. Brown, B., M. Hanson, D. Liverman, and R. Merideth, 1987. Global Sustainability: Toward Definition. Environmental Management 11(6):713-719.
18. Dattner, Richard (1991), *Caring for the Earth*, Suiza, IUCN/UNEP/WWF, vol. 34.

19. Givoni, Baruch (1997), *Climate Consideration in Buildings and Urban Designs*, Nueva York, John Wiley and Sons.
20. Instituto de Recursos Naturales (1992), *A Guide to the Global Environment*, Canadá, Toronto University Press.
21. G. Mchar, Ian (1997), *Design with Nature* (25° aniversario de la edición), Nueva York, John Wiley and Sons.
22. Thompson, William (2000), *Sustainable Landscape Construction*, Washington D.C., Island Press.
23. Wilson, Alex (1998), *Rocky Mountain Institute, Green Development: Integrating Ecology and Real State*, Nueva York, John Wiley and Sons.
24. Fundamento de la ciencia e ingeniería de materiales, ing. William F. Smith, 2da. Edición, 1993, McGraw-Hill.
25. Engineering Materials, Properties and Selection, Kenneth G. Budinski, 5ta. Edición, 1996, Prentice Hall Ed.
26. Manual del Vidrio, Saint-Gobain Glass 1era. Edición, 2002, Plazola Editores, Museo del Vidrio, Monterrey, Nuevo León.
27. Glebov, Leonid B. and Glebova, Larissa; swelling of photo-thermo-refractive glass resulted from thermal development; *glasstech. Ber. Glass sci technol*, 75 c 2(2002).
28. Nepomiluev, A.M. y colaboradores; structure of sulfate-phosphate glasses; glass physics and chemistry, Vol. 28 No 1 (2002).
29. Sheu, Tzer-shin y colaboradores; Hydrated Behaviors and Mechanical properties of silicate-containing Dental glasses; *Proc. Natl. Sci. Counc. Vol. 24; No. 4; (2000)*.
30. Glebov, Leonid B. y colaboradores; photoinduced chemical etching of silicate and borosilicate glasses; *Glasstech. Ber. Glass Sci. Technol.* 75 C2 (2002).
31. Beaso, W.y colaboradores; Hurricane related window glass damage in Houston; the journal of structural Engineering, Vol. 110, No 12, December, (1984).
32. Flocker, F.W. and Dharani, L.R.; Modelling fracture in laminated architectural glass subject to low velocity impact; *Jornal of Materials Science*; Vol. 32; No. 7 (1997).
33. Minor, Joseph E. y colaboradores; Failure strengths of laminated glass; *The journal of structural engineering*; vol 116; No. 4, (1990).
34. Suzuki, S y colaboradores; Glass-ceramic from sewage sludge ash; *Journal of materials science* vol 32; No. 22, (1997).
35. El-Shaf, Morsi; Optical absorption and infrared studies of some silicate glasses containing titanium; *Journal of materlias science*; Vol. 32, No. 19; (1997).

36. Donald, W. y colaboradores; The immobilization of high level radioactive wastes using ceramics and glasses; Journal of materials science; Vol. 32, No. 22; (1997).
37. SAP 2000, Static and Dynamic Finite Element Analysis of Structures Standard, Computers and Structures, Inc., Berkeley, California, USA, Version 8.3.3, 2004.
38. Seguí William(2000), Diseño de estructuras de acero con LRFD, Madrid, International Thomson.
39. Sunday Steve, Frank Armao, Randy Killian (2005), Aluminum Design Manual Specifications and Guidelines for Aluminum Structures, The Aluminum Association.
40. The Aluminum Association, Aluminum Standards and Data, The Aluminum Association, USA, 1997
41. UNE-EN 13830, Fachadas Ligeras, Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR), Madrid, España, 2004
42. UNE-EN 1991-1-1:2003, Acciones en estructuras. Parte 1-1. Acciones generales. Pesos específicos, pesos propios y sobrecargas de uso en edificios. Eurocódigo 1. Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR), Madrid, España, 2003.
43. VITRO (2008), Manual General de Usos y Aplicaciones, México, Vitro Vidrio y Cristal.
44. Zamora Joan Lluís y Juan Manuel Calderón (2005), Diseño de Fachadas Ligeras Manual de introducción al proyecto arquitectónico, Catalunya España Hydro Buildings Systems.

XI.III. Glosario

Paradigma: ejemplo o modelo, usado en el ámbito científico u otro contexto epistemológico, el término paradigma puede indicar el concepto esquema formal de organización, y ser utilizado como sinónimo de marco teórico o conjunto de teorías.

Sostenible: Característica o estado según el cual pueden satisfacerse las necesidades de la población actual y local sin comprometer la capacidad de generaciones futuras o de poblaciones de otras regiones de satisfacer sus necesidades.

Alternativa: Posibilidad de elegir entre opciones o soluciones diferentes, opción o solución que es posible elegir entre varias.

Alcalinotérreo: Se aplica al elemento químico metálico que tiene propiedades parecidas a las de los metales alcalinos y pertenece al segundo grupo de la tabla periódica: son alcalinotérreos el berilio, el magnesio, el calcio, el estroncio, el bario y el radio.

Butiral de polivinilo, también conocido simplemente como Butiral (PVB), es un compuesto químico resultado de mezclar alcohol de polivinilo (PVA) con butiral de hido. El material resultante es un polímero de gran adherencia y durabilidad, utilizado principalmente en la industria del vidrio.

Constantán: Es una aleación, generalmente formada por un 55% de cobre y un 45% de níquel ($\text{Cu}_{55}\text{Ni}_{45}$). Se caracteriza por tener una resistencia eléctrica constante en un amplio rango de temperaturas, es uno de los materiales más utilizados para la fabricación de monedas. También se usa habitualmente en el diseño de galgas extensiométricas dadas sus apropiadas características para este uso. Hay otras aleaciones conocidas por tener también un muy pequeño coeficiente de temperatura, por ejemplo, el manganin ($\text{Cu}_{86}\text{Mn}_{12}\text{Ni}_2$).

Constante: Persiste, durable que tiene continuidad con valor fijo determinado.

Domótica: Es el conjunto de sistemas capaces de automatizar una vivienda, aportando servicios de gestión energética, seguridad, bienestar y comunicación, y que pueden estar integrados por medio de redes interiores y exteriores de comunicación, cableadas o inalámbricas, y cuyo control goza de cierta ubicuidad, desde dentro y fuera del hogar. Se podría definir como la integración de la tecnología en el diseño inteligente de un recinto cerrado.

Edificio: Pertenece o relativo a las obras o actividades de carácter municipal, especialmente las relacionadas con la edificación.

Espín: Del inglés spin 'giro, girar' es una propiedad física de las partículas elementales por el cual tienen un momento angular intrínseco de valor fijo. El espín fue introducido en 1925 por Ralph Kronig e, independientemente, por George Uhlenbeck y Samuel Goudsmit.

Hidrólisis: Formación de un ácido y una base a partir de una sal por interacción con el agua y descomposición de sustancias orgánicas por acción del agua.

Variable: Que varía o puede variar, que está sujeto a cambios frecuentes o probables.

Prospectiva: Relativo al futuro, conjunto de análisis y estudios sobre las condiciones técnicas, científicas, económicas y sociales de la realidad futura con el fin de anticiparse a ello en el presente.

Interfaz: Es la conexión entre dos ordenadores o máquinas de cualquier tipo dando una comunicación entre distintos niveles.

Coloide: El término coloide se utiliza principalmente para describir una amplia gama de líquido-sólido (y / o líquido-líquido) mezclas, todos los cuales contienen sólido (y / o líquido) partículas diferenciadas que están dispersadas en varios grados en un medio líquido.

El término es específico para el tamaño de las partículas individuales, que son más grandes que las dimensiones atómicas, pero lo suficientemente pequeño para exhibir movimiento browniano. Si las partículas son lo suficientemente grandes, entonces su comportamiento dinámico en cualquier período de tiempo determinado en suspensión se regiría por las fuerzas de la gravedad y la sedimentación.

Pero si son lo suficientemente pequeñas para ser coloides, entonces su movimiento irregular en suspensión se puede atribuir al bombardeo colectiva de una gran variedad de moléculas térmicamente nerviosos en el medio de suspensión líquido, tal como se describe originalmente por Albert Einstein en su disertación. Einstein llegó a la conclusión de que este comportamiento errático adecuadamente puede ser descrito usando la teoría del movimiento browniano, con la sedimentación con un posible resultado a largo plazo. Este rango de tamaño crítico (o diámetro de las partículas) suele oscilar entre decenas de angstroms (10⁻¹⁰ m) hasta unos pocos micrómetros (10⁻⁶ m).

Raciocinatio: Juicio por el cual pasan las obras de las artes.

Praxis: Implica emprender una filosofía que difiera de la pura especulación, o de la contemplación. Mientras que una lección solamente se aprovecha a nivel intelectual, en un aula, las ideas se prueban y experimentan en el mundo real, secundadas por contemplación reflexiva. De esta manera los conceptos abstractos se conectan con la realidad vivida.

Floculación: Es un proceso químico mediante el cual, con la adición de sustancias denominadas floculantes, se aglutinan las sustancias coloidales presentes en el agua, facilitando de esta forma su decantación y posterior filtrado.

Fonones: Un fonón es una cuasipartícula o modo cuantizado vibratorio que tiene lugar en redes cristalinas como la red atómica de un sólido. El estudio de los fonones es una parte importante en la Física del estado sólido debido a que desempeñan una función muy importante en muchas de sus propiedades físicas, incluidas las conductividades térmica y eléctrica. En particular, las propiedades de los fonones de longitud de onda larga generan sonido en los sólidos, por ejemplo, al golpear fragmentos de fonolitas: rocas ígneas extrusivas. De aquí el nombre fonón, del griego φωνέ: foné, que significa sonido. En aislantes, los fonones constituyen el proceso primario por el cual se genera la conducción de calor.

Butiral de polivinilo: también conocido simplemente como Butiral (PVB), es un compuesto químico resultado de mezclar alcohol de polivinilo (PVA) con butiraldehído. El material resultante es un polímero de gran adherencia y durabilidad, utilizado principalmente en la industria del vidrio.

Matificar: Volver una superficie de un color brillante a uno mate o opaco.

Sinterización: Es el tratamiento térmico de un polvo o compactado metálico o cerámico a una temperatura inferior a la de fusión de la mezcla, para aumentar la resistencia mecánica de la pieza, ya que se ha aumentado el tamaño de grano.



XII. Índice de figuras

Figura 1.- Circuito que muestra el efecto Seebeck, con respecto a la inducción de calor sobre el material. **Pág. 15**

Figura 2.- Fenómeno que se origina según la orientación de la corriente. **Pág. 18**

Figura 3.- Suma de factores de gestión de energía, para un mundo sustentable. **Pág. 20**

Figura 4.- Prototipo número 2 utilizando una película de Sol-Gel. **Pág. 23**

Figura 5.- Generador termoeléctrico en escape de automóvil. **Pág. 39**

Figura 6.- Las botas Power Wellies recargan el móvil con la termoelectricidad generada por el calor de los pies. **Pág. 39**

Figura 7.- Estos materiales, que generan electricidad a partir de cambios de temperatura. **Pág. 40**

Figura 8.- Sistema de enfriamiento por medio de dispositivos termoeléctricos. **Pág. 41**

Figura 9.- Cualidades del vidrio aplicado en la edificación. **Pág. 52**

Figura 10.- Maleabilidad del vidrio aplicado en la edificación. **Pág. 54**

Figura 11. Vidrio sometido a flexión en ASTM E-1300. **Pág. 56**

Figura APD 1.- Vista del ASTM E-1300. **Pág. 61**

Figura APD 2.- Vista del modelo para soporte específico de un panel de vidrio termoeléctrico, contemplando sus necesidades. **Pág. 68**

Figura APD 3.- Modelo de prueba, para el análisis de forma de panel de vidrio termoeléctrico en SAP2000. **Pág. 69**

Figura APD 4.- El esfuerzo máximo visualización en SAP2000. **Pág. 70**

Figura APD 5.- Una vez que se modeló la pieza con la geometría mencionada y la carga en SAP2000. **Pág. 72**

Figura 12.- Aplicación del vidrio termoeléctrico bajo las condiciones analizadas, siempre las acciones de viento resultan mayores que las correspondientes al peso de los elementos de la fachada. **Pág. 73**

Figura 13.- Colocación del vidrio termoeléctrico en fachada. **Pág. 75**

Figura 14.- Ejemplo del modelo de análisis. **Pág. 80**

Figura 15.- Plataforma para el módulo con aplicación de elementos y materiales de experimentación. **Pág. 81**

Figura 16.- Capsula de experimentación. **Pág. 82**

Figura 17. Plataforma de experimentación montada en los laboratorios de Térmica de la facultad de Ingeniería de la UNAM unidad CU. **Pág. 83**

Figura 18.- Prototipo utilizando una red compuesta por Hierro y alguna de las variantes propuestas de otro alambre de metal, Nicrom, Zinc, Estaño o Aluminio. **Pág. 84**

Figura 19.- Comportamiento del módulo termoelectrico a nivel de balance calorífico. **Pág. 85**

XII.I. Índice de tablas

Tabla 1.- Prototipo para experimentación utiliza una red de termopar tipo “T”, porque es la más sensible respecto a la temperatura. **Pág. 29**

Tabla 2.- Resultados de medición de prueba al modelo de vidrio termoelectrico. **Pág. 88**

XII.II. Índice de gráficas

Gráfica 1.- Media global del cambio de temperatura superficial en 1880-2015, respecto a la media de 1951-1980. **Pág. 77**

Gráfica 2.- Resultados de medición de prueba al modelo de vidrio termoelectrico X-Y. **Pág. 90**

Gráfica 3.- Resultados de medición de prueba al modelo de vidrio termoelectrico Y ajustada. **Pág. 90**

Gráfica 4.- Resultados de medición de prueba al modelo de vidrio termoelectrico Y^2 . **Pág. 90**

Gráfica 5.- Resultados de medición de prueba al modelo de vidrio termoelectrico sobre R^2 . **Pág. 91**

Gráfica 6. Compresión y enrarecimiento de portadores de carga cerca de la unión metal. **Pág. 91**

Gráfica 7. Relación de voltaje contra temperatura de termopares más comunes. **Pág. 92**

