



# SketchIN

REVISTA DE ARQUITECTURA Y DISEÑO

PUBLICACIÓN DE LA DIVISIÓN DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA  
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO, MÉXICO



# DIRECTORIO

Dr. Gilberto Herrera Ruiz

**RECTORA**

Dr. Irineo Torres Pacheco

**SECRETARIO ACADÉMICO**

MAP. Rosalba Rodríguez Durán

**SECRETARIA DE LA CONTRALORÍA**

Biól. Jaime Ángeles Ángeles

**SECRETARIO ADMINISTRATIVO**

M. en I. Alejandro Jáuregui Sánchez

**SECRETARIO DE FINANZAS**

Q. B. Magali Elizabeth Aguilar Ortíz

**SECRETARIA DE EXTENSIÓN UNIVERSITARIA**

Dra. Blanca Estela Gutiérrez Grajeda

**SECRETARIA PARTICULAR DE RECTORÍA**

Dra. Ma. Guadalupe Flavia Loarca Piña

**DIRECTORA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO**

Dr. Aurelio Domínguez González

**DIRECTOR DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA**

Dr. Manuel Toledano Ayala

**DIRECTOR DE LA DIVISIÓN DE INVESTIGACIÓN  
Y POSGRADO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA**

SketchIN, vol. 1, núm. 1, enero - junio 2017, es una publicación semestral editada por la Universidad Autónoma de Querétaro, a través de la División de Investigación y Posgrado de la Facultad de Ingeniería. Centro Universitario, Cerro de las Campanas S/N, Las Campanas, Querétaro C. P. 76010, Querétaro, Qro. Tel. (442)1921200 ext. 6023. [www.portalrevistas.uaq.mx/sketchin](http://www.portalrevistas.uaq.mx/sketchin), [sketchin@uaq.mx](mailto:sketchin@uaq.mx). Editores responsables: Avatar Flores Gutiérrez y Jorge Arturo García Pitol. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo: en trámite, ISSN: en trámite, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este número, Dirección del Fondo Editorial Universitario, Margarita Hernández Alvarado, Cerro de las Campanas S/N, Las Campanas, Querétaro C. P. 76010, Querétaro, Qro., fecha de la última modificación: 1 de enero de 2018.

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación.

Queda estrictamente prohibida la reproducción total o parcial del contenido e imágenes de la publicación sin plena autorización de la Universidad.







# COMITÉ EDITORIAL

---

Dr. Manuel Toledano Ayala  
DIRECCIÓN

Dr. Avatar Flores Gutiérrez  
EDITOR RESPONSABLE

M. Jorge Arturo García Pitol  
M.D.I. Alma Ivonne Méndez Rojas  
M.D.I. Ivan Peñaloza Pineda  
Mtra. Itzel Sofía Rivas Padrón  
EDITORES ASOCIADOS

Cristian Emanuel Tovar Navarro  
DISEÑO EDITORIAL

Salma Taíz Castillo Zapién  
CORRECCIÓN DE ESTILO

# ÍNDICE



**INMATERIAL EN ARQUITECTURA (DE LA NECESIDAD A LA GRATITUD)**  
 Prof. J. Antonio Arvizu V.  
 Arq. Ramón Aguilar Naranjo

PÁG.

10



**DISEÑO DE ESTACIÓN SOLAR DE CARGA PARA DISPOSITIVOS MÓVILES  
 COMO ELEMENTO DE DESARROLLO URBANO PARA CIUDADES  
 INTELIGENTES.**

Estefanía Ter-Veen Lozada  
 Ivan Peñaloza Pineda  
 Alma Ivonne Méndez Rojas

18



**ANÁLISIS BIOCLIMÁTICO PARA EL DESARROLLO DE INSTALACIONES  
 CUNÍCOLAS EN EL CAMPUS AMAZCALA DE LA UNIVERSIDAD  
 AUTÓNOMA DE QUERÉTARO**

Froylán Correa Martinez  
 Genaro Martín Soto Zarazúa

36

# ÍNDICE



**COMPARACIÓN DEL COMPORTAMIENTO TÉRMICO DE MATERIALES CONSTRUCTIVOS Y MATERIALES DE CAMBIO DE FASE PARA SU USO COMO MASA TÉRMICA EN UN TECHO PARA EL CLIMA DE SANTIAGO DE QUERÉTARO**

Dovile Kukukaite  
Juan Carlos Jaúregui Correa

**PÁG.**

**58**



**PA 38**

Iván Veliz P.

**82**



**SOLUCIONES DE VIVIENDA SUSTENTABLE  
SISTEMA PREFABRICADO DE BAMBÚ BIBA ®**

Pablo Orozco Canales, Ricardo Pérez Reyes,  
Hugo Ernesto Zamora

**96**

# PRESENTACIÓN

---

Sketchin surge con la intención de proporcionar un espacio interdisciplinario para la reflexión, investigación y divulgación del conocimiento en Arquitectura, Diseño e Innovación. El principal objetivo es presentar los trabajos de profesionales como Arquitectos, Diseñadores Industriales, Diseñadores gráficos, Ingenieros, Urbanistas, Artistas plásticos y todos aquellos quienes compartan el gusto por el desarrollo de proyectos multi e interdisciplinarios para la contribución a la solución de los problemas de una sociedad actual, cambiante y global.

La premisa de Sketchin se fundamenta en reconocer que la arquitectura y el diseño no son únicamente actividades artísticas, sino que se basan en la aplicación del conocimiento basado en la investigación científica y el desarrollo tecnológico. La intención primordial es hacer llegar al lector de una manera atractiva y comprensible las ideas, representaciones y propuestas de los autores con el fin de provocar una reflexión crítica sobre nuestro entorno y su posible mejora.

Esta publicación está impulsada por la División de Investigación y Posgrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Querétaro, en México. Con dos publicaciones anuales y un arbitraje de pares estricto, los artículos inéditos y proyectos se publicarán en formato digital en los meses de junio y noviembre.

Así pues, damos la bienvenida a Sketchin a aquellos académicos, inventores, profesionales en activo, investigadores, proyectistas y público en general.

Propongamos juntos una sociedad mejor, desde nuestro quehacer, desde nuestra trinchera; el ingenio para crear, no para destruir.

**Dr. Manuel Toledano Ayala**

# Inmaterial en arquitectura (de la necesidad a la gratitud)

Texto: Prof. J. Antonio Arvizu V.  
Imágenes: Arq. Ramón Aguilar Naranjo

Ciudadela de Lille, Lille, Francia.  
Sébastien Le Prestre, Señor de Vauban, 1667-1670.



La última tentación de Cristo. Estados Unidos, 1988.  
Dirección Martín Scorsese, Producción Barbara De Fina y Harry Ulfand

Un primer hombre **se irguió** y, desde **allí o echado a andar**, se figuró un lugar para mejor vivir.

Un primer arquitecto, con **pie firme pero flexible**, notó cómo podría establecer qué parte, **qué lugar**<sup>1</sup> sería *–no digamos apto, ni adecuado–* sino **idóneo** en sus afanes para **sobreponer su concepción al sitio**.

Este individuo advirtió un ideal, ideó una vista en la que **veía también algo que no estaba entonces frente a sí** y, en esto,

comenzó a dibujarse, a **“porcionarse” una razón exacta** (ratio), cuyo aspecto o apariencia se le presentaba mediante el **denuedo de su imaginación**.

Y este **dibujar**<sup>2</sup> apenas de su pensamiento, de alguna forma **“desbastaba” ya ese paisaje dado**, o lo “esculpía” en un **esbozo** para llegar a **comprender una abstracción del sitio**

<sup>1</sup> En latín: unde.

<sup>2</sup> Del francés antiguo: deboissier (bois = bosque).

y, simultáneamente, **señalar el terreno representándose con indicios de construcción**, o sea: estaba **destinando espacio** para hacérselo habitar.

En efecto, **diseñar** ha sido desde siempre una práctica de **trazo y diseño**, y en esto último tirando líneas, arrastrando el trazo oportuno, rasgando la naturaleza (como el labriego con su agrimensura que preludia barbecho, cultivo y cosecha); siempre, pues, **adelantando propósitos** en los linderos de una abstracción (y que, por constituir una exacción, un sacar desde los límites, suele dejarnos una impresión contrastante de alejamiento respecto a la realidad).

Así, el *horizonte físico* cercano hecho ya un *predio* por nuestras intenciones, acaba por segregarse de la mera naturaleza para venir a constituirse como reparto de propiedades en prenda y, el diseño, como caución anticipada de volúmenes por edificar –pero al que concederemos nuestro más entusiasta voto de confianza–.

Consideremos entonces la semántica de vocablos como *dibujo*, *boceto*, *bosquejo* e inclusive *búsqueda*; se trataba en general de rebajar las maderas para *trabajarlas*, *allanándolas* y, por este medio, *dar término a un plan*, de aquí que todas estas palabras apelan al simbolismo del **bosque**: esa empalizada original, un tanto intrincada o caótica, que nos insta a rectificaciones merced



Sainte Marie de La Tourette, Lyon, Francia.  
Le Corbusier & Iannis Xenakis, 1956-1960.

a nuestra conveniencia, y que podrían aprovechar o ya de plano sustituir ese levantamiento natural.

El bosquejo busca, esto es, va al bosque *para obrar* allí un cambio que, como es de esperarse -pasado a las manos del arquitecto- primero **desbroza** el sitio para luego imponerle condiciones **edilicias** (no reducidas a la *construcción*, y que es preciso recordar que también se ligaba al *cuidado, la limpieza, el respeto, el ornato*, en fin, convocando *intervenciones dignas de honrar el anterior estatus del lugar electo*).

El desbroce, por supuesto, quita lo superfluo, lo confuso y torpe, empeñándose por permitir al menos una *comprensión* y un *acceso*.

El diseñador ya habría cepillado de toda maleza y espesura, despojo y desperdicio, al espacio real para trasuntarlo en uno virtual (lleno ahora de concepto e imagen, con todo y sus consecuentes expectativas de pronta ocupación y asiento).

Es esta necesidad de asentamiento lo que perfiló la **posibilidad que moráramos**, para que aconteciera de mejor forma nuestra vida (que es pasajera). Pero por más **efímera** que se quiera entender, **la arquitectura busca "hacernos el día"**, el "día a día" (y aquí quiero reconocer la afable capacidad de interpelación de nuestra maestra Dalia Milián, en cuya cátedra aflora esta acepción de lo efímero, que no desdeña sino restituye el valor edificante de la cotidianidad). Pues bien, **la disciplina arquitectónica proyecta las posibilidades de contar con sitios dispuestos para que todo suceda**. Desde entonces, **la vida difícilmente nos acaece sin lugar arquitectónico**.

La edificación como *espacio humano de estabilidad*, estaba concebido como *provisión de un centro hogareño presto a toda suerte de narraciones o vivencias*; allí sucedería nuestra existencia. Habría de ser marco de referencia o inmueble con accesorios para abrirse a **necesidades** en su significado netamente humano:



Ciudadela de Lille, Lille, Francia.  
Sébastien Le Prestre, Señor de Vauban, 1667-1670.



Moradas Nemausus, Nîmes, Francia.  
Jean Nouvel, 1987.



Centro de Servicio Social Pompeia, Sao Paulo, Brasil.  
Lina Bo Bardi, 1977

reunión, hospedaje, convivencia, celebración, etc. Y por esto que comenzarán a asomarse requerimientos y esperanzas de otro orden que el solo material.

Y así como habitamos algún tiempo en nuestra madre, para después separarnos por un rompimiento del estricto lazo corporal y terminar por diferenciarnos de ella, así la **materia (madre, madera de aquel bosque rehabilitada)** se abre a su antónimo (lo inmaterial) como **quebranto** ("cascarón roto" por un impulso necesitado de una vida reconfigurada e independiente).

De esta manera entendido, **inmaterial** viene a ser **lo que nuestro físico guarnece...** y se entiende por qué desde las religiones se haya hecho escuchar aquello de que "el cuerpo es templo del espíritu"<sup>3</sup>.

Entonces no sólo pondremos techo levantado con puntales o paredes, sino que los vulneraremos para **inaugurar oquedades**

como "muros traslúcidos"<sup>4</sup>, bien significativos, ya sea para **orearnos en una nueva dimensión anímica e incorpórea**; y, si no, ¿para qué tener ventanas y puertas susceptibles de *abrirse*?

O ¿cómo ignorar que "bienvenir" al rayo de luz y a la brisa fresca señalen **un gusto superior equivalente a la espera entrante** de un nuevo huésped en turno? Y ¿por qué dejar tan altos los plafones sino para ocuparnos en que **hacer cabida al alma en ese preciso espacio que queremos y entendemos como ámbito**?

En la inteligencia de que ese "ámbito", por cierto, **licita y excita**

<sup>3</sup> Espíritu: 1º Carta a los Corintios 6: 19-20. Y también cfr. lo que Vitruvio asienta en De Architectura cuando sugiere que los hombres podrían ejercer la arquitectura "desde la infancia", "alimentados por el conocimiento nutritivo de todas las artes", para llegar al "supremo templo de la arquitectura" [ad summum templum architecturae] (I, 1:11).

<sup>4</sup> Cfr. en De Re Aedificatoria lo que Alberti sugiere acerca de parietes y apertio (Lib, I, cap. 2)



Catedral de San Pedro, Cologne, Alemania.  
1248-1473, 1842-1880.

innumerables andanzas nuestras para airosamente *ir de uno a otro lado*, es que asumimos tal **habitáculo ya para entonces en calidad de *conjurado espacio emocional* de influencias que nos acogen y desatan.**

De forma similar es como podríamos aceptar que hasta el peor rincón, recoveco y cuchitril, funjan no pocas **ocasiones de recinto inopinado para momentos de resguardo espiritual** (etéreo y sutil<sup>5</sup>) de considerable **profundidad.**

Sumemos a esto la consideración sobre que **cualquier edificio puede devengar, aparte de un *espacio*, un *tiempo* asimismo tan preciso** que, juntos, llegan a confluír en esas experiencias valuadas como de ***fuero interno***, a saber, muy **cerca de afectos intangibles**

**e inobjetivos;** y cuya **contigüidad** queda **comprometida** por resultar imposible de transferir, sencillamente, por asumirse como cosa inmaterial... ¡y **gratificante!**

La *necesidad* es aquello que nos representa algo que de ningún modo es eludible, ni evitable, ni prescindible, y de aquí que se haya de **valorar su connotación de un rechazo en la negativa que lleva su significado** (*nesesse* se equipara a *lo que no se cede*,

<sup>5</sup> Aquí se antoja recabar en los símiles con otros términos al propósito como atmósfera (como una esfera de vapor) y que resulta convergente a todas las apelaciones de lo inmaterial como aéreo, pneumático, psíquico, esto es, “propio del alma” o espiritual (no “matérico”, ni siquiera corpuscular).



Cementerio La Igualada, Barcelona, España.  
Enric Miralles & Carme Pinós, 1985-1994.



Ewha Universidad Femenil, Seúl, Corea del Sur.  
Dominique Perrault, 2008.



Centro Municipal Säämätsalo, Säämätsalo, Finlandia.  
Alvar Aalto, 1949-1952.

de lo que **uno no se retirará**), en este sentido, en vez de alejarnos, en general **nos allegamos al hecho arquitectónico**.

La *gratitud* (del indoeuropeo \*gwere) denota una “alabanza en voz alta”<sup>6</sup>, por lo que nos reporta *gracia, agrado*, y todo lo que suponga un *favor inmerecido* (¿y quién se merece un edificio!? o ¿cómo no asentir que por lo menos las obras maestras de la arquitectura no *valen* lo que *cuestan*?, queda expreso en que su margen de gratuidad sobrepuja toda tasa material). Es de este modo como insinuamos que el edificio es *expresivo por su levantamiento* y que *llega a alzarse en grandiosidad incluso por encima de su mera construcción*, precisamente, en su condición de “obra de gratitud”.

Con el diseño arquitectónico sobrevienen **parajes que nos flanquean**<sup>7</sup>.

<sup>6</sup> Para esta y otras etimologías, consúltese muy en particular las autorizadas anotaciones de la maestra Elena Pingarrón (Helena en el sitio): <http://etimologias.dechile.net/?etimologia>

<sup>7</sup> Cfr. su origen franco-germano (flanc y hlanca, respectivamente) como “cadera”, y esta palabra proveniente en una instancia anterior del griego ■ (“de arriba abajo”) (superficie sobre la que algo se puede asentar), o sea, plano susceptible de volumen... ¡el diseño arquitectónico!; todo remitiendo a la raíz indoeuropea \*sed (“sentarse”), de la que derivan -en una semántica muy persuasiva a nuestra causa-: ser, poliedro, catedral, sede, residencia, deseo, silla.



Catedral de San Pedro, Cologne, Alemania.  
1248-1473, 1842-1880.

# Diseño de estación solar de carga para dispositivos móviles como elemento de desarrollo urbano para ciudades inteligentes.

Design of solar charging station for mobile devices as an element of urban development for Smart cities.

Estefanía Ter-Veen Lozada<sup>1</sup>.  
Ivan Peñaloza Pineda<sup>2</sup>.  
Alma Ivonne Méndez Rojas<sup>3</sup>.

<sup>1</sup>Estudiante de Diseño Industrial, Universidad Autónoma de Querétaro, estefania.terveen@gmail.com

<sup>2</sup>Maestro en Diseño e Innovación, Universidad Autónoma de Querétaro, ivanpepineda@gmail.com

<sup>3</sup>Maestra en Diseño e Innovación, Universidad Autónoma de Querétaro, almaivonne.rojas@gmail.com



## RESUMEN

En este artículo se describen las ventajas y oportunidades de la ciudad de Querétaro con miras a convertirse en una ciudad inteligente, desarrollando productos que utilicen energías renovables para favorecerlo. Se utilizó la metodología Proyectual de Bruno Munari y algunas herramientas del Proceso frontal de Karl Ulrich para el desarrollo de una estación de carga solar para dispositivos móviles que permitió integrar la tecnología con las necesidades del usuario, demostrando la importancia del diseño como catalizador en el desarrollo de productos innovadores para las ciudades del futuro.

Palabras Clave: Ciudades inteligentes, ciudad del futuro, energías limpias, estación solar de carga, diseño.

## ABSTRACT

This paper describes the advantages and opportunities of the city of Querétaro to become a smart city, developing products that use renewable energy to achieve it. Some tools from Karl Ulrich's Frontal Process and Bruno Munari's Projectual Methodology were used as design methodologies for the development of a solar charging station for mobile devices that allowed the integration of the technology with the needs of the user, demonstrating the importance of design as a catalyst for the development of innovative products for the cities of the future.

Key words: Smart cities, cities of the future, green energies, solar charging station, design.



## INTRODUCCIÓN

En este artículo se exponen algunas características que posicionan a la ciudad de Querétaro como una ciudad en desarrollo en vías de consolidarse como una ciudad del futuro; y se presenta una propuesta de un sistema tecnológico que utiliza energías limpias para generar energía eléctrica y alimentar dispositivos móviles, esta propuesta de diseño se consolidó con la implementación de la metodología Proyectual de Bruno Munari.

El estado de Querétaro es un estado con más de 2 millones de habitantes, entre población originaria y población flotante (INEGI, 2015), ocupa el tercer lugar de los estados mexicanos con más futuro en el país para el 2016 y 2017 (Mullan, 2016). Según

el estudio Mexican States of the Future 2016/2017, Querétaro ha experimentado un crecimiento medio anual del PIB del 9.4% entre el 2009 y el 2014, la tasa más alta del país. En otras palabras, Querétaro es una ciudad con alta tasa de crecimiento socioeconómico (Mullan, 2016).

El estudio Mexican States of the Future 2016/2017 se realiza por medio de la valoración de información recopilada de las 32 entidades del país, usando herramientas especializadas en la Inversión Extranjera Directa. Dicha información está clasificada en 5 categorías: Potencial Económico, Capital Humano, Efectividad de Costes, Infraestructura y Facilidad de Negocios. Cada localidad puede tener un máximo de diez puntos por cada categoría. (Mullan, 2016). Por lo tanto, una ciudad del futuro es aquella que cuenta con el mayor puntaje en cada una de las categorías.

De acuerdo a esta clasificación algunas de las áreas que se deben cuidar en el desarrollo urbano de la ciudades son el manejo sustentable de sitio y uso de suelo, energías renovables, manejo sustentable del agua, materiales ecológicos, manejo sustentable de desechos, confort en el ambiente construido, incluyendo los procesos y recursos (Hernández y Garduño, 2010).

Otro concepto que se relaciona a la definición de ciudad del futuro es Smart City o en español Ciudad inteligente, este concepto redefine el papel de las ciudades al asegurar el progreso por fusionar tecnologías e innovación como clave principal para abordar los temas de sustentabilidad, mejora de eficiencia energética, cambio climático, transporte y la transferencia de información y comunicación (EC, 2012). Aunque sea el término de ciudad inteligente, es un término que ya ha comenzado desde los años noventas según Güell (2015), nunca es tarde para planear el desarrollo de una ciudad dirigiéndose a esa estabilidad que proponen las ciudades inteligentes.

*“Una Ciudad Inteligente es aquella que aplica las TICs para la mejora de la calidad de vida y la accesibilidad de sus habitantes y asegura un desarrollo sostenible económico, social y ambiental en mejora permanente. Una ciudad inteligente permite a los ciudadanos interactuar con ella de forma multidisciplinar y se adapta en tiempo real a sus necesidades.” (AENOR, 2014)*

Es indiscutible la tendencia existente hacia el uso diario de los dispositivos móviles como medios de comunicación y de transferencia de información (Valero et al., 2012), la *Encuesta Nacional sobre disponibilidad y uso de tecnologías de la información en los hogares* (ENDUTIH) coloca a la ciudad de Querétaro en el cuarto lugar de las ciudades con mayor cobertura de internet y específicamente hablando del uso de TIC se encuentra entre las primeras 10 ciudades con aproximadamente un 77% de sus habitantes. En cuanto a telefonía celular el 75.6%

de la población son usuarios, cifra que está por encima de la media nacional con un 71.5% (INEGI, 2016). Considerando el panorama anterior existe un área de oportunidad para diseñar un sistema tecnológico que utilice energía solar, propuesta que al implementarse pueda mantener en funcionamiento al suministrar el servicio gratuito de energía renovable a la comunidad.

Este tipo de alternativas ya se han explorado en otras ciudades de países desarrollados como es el caso de Nueva York con las estaciones Street Charge en colaboración de la empresa privada AT&T, si bien esta propuesta de estaciones tuvo su motivación a partir del impacto generado por la tormenta Sandy 2012, debido a que los suministros de energía escasearon y los ciudadanos se quedaron desconectados y sin medios de comunicación móvil, pues ssiniciativa originada por la tormenta Sandy del 2012, ya que los suministros de energía escasearon por lo que los ciudadanos se quedaron desconectados y sin medios de comunicación móvil (AT&T, 2013).

Después de la implementación de la iniciativa de Street Charge en 2013, AT&T afirmó que los ciudadanos se sentían más seguros de recorrer la ciudad ya que no les preocupaba quedarse sin batería para sus dispositivos móviles y podían seguir usando todas las funciones que los dispositivos brindan al usuario.

La ciudad de Querétaro tiene un alto perfil innovador, consecuencia del aprovechamiento de oportunidades comerciales con el extranjero así como la interacción de los departamentos de ingeniería y mercadotecnia (Vidal, 2010). Con el reconocimiento de la ciudad de Querétaro en la tercera posición del ranking sobre ciudades del futuro y con el panorama anteriormente descrito se visualiza su potencial y presencia en la economía y desarrollo del país. Al desarrollar en el estado propuestas que compitan y aporten en líneas tecnológicas, Querétaro brindaría otros elementos que le permitirán consolidarse como una ciudad inteligente.



# FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

## A. ENERGÍA SOLAR

Dentro de las ventajas que aporta la utilización de la energía solar en el desarrollo tecnológico se encuentra el hecho de que su naturaleza es inagotable, renovable y libre de polución. A pesar de ello, hay que considerar las variables fuera de control del hombre, el entorno natural intermitente y su baja densidad de potencia; por lo que para su implementación hay que considerar un eficiente equipo de conversión de energía y hacer énfasis en un equipo de almacenamiento de la misma para su constante uso; para así poder garantizar un suministro confiable y sustentable de energía (Murcia, 2008).

En la figura 1 se resumen algunas especificaciones del sistema funcional de la iniciativa Street Charge, al principio de la figura se localiza la información sobre las celdas solares (la estación cuenta con 3 celdas fotovoltaicas de monocristal con una potencia de 20 W cada una), el sistema además utiliza una batería de 11V y 15.6 Ah (para el almacenamiento de la energía recuperada), asimismo ofrece una fuente de iluminación LED de 12W y puertos macho/hembra de 5V y 2A (para la carga de dispositivos móviles como smartphones), todo el sistema se integra en una estructura de más de tres metros de alto y los componentes electrónicos garantizan su funcionamiento por un año (NRG Street Charge, Solar Charging Stations, 2016).

|                             |                              |
|-----------------------------|------------------------------|
| <b>Paneles solares</b>      |                              |
| Potencia instalada          | 60W (tres paneles de 20W)    |
| Voltaje de circuito abierto | 20-22V                       |
| Tipo de celda               | Monocristalino               |
| <b>Batería</b>              |                              |
| Tipo de celda               | Litio - NMC                  |
| Capacidad de descarga       | 168 Wh (11V, 15.6 Ah)        |
| Ciclos de vida              | Cientos de ciclos            |
| Tiempo de vida sin uso      | Cargar cada 3-6 meses        |
| Fusibles                    | 15A, estándar                |
| Sistema de administración   | Protección de carga incluida |
| <b>Iluminación</b>          |                              |
| LED                         | 12W (6 LEDs verdes de 2W)    |
| <b>Puertos</b>              |                              |
| Conexión Micro USB          | 5V, hasta 2A (10 W máx)      |
| Conexión hembra USB         | 5V, hasta 2A (10 W máx)      |
| <b>General</b>              |                              |
| Peso                        | 371 kg                       |
| Dimensiones                 | 160x137x381 cm               |
| Garantía                    | 1 año                        |

**Figura 1: Especificaciones técnicas.**

Fuente: NRG Street Charge, Solar Charging Stations, (2016).



**Figura 2: Ejemplo de uso e instalación de StreetCharge AT&T.**  
Fuente: NRG Street Charge, Solar Charging Stations, (2016).



**Figura 3: Proyecto de estación de carga eTree por Sologic.**  
Fuente: eTree, The solargiving tree (2016).



*Figura 4: Estación de carga con celdas solares en el parque Bryant Park en Nueva York. Diseñado por Brooklynite Tommy Mitchell. Fuente: Zimmer, L. (2016). Solar-Powered Cell Phone Charging Station Pops Up in New York's Bryant Park.*

## B. SIMILARES EXISTENTES

Se realizó una investigación sobre algunos proyectos que ofrecen servicios similares para tener una visión más certera sobre lo que ya existe y lo que se puede realizar, al mismo tiempo la búsqueda permite identificar los elementos de valor que se encuentren en estos sistemas con el objetivo de encontrar puntos de mejora y los métodos de producción adecuados para un prototipo de esta magnitud.

En la figura 2 se muestra el sistema diseñado y distribuido por AT&T, denominado Street Charge, presentado como una estación de carga solar (2016). Este es un diseño con una formación triangular conformada con tres lados iguales, cada uno con celda solar, conexiones la celulares y un soporte para el dispositivo móvil útil al momento de carga. El Street Charge fue fabricado con metales inoxidable y sellado para evitar daños del ambiente exterior en los componentes internos.

Otro ejemplo de una estación de carga solar es el eTree creado por Sologic que se muestra en la figura 3. Esta es una estructura de dimensiones mayores que simula la formación de un árbol en el cuál el follaje se sustituye por celdas fotovoltaicas con base rígida transparente. Entre los servicios que ofrece, además de alimentar dispositivos móviles con energía solar, está un servidor de WiFi, alumbrado, mobiliario público, y bebederos (ETree, The Solargiving Tree, 2016).

También se encontró una versión más austera de una estación de carga para celulares instalada en Bryant Park, Nueva York, se trata de un dispositivo que ofrece al usuario únicamente carga de celulares, frente a los proyectos anteriores existen fallas en cuanto a la usencia de ergonomía en diseño. Tratándose de una propuesta funcional con energía solar, se deben considerar condiciones de ubicación idóneas para el funcionamiento óptimo de las celdas fotovoltaicas, en la imagen se aprecian sombras y elementos que influyen.

## OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN

Integrar un sistema funcional para carga de dispositivos móviles, que conforme de manera eficiente un sistema de celdas fotovoltaicas como sus generadores de energía, y que cuente con complementos informativos del beneficio que tiene utilizar estas fuentes de energía limpias.

## METODOLOGÍA

El presente trabajo es de tipo cualitativo, siendo la Metodología proyectual de Bruno Munari (2006) la que se usó como guía principal para el proceso de diseño y desarrollo del producto de este trabajo. También se utilizaron algunas herramientas de investigación extraídas de la metodología del *Proceso frontal* de Karl T. Ulrich y Steven D. Eppinger (2009).

De acuerdo a su autor este método se describe como una serie de actividades necesarias ordenadas de forma lógica (“un orden dictado por la experiencia”) con la finalidad de obtener el resultado máximo de acuerdo al mínimo esfuerzo del desarrollador o proyectista (Munari, 2006).

A pesar de que las actividades que se muestran en el proceso tienen un orden, es raro que se siga como se expone, ya que en la aplicación de los procesos de diseño se puede obtener nueva información que se transforma en aportaciones para el concepto lo que crea nuevos resultados (Ulrich *et al.*, 2009).

Por lo anterior para este trabajo en particular se introdujo a la metodología de Munari una *fase de diseño, denominada fase de desarrollo y prototipos*, (figura. 1) en la cual se construyeron prototipos y modelos para crear ensayos tanto de los mecanismos, los materiales seleccionados, la estructura diseñada para posteriormente llevar a cabo la realización del anteproyecto basado en las especificaciones iniciales, los materiales establecidos para realizar el prototipo funcional (Ivárez, 2000).

|                                |  |
|--------------------------------|--|
| <p>Problema</p>                | <p>Reconocer la existencia de un escenario con las necesidades planteadas por un cliente. Identificar los elementos que se involucran y cuáles son las posibles fuentes para obtener información al respecto.</p>  |
| <p>Entrevista</p>              | <p>Se utilizó como herramienta cualitativa de entrevista con el cliente. Con ella se obtuvo información para la definición final del problema, identificar las necesidades de los usuarios y la visión del cliente sobre la solución del problema establecido.</p>   |
| <p>Definición del problema</p> | <p>Con los datos recuperados estructurar de manera objetiva los elementos generales y necesidades del problema.</p>  |
| <p>Elementos del problema</p>  | <p>Encontrar los subproblemas que conforman el problema general y relacionarlos entre sí, ya que estos pueden limitar a otros. Sin olvidar que pueden surgir nuevos subproblemas durante el proceso metodológico.</p>  |
| <p>Recopilación de datos</p>   | <p>Actividad que se realizó durante todo el desarrollo del proyecto, recopilando información, documentando los procesos creativos y resultados, así como los procesos de desarrollo, subproblemas o áreas de oportunidad, actividades de implementación. Esta actividad facilita otras actividades del proceso metodológico como el análisis de datos y al finalizar el proyecto ayuda al registro de evidencia del trabajo realizado.</p> |
| <p>Análisis de datos</p>       | <p>Etapa en donde se examinan y relacionan los datos recuperados en las fase anteriores, para identificar las características y requerimientos que integran la propuesta, la forma, uso, hasta materiales, procesos de producción y costos; lo necesario para poder proyectar la solución del problema.</p>  |

|                                 |   |
|---------------------------------|---|
| Creatividad                     | Etapa en la cual el desarrollador interpreta requerimientos, necesidades y procesos para crear conceptos que reemplacen las primeras ideas intuitivas; guiándose por análisis técnicos y factores económicos que limiten la conceptualización y resulten en propuestas realizables.                       |
| Materiales y tecnología         | Después de la selección de las propuestas más factibles, se eligen materiales y técnicas de producción para la realización de un prototipo funcional.   |
| Fase de diseño                  | Consiste en la definición de un anteproyecto para la exploración de variantes, pruebas de los componentes y retroalimentación del diseño, antes de la implementación, la fase concluye con una visión integral y factible de la propuesta.  |
| Fase de desarrollo y prototipos | Etapa de construcción de un prototipo funcional para la realización de pruebas de la propuesta seleccionada. Los prototipos permiten hacer tangible la reatrolimentación a través de ensayos de implementación, y permiten condefinir la estructura, forma y materiales del producto en un contexto real. |
| Experimentación                 | Por medio de pruebas y muestras se genera información para el análisis y definición de elementos para el diseño final del proyecto.   |
| Verificación                    | Consiste en presentar implementar la propuesta y enfrentarla a los usuarios, para que ellos realicen una evaluación del prototipo. Se identifican las recomendaciones y áreas de oportunidad que puedan ser trabajadas en una versión posterior, y se reconocen las fallas existentes para mejoras.       |
| Dibujos constructivos           | Realización de planos constructivos sobre el producto final de la investigación para su producción y construcción.  |
| Solución                        | Se concluye el proceso metodológico con un resultado validado tanto en funcionalidad como implementado en el entorno de uso cotidiano.  |

# RESULTADOS

Para para obtener información más explícita sobre el problema y los deseos del cliente se realizó una búsqueda donde se identificaron los componentes del sistema electrónico para hacer uso de la energía solar (se ejemplifican en la figura 6).

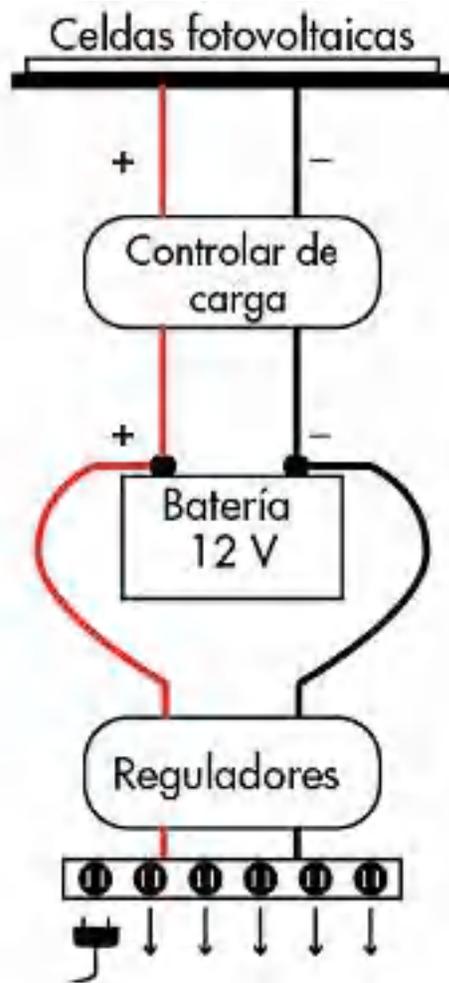


Figura 6: Diagrama de componentes de sistema eléctrico para energía solar.  
Fuente: Elaboración propia.

Para proporcionar una amplia visión de las dimensiones de la estación de carga se utilizó la antropometría de un usuario en relación con un teléfono público, ya que no se ha realizado el estudio antropométrico especializado en estaciones de carga públicas.

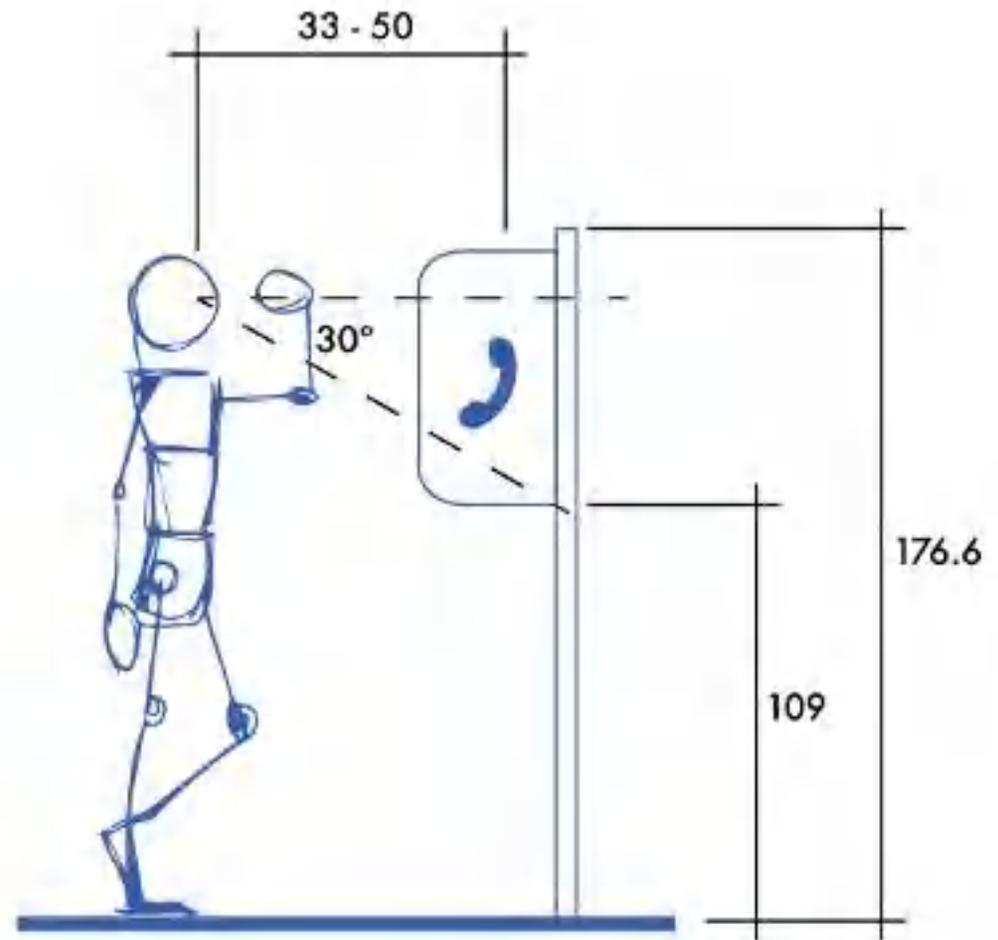


Figura 7: Antropometría de usuario de pie en teléfono público.  
Fuente: Elaboración propia basada en "Teléfono/usuario de pie" Viktor Papanek (1996).



**Figura 8: Bocetos.**

Fuente: Elaboración propia.

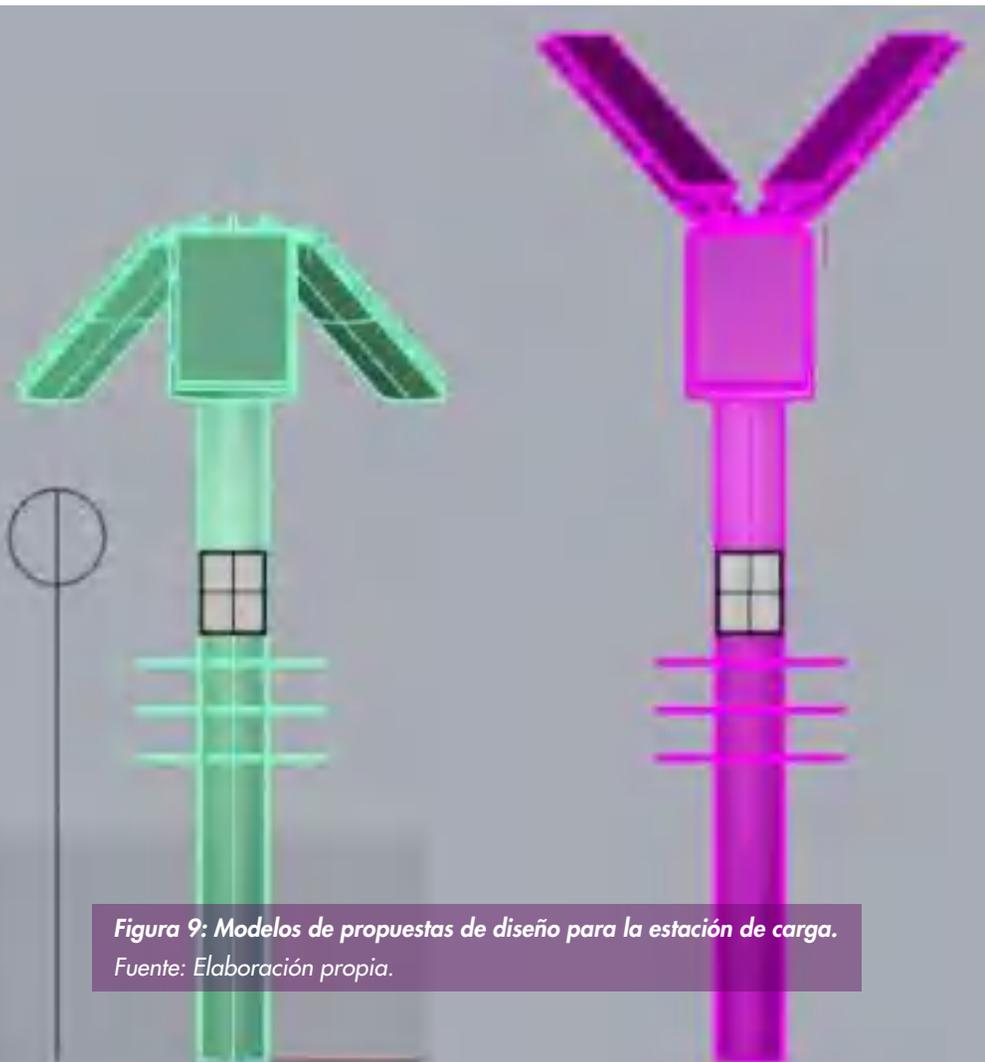
A continuación se muestran algunos ejemplos del bocetaje inicial, en los que se plasman ideas sobre el proyecto y donde se puede notar claramente cómo se consideraron los componentes del sistema electrónico y las especificaciones antropométricas ya establecidas.

En estos bocetos se proyecta la creación de una familia de productos que cumplan con el objetivo de ser una estación de carga para dispositivos móviles por medio de celdas solares.

De izquierda a derecha primero se ejemplifica una versión más amplia con banca, también se propuso crear sombras con las celdas FV; en la figura de la derecha se ejemplifican versiones similares a los casos anteriores pero con variaciones significativas y en un modelo individual. Se antepone la importancia de las celdas FV, el soporte para celulares y el mástil que integre ambos elementos.

La elaboración de los bocetos se realizaron modelos 3D para visualizar las opciones de diseño, aclarar detalles estructurales y definir el proceso de producción.

Posteriormente surgieron nuevos requerimientos de diseño, dentro de los que se destacaba que los usuarios no deben tener acceso a las celdas fotovoltaicas, tanto física como visualmente, por lo menos cuando el usuario se encuentra a la altura natural de la estación.



**Figura 9: Modelos de propuestas de diseño para la estación de carga.**  
Fuente: Elaboración propia.

La Figura 10 muestra cómo se resuelve la vista frontal de la estación de carga, de esta manera el usuario no puede percibir a simple vista las celdas solares, la figura cíclica propuesta quita la imagen rectangular propia de las celdas. El diseño cíclico de la estación de carga está inspirado en la imagen gráfica propuesta para el Parque Biotecnológico de la Universidad Autónoma de Querétaro y en el logo del Departamento de Posgrado de la Facultad de Ingeniería.



**Figura 10: Boceto de vista superior de la estación de carga.**  
Fuente: Elaboración propia.

Al tener las conexiones y los cables de los cargadores a la intemperie se reduce la vida útil de los mismos por lo que se optó porque estos estuvieran dentro de la estructura y para hacer retráctil los cables de los cargadores se colocaron contrapesos considerando las especificaciones y pesos de los celulares más comunes.

En la figura 11 se puede ver como se resolvió el problema de tener las conexiones a la intemperie, así como la decisión del elemento donde se pueden colocar los el lugar donde se dispositivos móviles.

En la figura 9 se puede ver la construcción final de la propuesta.



*Figura 11: Elementos de la estación de carga.  
Fuente: Elaboración propia.*



*Figura 12: Diseño final de la estación de carga.  
Fuente: Elaboración propia.*

# CONCLUSIONES

El desarrollo de productos con vistas hacia el futuro debe abarcar técnicas proyectivas y todos los elementos deben estar perfectamente integrados, es de suma importancia que los procesos de diseño de producto que involucren interacción con el usuario contemplen la investigación de éste, ya que cualquier cambio en él afectará de manera directa al producto limitando su pertinencia. Entre mayor sea la investigación más universal podrá llegar a ser el producto y por consiguiente tener mayor aceptación.

Los aspectos que conforman un producto, tanto la parte funcional, estética, la forma y el uso, deben ser considerados durante el proceso de diseño ya que cada uno tiene sus limitantes y depende del otro, por lo que la solución debe estar equilibrada y sus elementos en armonía.

Un producto innovador debe considerar tres áreas de suma importancia, incluso en el desarrollo de un país, las personas que transmiten las aspiraciones y deseos humanos, y determinan la deseabilidad y la usabilidad del producto y/o servicio; el negocio que establece su viabilidad económica, y la tecnología que brinda las herramientas necesarias para volver tangible la solución más adecuada considerando materiales, producción, manufactura.

Además de estos ámbitos generales existen otras áreas generadas de la interacción entre ellos y que se deben considerar, como fabricación (tecnología y negocios) que incluye la tecnología de fabricación, el proceso de fabricación, la gestión de la cadena de suministros, el prototipado rápido; otra área es la gestión y equipos organizativos, recursos humanos, dinámica organizacional y el área de Diseño e interactividad (valores humanos y tecnología) que contempla la interacción hombre-maquina, pensamiento visual, el diseño para la sustentabilidad, la estética y la forma.

# REFERENCIAS

AENOR (2014): El papel de las normas en las ciudades inteligentes – Informes de Normalización. Madrid: Comité AEN/CTN 178.

eTree, The solargiving tree. (2016). Solargiving.com. Recuperado el 30 de septiembre de 2016 de <http://solargiving.com/homepage/>

European Commission (EC) (2012): *Communication from the Commission on Smart Cities and Communities – European Innovation Partnership*. Brussels, C(2012) 4701 Final (10-07-2012).

Güell, J. M. F. (2015). *Ciudades inteligentes: la mitificación de las nuevas tecnologías como respuesta a los retos de las ciudades contemporáneas*. *Economía industrial*, (395), 17-28.

Hernández, S., & Garduño, A. (2010). *Tecnologías actuales aplicadas al desarrollo urbano sustentable*. *Acta Universitaria*, 20(1), 25-34.

INEGI,. (2016). *Encuesta nacional sobre disponibilidad y uso de tecnologías de la información en los hogares, 2015*. Recuperado el 31 de agosto de 2016 de [http://www.inegi.org.mx/saladeprensa/boletines/2016/especiales/especiales2016\\_03\\_01.pdf](http://www.inegi.org.mx/saladeprensa/boletines/2016/especiales/especiales2016_03_01.pdf)

Estadísticas. Ciencia y Tecnología. (2016). INEGI. Retrieved 31 August 2016, from Instituto Nacional de Estadística y Geografía - Temas estadísticos. (2016). [Www3.inegi.org.mx](http://www3.inegi.org.mx). Retrieved 31 August 2016, from <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/temas/default.aspx?s=est&c=19007>

Iváñez Gimeno, J. (2000). *La gestión del diseño en la empresa*. Barcelona: McGraw-Hill / Interamericana de España.

Mullan, C. (2016, April 08). *Mexican States of the Future 2016/17: The winners*. Recuperado el 19 de agosto de 2016 de <http://www.fdiintelligence.com/Rankings/Mexican-States-of-the-Future-2016-17-the-winners>

Munari, B. (2006). *¿Cómo nacen los objetos?* (1st ed.). Barcelona: Gustavo Gili.

Murcia, H. R. (2008). *Desarrollo de la energía solar en Colombia y sus perspectivas*. *Revista de ingeniería*, 28, 83-89.

NRG Street Charge | Solar Charging Stations. (2016). [Nrgstreetcharge.com](http://www.nrgstreetcharge.com). Recuperado el 25 de agosto de 2016 de <http://www.nrgstreetcharge.com/>

Panero, J., Zelnik, M., & Castán, S. (2002). *Las dimensiones humanas en los espacios interiores* (1st ed.). México: Gustavo Gili.

Quesada, S., & Pulido, A. L. (2012). *Smart city: hacia un nuevo paradigma en el modelo de ciudad*. *Greencities & Sostenibilidad*.

Ulrich, K. y Eppinger, S. (2009). *Diseño y desarrollo de productos* (4a. ed.). McGraw-Hill Interamericana.

Valero, C. C., Redondo, M. R., & Palacín, A. S. (2012). *Tendencias actuales en el uso de dispositivos móviles en educación*. *La Educación digital magazine*, 147, 1-21.

Vidal, E. L. K. (2010). *Innovación, consumo y cambio social en el Querétaro actual*. La ciencia, el desarrollo tecnológico y la innovación en Querétaro. *Historia, Realidad y Proyecciones*, 263.

Zimmer, L. (2016). Solar-Powered Cell Phone Charging Station Pops Up in New York's Bryant Park. *Inhabitat.com*. Recuperado el 30 de septiembre de 2016 de <http://inhabitat.com/nyc/solar-powered-cell-phone-charging-station-pops-up-in-new-yorks-bryant-park/>

Video:

AT&T. (2013). *AT&T Street Charge Mobile Phone Charging Stations in NYC*. Recuperado el 23 de agosto de 2016 de [https://www.youtube.com/watch?v=\\_IAizXsFZOE](https://www.youtube.com/watch?v=_IAizXsFZOE)

# Análisis bioclimático para el desarrollo de instalaciones cunícolas en el campus Amazcala de la Universidad Autónoma de Querétaro

Bioclimatic analysis for the development of rabbit breeding facilities at the Amazcala campus of the Universidad Autónoma de Querétaro

Froylán Correa Martínez<sup>1</sup>.  
Genaro Martín Soto Zarazúa<sup>2</sup>.

<sup>1</sup>Ingeniero en Automatización con especialidad en Mecatrónica, Universidad Autónoma de Querétaro, f.correa@uaq.mx

<sup>2</sup>Doctor en Ingeniería, Universidad Autónoma de Querétaro, soto\_zarazua@yahoo.com.mx

## RESUMEN

La cría de conejo, actividad clave de la cunicultura, requiere de instalaciones pecuarias adecuadas que mantengan condiciones ambientales específicas a lo largo de todo el año a pesar de las variaciones climatológicas estacionales y prescindiendo en la medida de lo posible de sistemas mecánicos de climatización que aumentan los costos de producción por su implementación y mantenimiento. La arquitectura bioclimática propone una metodología lineal que permite hacer un análisis bioclimático, que consiste en el análisis de la información climática del lugar, la ubicación y la información de los ocupantes mediante distintas herramientas para obtener un diagnóstico y una tabla de isorequerimientos, que permiten proponer una serie de estrategias de climatización pasiva específicas para el desarrollo de la actividad cunícola en la zona de estudio. Estas recomendaciones se utilizarán para generar los documentos constructivos de instalaciones cunícolas en el campus Amazcala de la Universidad Autónoma de Querétaro.

## PALABRAS CLAVE

Cunicultura, infraestructura, análisis bioclimático

## ABSTRACT

Rabbit husbandry, a key activity of rabbit breeding, requires adequate facilities that maintain specific environmental conditions throughout the year despite seasonal climatic variations and, as far as possible, mechanical air conditioning systems that increase the costs of production for its implementation and maintenance. The bioclimatic architecture proposes a linear methodology that allows to make a bioclimatic analysis, which consists in the analysis of the climatic information of the place, the location and the information of the occupants through different tools to obtain a diagnosis and a table of requirements that allow to propose specific passive climatization strategies for the development of the rabbit breeding activity in the study area. These recommendations will be used to generate the construction documents of rabbit breeding facilities in the Amazcala campus of the Universidad Autónoma de Querétaro.

## KEY WORDS

Rabbit breeding, infrastructure, bioclimatic analysis



**Figura 1. Diversos tipos de ambientes protegidos para cunicultura en granjas semitecnificadas: Vietnam (a) y Argentina (b); y en granjas tecnificadas: China (c y d).** (Imágenes extraídas de la conferencia: "Rabbit producción in the world, with special reference to Western Europe" impartida por J. Lebas, Kasan, Rusia, 30 de Octubre de 2009)

# INTRODUCCIÓN

Desde la prehistoria, el ser humano domesticó especies animales, sobre todo a las ovinas, porcinas, bovinas y aves. El conejo a diferencia de otras especies fue domesticado totalmente hasta finales de la Edad Media (Siglo XVI), que es cuando se tienen registros de las primeras razas, señal de una cría controlada (Lebas, 1996) dando origen así a la cunicultura, que es el proceso de reproducción, cría y engorda de los conejos en forma económica para obtener el máximo beneficio en la venta de sus productos y subproductos (Ferrer & A., 1985).

Las inclemencias del clima, la inseguridad del entorno y la necesidad de estar consigo mismo han llevado al hombre a construir un refugio (Morillón & Edeza, 2014). Con la aparición de asentamientos humanos dedicados a la agricultura y la domesticación animales, surge la extensión del refugio hacia estos últimos que precisan igualmente de seguridad y resguardo, dando origen a las instalaciones pecuarias.

La cría del conejo requiere de instalaciones con un ambiente con condiciones ideales para mantener con vida a los animales y lograr su reproducción. Las variables que determinan estas condiciones son la velocidad del viento y temperatura y humedad del ambiente. Con el fin de controlar estas variables, es necesario contar con una barrera que mantenga un ambiente estable y confortable al interior a pesar del clima exterior. A lo largo del tiempo, los seres humanos han explorado distintas configuraciones de estas barreras para instalaciones cunícolas (Figura 1).

La implementación de aspectos bioclimáticos en el diseño y modificación de instalaciones cunícolas podría mantener las condiciones ideales mientras evita el uso de elementos de calefacción reduciendo el mantenimiento y el consumo, y con ellos, los costos de producción.

A pesar de la importancia de considerar todos los aspectos bioclimáticos, los textos técnicos solo hacen recomendaciones generales tales como orientar la nave hacia el noreste para las latitudes del territorio mexicano (González, 2016) que las ventanas sean de menor tamaño en el lado de los vientos dominantes y que la granja se aíse térmicamente lo más posible del exterior.

# MARCO TEÓRICO

El conejo se distingue de otras especies de mamíferos domésticos por su gran capacidad de transformación alimentaria, su elevada prolificidad, ciclos cortos de gestación y relativa facilidad en el manejo de la especie (Lebas, 1996).

Como actividad productiva en México, la cunicultura ha tomado impulso en la última década y a la fecha se ha consolidado como una alternativa pecuaria con importantes posibilidades de desarrollarse y abatir el índice de pobreza de los sectores más vulnerables de la población, derivadas de un mercado que demanda alternativas de productos alimenticios de alta calidad y con aporte nutrimental adecuado (Sala de prensa SAGARPA, 2015). Algunos factores que determinan la productividad de una granja son la reproducción de los animales y su ganancia de peso diario, que dependen en gran medida del ambiente del que se encuentran provistos.

## Tipos de edificación para cunicultura

Se distinguen 3 tipos de cunicultura, clasificada según las instalaciones y el manejo de los animales:

**Traspatio:** Las instalaciones más rústicas están compuestas por un orificio en la tierra de aproximadamente un metro cuadrado y 40 cm de profundidad cubierto por malla a nivel del suelo y con una techumbre improvisada donde es liberado el pie de cría y los conejos son libres de hacer sus madrigueras y reproducirse. En instalaciones un poco más avanzadas los animales se encuentran en jaulas hechas por los mismos cunicultores bajo una techumbre hecha con materiales locales. Se alimenta a los animales mayormente con granos y forrajes, y en menor medida con alimento pelletizado. Se usan materiales desecantes (Aserrín o viruta) para

controlar el exceso de orina y se limpia constantemente, si las jaulas son elevadas las deyecciones se limpian periódicamente del suelo. El conejo producido bajo este sistema no se recomienda para su venta al público ya que no se puede controlar la calidad de la carne, pero es muy usado para autoconsumo.

**Semitecnificada:** Son granjas emplazadas con construcciones más permanentes, los animales se encuentran alojados en jaulas comerciales que pueden ser polivalentes, facilitando un manejo por bandas; o estar adaptadas a cada etapa, dividiendo el espacio en área de reproducción y área de engorda. La alimentación tiende a ser a base de pelletizado y el abreviamiento se facilita a los animales por medio de un chupón unido a un sistema de distribución de agua y un depósito. El manejo de residuos se hace por medio de fosas limpiadas periódicamente ubicadas bajo las jaulas. El conejo producido bajo este sistema es apto para su venta al público.

**Tecnificada:** Son granjas fijas compuestas por cuatro paredes y un techo fabricados de un material aislante, con ventanas dispuestas en los laterales; por lo general son instalaciones que emplazan más de 200 hembras por lo que requiere del uso de sistemas activos de calefacción para mantener un ambiente confortable al interior, el sistema de reproducción es por bandas, generalmente por medio de inseminación artificial con las implicaciones de infraestructura propias de la técnica. La alimentación se realiza por medio de un tornillo sinfín acoplado a una tolva. Estas instalaciones son más rentables pero consumen una cantidad mayor de energía.

Dado que el consumo de energía y el costo y mantenimiento de los equipos repercute en la rentabilidad de la granja, especialmente en la cunicultura de traspatio, resulta importante utilizar estrategias que simplifiquen el mantener las condiciones ambientales ideales al interior de la granja.

## Aspectos ambientales de la cunicultura

Para alcanzar el máximo potencial de una explotación cunícola se requiere mantener un control sobre los estímulos que reciben los animales, estos estímulos pueden provenir del manejo del cunicultor y/o de las condiciones ambientales; las primeras tienen que ver con la capacitación y experiencia del cunicultor y las segundas con el control de la temperatura, humedad y velocidad del viento.

La temperatura ejerce un peso importante en la cunicultura. El conejo resiste bastante bien las bajas temperaturas (Hasta 5 °C) a diferencia de las altas temperaturas, pues sus glándulas sudoríparas no funcionan (Lebas, 1996), entonces el animal regula su temperatura corporal variando su comportamiento; así ante bajas temperaturas (Menores a 10 °C) aumenta el consumo de alimento, disminuye su consumo de agua y adopta una posición encogida similar a una bola; mientras que a altas temperaturas (Superior a 25 °C) disminuye la ingesta de alimento, aumenta el consumo de agua, aumenta la respiración y el animal adopta una posición estirada. A temperaturas superiores de 30°C se disminuye el libido en conejas (Contreras, 2013), a 33°C disminuye el volumen y la concentración de las eyaculaciones del macho (Contreras, 2015), a 35 °C los animales no pueden regular su temperatura y padecen hipertermia (Lebas, 1996), y a temperaturas mayores de 40 °C el animal muere por shock térmico (Marzoni & Mori, 1992). La temperatura de cría ideal se encuentra entre los 12 °C y los 18 °C (Gómez & Ramirez, 2016)

Para el buen funcionamiento del sistema respiratorio del conejo se requiere una humedad no menor al 50% (Pérez, 1992), humedades superiores al 70% producen enfermedades en las vías respiratorias y aparición de hongos en orejas y piel (Marzoni & Mori, 1992). La humedad idónea se encuentra entre el 60% y 70% (SENASICA - SAGARPA, 2015).

La velocidad del viento es un factor que afecta en gran medida al confort, ya que la renovación continua del aire que rodea un cuerpo provoca una sensación de frío descargando el calor del cuerpo hacia el aire en movimiento, los conejos son muy susceptibles a estos cambios en la velocidad del viento debido a que regularmente se encuentran en jaulas elevadas que provocan que prácticamente todo el cuerpo del conejo se encuentre en contacto con las ráfagas de viento; por otra parte, la ventilación derivada de la velocidad del viento y la disposición de las aberturas determinará la concentración de gases derivados de la descomposición de las deyecciones. En todo caso la velocidad del viento no deberá superar nunca los 0.6 m/s (SENASICA - SAGARPA, 2015).

Si una explotación cunícola busca producir conejo durante todo el año, debe mantenerse dentro de los rangos ambientales ya mencionados, independientemente de las variaciones estacionales del clima (Escobar, 2012), esto ocasiona que el cunicultor deba de valerse de medios o artificios para este fin.

## Arquitectura bioclimática

La arquitectura bioclimática consiste en proyectar o construir un refugio considerando la interacción de los elementos meteorológicos con la construcción, a fin de que sea esta misma la que regule los intercambios de materia y energía con el medio ambiente, y propicie las condiciones que determinan la sensación de bienestar térmico en el interior (Morillón & Edeza, 2014).

La meteorología considera las condiciones ambientales en un lugar e instante determinado, estas manifestaciones a lo largo del tiempo en un lugar cualquiera determinan su clima característico. El clima por otro lado, representa el comportamiento estadístico de las condiciones ambientales a lo largo de un periodo de tiempo. Los elementos del clima que son de interés para el diseño arquitectónico son: Temperatura, humedad, radiación solar y viento.

## Sistemas de climatización

Los sistemas de climatización se pueden clasificar según los recursos que utilizan para operar, Morillón & Edeza (2014) propone dividirlo en tres tipos como muestra la tabla 1.

| Sistema de climatización | Características   |
|--------------------------|---|
| Pasivos                  | Usan únicamente el medio ambiente como recurso y aprovechan algunos fenómenos físicos tales como la inercia térmica de los materiales o el cambio de densidad del aire en relación a la temperatura para mantener las condiciones de confort.   |
| Activos                  | Cuando no es posible mantener las condiciones de confort con el uso de sistemas pasivos se requiere del apoyo de sistemas mecánicos y de calefacción que aumente y/o redirija el flujo de energía en la cantidad y el momento necesarios y solo se justifica su empleo cuando produzcan un mejor funcionamiento del sistema a pesar de su costo y energía de operación. |
| Híbridos                 | Es la combinación de sistemas activos y pasivos, y se emplea en climas extremos donde los sistemas pasivos por sí solos no pueden mantener el confort térmico.  |

Tabla 1. Clasificación de los sistemas de climatización según los recursos que utilizan

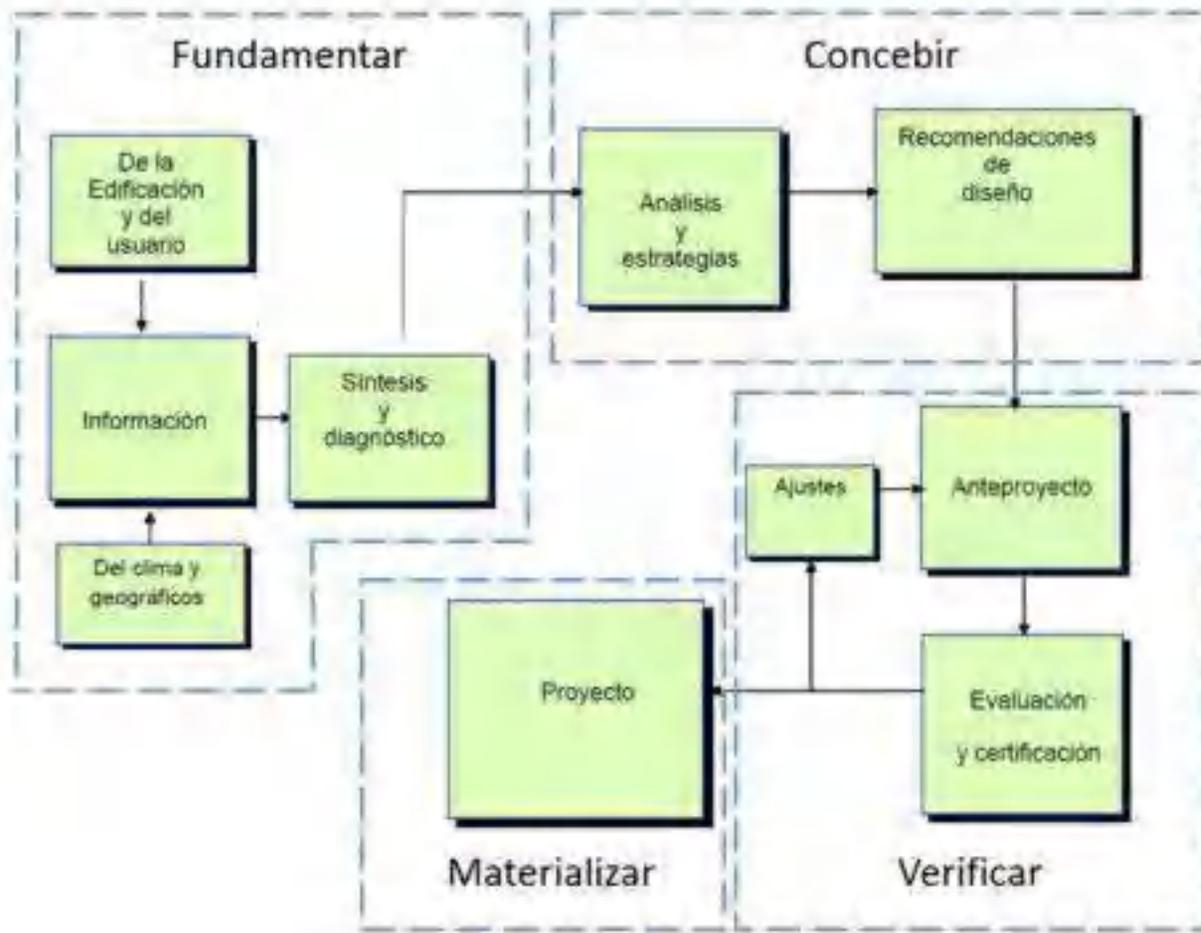
Algunas de las estrategias de climatización pasiva son entre otros: planear o modificar la orientación de las fachadas, el uso de sombreadores y la inercia térmica de los materiales, el efecto invernadero, el emplazamiento de cuerpos de agua o vegetación, la construcción de dobles muros, entre otros; además el efecto que tiene la forma misma de la envolvente en el mantenimiento del clima interior para sus ocupantes (Araujo, 2012).

Es altamente recomendable contemplar el uso de sistemas pasivos puesto que usan elementos de la edificación misma, requieren un mínimo de mantenimiento, pero tienen la desventaja de requerir un análisis exhaustivo del clima y ubicación del lugar, además de conocer las actividades a las cuales será destinada la construcción.

# METODOLOGÍA

Entre las metodologías para diseño bioclimático se tienen principalmente las de Olgay (1963), Givoni (1976), y Tudela (1982) que aportan una serie de diagramas que mucho más tarde adapta Morillón (1996, 1999, 2000, 2010) a una metodología considerando de manera lineal los pasos a seguir y hace hincapié en algunas recomendaciones para pasar del cúmulo de datos climáticos a gráficos más fáciles de interpretar.

El proceso de diseño para Morillón & Edeza (2014) se compone de 4 etapas que se pueden observar en la figura 2 y que describe de la siguiente manera: a) Fundamental: como una actividad que categoriza como epistémica e implica investigar, organizar, inquirir, organizar, diagnosticar, entre otras; b) Concebir: como una actividad decididamente poética en la que se involucra la creatividad del mismo diseñador; c) Verificar: con una actitud científica y d) Materializar: como una actividad eminentemente tecnológica.



El análisis bioclimático comprende las etapas de "Fundamental" y "Concebir". A continuación se presentan de manera lineal los pasos para llevar a cabo el análisis bioclimático como lo describen Morillón & Edeza (2014).

Figura 2. Metodología para el diseño climático de edificios (Tomado de: Morillón, 2014. Modificado por Correa, 2016).

## Información General

En la figura 3 podemos observar los datos que se deben de obtener con el fin de contar con toda la información general para poder realizar la síntesis y diagnóstico.

- Sobre la edificación y el usuario

En la actividad cunícola se pueden percibir dos usuarios: el conejo y el cunicultor. Para conocer de primera mano las necesidades de ambos el 21 de junio de 2016 se implementó un pequeño módulo cunícola en campus Amazcala de la facultad de ingeniería. El objetivo de esta implementación obtener experiencia en la cría de los animales y las actividades propias de una granja desde el punto de vista del cunicultor. El módulo está compuesto por un módulo multipropósito Ecus con reposa-patas marca Extrona, 2 módulos de jaulas innova 1500/6 M y una jaula tipo americana, estas últimas de la marca Comprovet; todo equipado con recolección de residuos mediante charola, comederos tipo tolva y abreviamiento por chupón. Se mantuvieron 7 hembras y un macho raza Nueva Zelanda, donación del módulo cunícola de la facultad de Ciencias Naturales; y un macho semental raza Chinchilla proveniente del Centro Nacional de Cunicultura, en Irapuato, Gto. Los animales fueron alimentados con pelletizado "Conejo Ganador" de Malta Cleyton.

El módulo cunícola sigue funcionando en condiciones normales hasta la fecha de redacción de este artículo.

Esta experiencia permite comprender los retos prácticos de la cunicultura y conjuntarlos con la investigación teórica para definir los aspectos sobre la edificación y el usuario que Morillón & Edeza (2014) proponen para la fase de "Información general":



**Figura 3. Información general**

(Tomado de: Morillón & Edeza, 2014. Modificado por Correa, 2016).

Actividad de los ocupantes: Los ocupantes son los animales y el cunicultor. En cuanto a los animales, se encuentran confinados en sus jaulas, la mayor parte del tiempo se encuentran echados de lado o mordiendo la jaula, sus actividades se limitan únicamente a comer alimento pelletizado de las tolvas, beber agua de los chupones dispuestos en la jaula y durante las mañanas, realizar la cecotofia. El cunicultor por su parte realiza la inspección general, recolección y manejo de residuos, distribución de alimento y agua, el manejo reproductivo y mantenimiento general de los equipos.



**Figura 4.** Ubicación del predio para granja cunícola dentro de la Universidad.

Tipo y horario de uso de la edificación: La edificación será usada en todo momento por los animales y por el cunicultor durante una hora aproximadamente por las mañanas y durante una hora por la tarde, ocasionalmente hará visitas para inspeccionar el estado de los animales y equipos.

Ubicación y topografía del predio: El predio se ubica en el extremo noroeste de la facultad de ingeniería del campus Amazcala de la universidad Autónoma de Querétaro (Figura 4).

- Del clima del lugar

Morillón & Edeza (2014) recomiendan usar las mediciones de todo un año de temperatura del aire, radiación solar, humedad relativa del aire, dirección y velocidad del viento del lugar donde se planea construir. Estos datos se obtuvieron de una estación meteorológica instalada en el campus Amazcala desde hace algunos años, logrando recuperar los datos históricos de 2013, 2014 y 2015. Únicamente no se lograron recuperar las mediciones de radiación solar para 2015 ya que el sensor sufrió un daño por lo que en lo consecuente se omitirá lo relativo a este parámetro.

- Localización geográfica  
 Latitud: 20.75° Norte  
 Longitud: 100.26 Oeste  
 Altitud: aprox. 2550 msnm

## Síntesis y diagnóstico

En esta fase Morillón & Edeza (2014) mencionan la importancia de interpretar los datos de una manera gráfica, ya que se debe construir un archivo de condiciones climáticas horarias del lugar. El archivo se organiza en 12 columnas correspondientes a los meses y 24 filas, en las que cada valor corresponde a la temperatura/humedad/velocidad del viento promedio de cada hora, desde la 1:00 hasta las 24:00 horas. Estas tablas forman parte de las cartas bioclimáticas que entre otras herramientas nos permitirán emitir un diagnóstico.

El análisis y ordenamiento de los datos se realizó en una hoja de cálculo de Excel, donde además se agregaron colores a las celdas mediante formato condicional para así observar de manera gráfica dónde se encuentran los periodos donde los valores alcanzan su máximo y mínimo y así tener una idea más clara del comportamiento del clima en el lugar.

|    | Ene   | Feb   | Mar   | Abr   | May   | Jun   | Jul   | Ago   | Sep   | Oct   | Nov   | Dic   |
|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 0  | 10.36 | 11.20 | 12.43 | 17.52 | 17.06 | 17.19 | 16.25 | 17.97 | 17.28 | 15.90 | 14.25 | 10.44 |
| 1  | 9.39  | 10.03 | 11.70 | 16.06 | 16.31 | 16.58 | 15.83 | 17.31 | 16.75 | 15.25 | 13.68 | 9.59  |
| 2  | 8.64  | 9.05  | 10.96 | 14.66 | 15.55 | 16.03 | 15.35 | 16.56 | 16.24 | 14.61 | 13.24 | 9.06  |
| 3  | 7.95  | 8.38  | 10.37 | 13.45 | 14.95 | 15.63 | 14.84 | 15.94 | 15.72 | 14.04 | 12.77 | 8.70  |
| 4  | 7.45  | 7.63  | 9.66  | 12.63 | 14.31 | 15.14 | 14.51 | 15.24 | 15.40 | 13.48 | 12.28 | 8.39  |
| 5  | 6.86  | 6.98  | 9.25  | 12.07 | 13.68 | 14.58 | 14.13 | 14.64 | 15.14 | 12.93 | 11.69 | 8.10  |
| 6  | 6.21  | 6.59  | 8.97  | 11.62 | 13.24 | 14.07 | 13.86 | 14.01 | 14.74 | 12.49 | 11.42 | 7.63  |
| 7  | 5.80  | 6.25  | 8.94  | 11.16 | 12.89 | 13.73 | 13.80 | 13.59 | 14.40 | 12.21 | 11.50 | 7.45  |
| 8  | 7.15  | 8.19  | 11.32 | 12.17 | 14.21 | 14.98 | 15.24 | 13.38 | 14.67 | 12.36 | 12.92 | 8.26  |
| 9  | 10.77 | 12.54 | 14.58 | 15.98 | 17.33 | 17.21 | 17.14 | 13.52 | 16.53 | 14.51 | 14.98 | 10.80 |
| 10 | 14.08 | 15.60 | 17.12 | 19.22 | 20.03 | 18.98 | 19.12 | 14.91 | 18.55 | 16.90 | 17.19 | 13.96 |
| 11 | 16.66 | 17.83 | 18.83 | 21.59 | 22.22 | 20.73 | 20.91 | 17.43 | 20.45 | 18.75 | 19.29 | 16.32 |
| 12 | 18.53 | 19.52 | 20.21 | 23.32 | 24.00 | 22.29 | 22.28 | 19.67 | 21.80 | 20.21 | 21.26 | 18.22 |
| 13 | 19.84 | 20.81 | 21.39 | 24.73 | 25.38 | 23.62 | 23.32 | 21.41 | 23.19 | 21.45 | 22.77 | 19.76 |
| 14 | 20.60 | 21.76 | 21.89 | 26.98 | 26.71 | 24.75 | 24.09 | 22.71 | 24.34 | 22.53 | 23.64 | 20.90 |
| 15 | 21.09 | 22.27 | 21.98 | 26.73 | 26.01 | 25.45 | 24.89 | 23.99 | 24.79 | 23.27 | 24.14 | 21.46 |
| 16 | 21.03 | 22.19 | 21.52 | 27.99 | 26.26 | 25.60 | 24.79 | 24.96 | 24.80 | 23.74 | 23.78 | 21.13 |
| 17 | 20.37 | 21.53 | 21.01 | 26.07 | 25.76 | 25.04 | 24.22 | 25.27 | 24.84 | 23.67 | 22.57 | 20.06 |
| 18 | 18.35 | 19.96 | 19.51 | 26.15 | 25.32 | 24.03 | 22.68 | 24.86 | 24.40 | 22.72 | 20.35 | 17.85 |
| 19 | 16.12 | 17.78 | 17.50 | 24.83 | 23.60 | 22.48 | 20.73 | 23.93 | 22.68 | 21.32 | 18.50 | 15.83 |
| 20 | 14.84 | 16.26 | 15.99 | 22.65 | 21.53 | 20.91 | 18.75 | 22.64 | 20.92 | 19.43 | 17.36 | 14.45 |
| 21 | 13.74 | 14.79 | 15.04 | 20.78 | 19.94 | 19.40 | 17.90 | 21.20 | 19.76 | 18.61 | 16.39 | 13.21 |
| 22 | 12.57 | 13.53 | 14.19 | 19.76 | 18.71 | 18.51 | 17.53 | 19.73 | 18.91 | 18.00 | 15.57 | 12.10 |
| 23 | 11.36 | 12.58 | 13.31 | 18.78 | 17.80 | 17.81 | 16.87 | 18.59 | 18.09 | 16.89 | 14.83 | 11.20 |

**Tabla 2.** Temperatura promedio por hora a lo largo de un año en el campus Amazcala de la Universidad Autónoma de Querétaro.

En la tabla 2 podemos observar el comportamiento de la temperatura a lo largo del año. Tomando en cuenta el bienestar del conejo las celdas en rojo representan incomodidad por altas temperaturas y las celdas azules incomodidad por bajas temperaturas, las celdas en color verde indican las zonas donde existe bienestar.

|    | Ene   | Feb   | Mar   | Abr   | May   | Jun   | Jul   | Ago   | Sep   | Oct   | Nov   | Dic   |
|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 0  | 74.21 | 69.36 | 78.67 | 64.69 | 78.01 | 80.40 | 82.71 | 74.78 | 81.58 | 74.21 | 83.89 | 79.42 |
| 1  | 77.51 | 73.44 | 80.78 | 70.48 | 81.05 | 82.72 | 84.14 | 77.48 | 82.82 | 77.51 | 84.59 | 81.23 |
| 2  | 80.23 | 76.39 | 82.86 | 75.36 | 83.39 | 84.80 | 85.03 | 79.74 | 84.02 | 80.23 | 84.51 | 82.11 |
| 3  | 81.93 | 77.89 | 84.41 | 79.33 | 85.27 | 86.03 | 85.16 | 81.61 | 84.59 | 81.93 | 84.49 | 82.82 |
| 4  | 83.30 | 79.85 | 85.68 | 81.88 | 86.69 | 86.84 | 84.91 | 82.93 | 84.47 | 83.30 | 83.98 | 83.45 |
| 5  | 84.31 | 81.70 | 86.71 | 82.96 | 87.39 | 87.73 | 84.86 | 83.60 | 83.99 | 84.31 | 82.97 | 84.04 |
| 6  | 85.41 | 83.75 | 87.06 | 84.07 | 87.70 | 88.19 | 84.42 | 83.96 | 83.60 | 85.41 | 81.18 | 84.39 |
| 7  | 86.05 | 84.58 | 87.06 | 85.20 | 87.82 | 88.36 | 83.49 | 83.88 | 82.89 | 86.05 | 79.26 | 83.98 |
| 8  | 84.93 | 82.15 | 83.97 | 85.35 | 86.76 | 87.22 | 82.16 | 83.30 | 81.46 | 84.93 | 76.98 | 82.25 |
| 9  | 77.36 | 69.88 | 74.31 | 75.51 | 80.88 | 80.98 | 79.90 | 83.17 | 81.31 | 77.36 | 78.93 | 80.11 |
| 10 | 67.11 | 59.33 | 64.75 | 64.08 | 70.27 | 74.40 | 76.48 | 79.80 | 79.51 | 67.11 | 77.09 | 74.34 |
| 11 | 58.04 | 51.27 | 57.69 | 54.52 | 60.77 | 67.50 | 70.00 | 78.10 | 72.09 | 58.04 | 69.98 | 67.56 |
| 12 | 51.27 | 44.59 | 51.96 | 47.76 | 52.06 | 60.18 | 64.27 | 71.24 | 65.08 | 51.27 | 61.28 | 59.60 |
| 13 | 45.84 | 40.40 | 47.21 | 42.58 | 45.78 | 53.97 | 59.12 | 63.18 | 59.11 | 45.84 | 53.77 | 52.64 |
| 14 | 42.39 | 35.61 | 44.76 | 38.07 | 41.24 | 50.11 | 55.80 | 57.46 | 54.25 | 42.39 | 49.54 | 48.34 |
| 15 | 39.71 | 33.54 | 44.46 | 34.94 | 38.58 | 47.12 | 52.49 | 52.27 | 52.17 | 39.71 | 46.42 | 45.97 |
| 16 | 38.97 | 33.94 | 46.09 | 33.74 | 40.82 | 46.58 | 51.19 | 48.21 | 51.10 | 38.97 | 46.74 | 45.90 |
| 17 | 40.03 | 35.58 | 47.83 | 34.00 | 43.01 | 48.10 | 52.54 | 47.37 | 51.61 | 40.03 | 50.38 | 48.67 |
| 18 | 45.98 | 39.36 | 52.13 | 34.58 | 44.77 | 52.87 | 58.07 | 48.48 | 53.21 | 45.98 | 58.21 | 55.06 |
| 19 | 53.10 | 46.55 | 58.61 | 37.75 | 51.07 | 58.81 | 65.37 | 51.76 | 58.97 | 53.10 | 66.32 | 60.81 |
| 20 | 57.98 | 52.59 | 64.51 | 45.53 | 60.22 | 64.33 | 73.50 | 56.63 | 65.71 | 57.98 | 72.13 | 65.17 |
| 21 | 62.32 | 57.01 | 69.16 | 52.55 | 65.95 | 71.15 | 75.85 | 62.60 | 71.89 | 62.32 | 76.29 | 69.17 |
| 22 | 66.57 | 61.52 | 73.55 | 56.22 | 71.19 | 75.64 | 77.33 | 68.89 | 75.75 | 66.57 | 79.05 | 73.69 |
| 23 | 70.47 | 65.08 | 76.82 | 60.26 | 74.59 | 78.46 | 79.49 | 72.36 | 79.05 | 70.47 | 81.20 | 77.15 |

**Tabla 3.** Humedad promedio por hora a lo largo de un año en el campus Amazcala de la Universidad Autónoma de Querétaro.

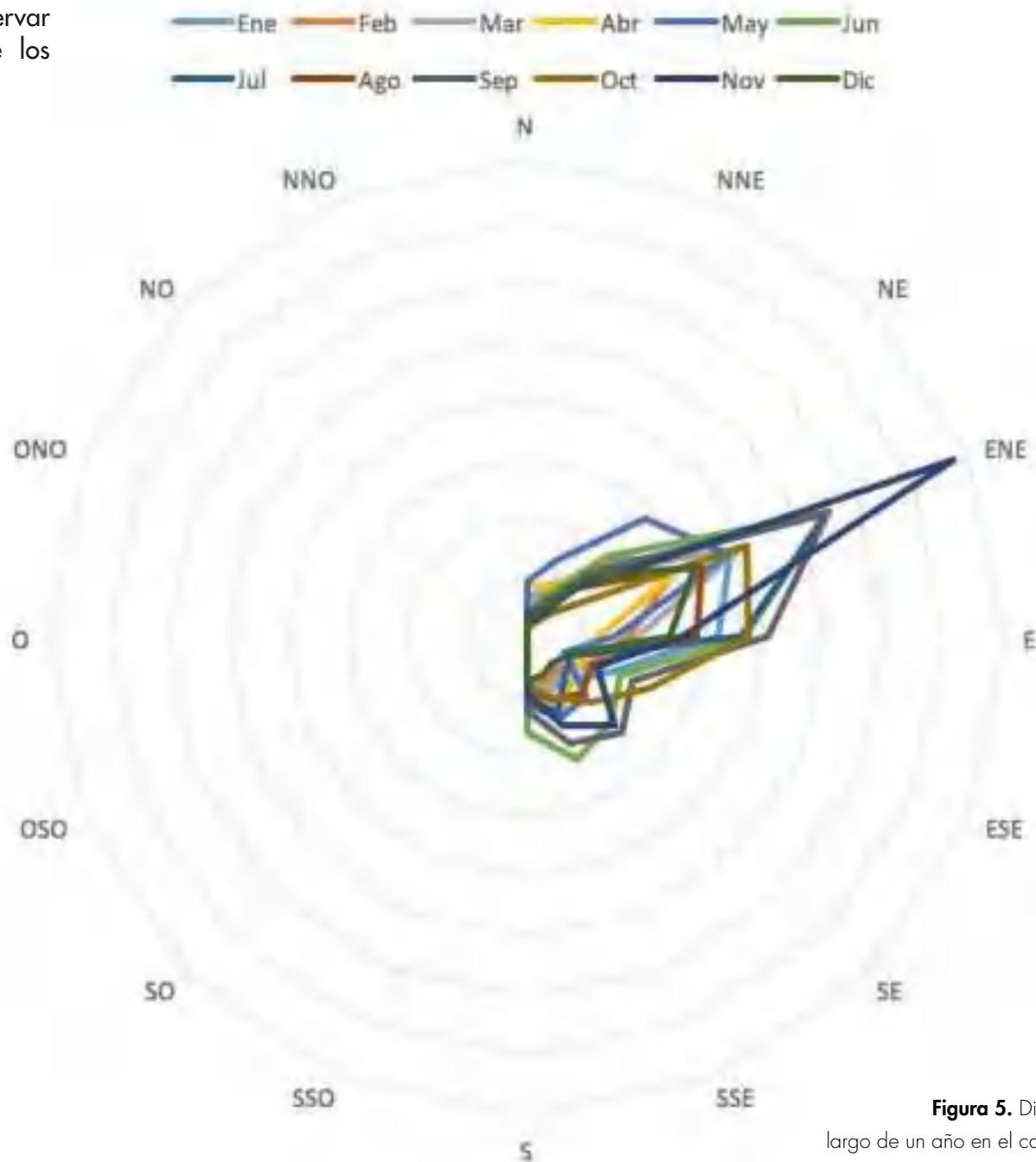
En la tabla 3 podemos observar el comportamiento de la humedad a lo largo del año. Tomando en cuenta el bienestar del conejo las celdas en azul representan incomodidad por baja humedad y las celdas verdes incomodidad por alta humedad, las celdas en color amarillo indican las zonas donde existe bienestar.

|    | Ene  | Feb  | Mar  | Abr  | May  | Jun  | Jul  | Ago  | Sep  | Oct  | Nov  | Dic  |
|----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 0  | 0.51 | 0.24 | 0.37 | 0.49 | 0.60 | 0.79 | 0.53 | 1.19 | 0.37 | 0.84 | 0.52 | 0.22 |
| 1  | 0.57 | 0.29 | 0.26 | 0.27 | 0.35 | 0.46 | 0.46 | 0.79 | 0.25 | 0.59 | 0.46 | 0.31 |
| 2  | 0.57 | 0.20 | 0.22 | 0.25 | 0.26 | 0.32 | 0.39 | 0.55 | 0.18 | 0.43 | 0.54 | 0.36 |
| 3  | 0.45 | 0.12 | 0.17 | 0.13 | 0.20 | 0.17 | 0.24 | 0.39 | 0.14 | 0.36 | 0.46 | 0.26 |
| 4  | 0.38 | 0.14 | 0.18 | 0.08 | 0.10 | 0.13 | 0.19 | 0.21 | 0.09 | 0.17 | 0.37 | 0.11 |
| 5  | 0.44 | 0.14 | 0.22 | 0.10 | 0.03 | 0.09 | 0.25 | 0.10 | 0.06 | 0.16 | 0.41 | 0.28 |
| 6  | 0.43 | 0.28 | 0.21 | 0.11 | 0.06 | 0.12 | 0.26 | 0.10 | 0.07 | 0.21 | 0.45 | 0.51 |
| 7  | 0.44 | 0.24 | 0.22 | 0.08 | 0.02 | 0.03 | 0.23 | 0.16 | 0.09 | 0.27 | 0.44 | 0.50 |
| 8  | 0.49 | 0.20 | 0.33 | 0.17 | 0.05 | 0.08 | 0.39 | 0.19 | 0.11 | 0.24 | 0.54 | 0.48 |
| 9  | 0.79 | 0.77 | 0.61 | 0.42 | 0.19 | 0.36 | 0.49 | 0.13 | 0.35 | 0.64 | 1.06 | 0.53 |
| 10 | 1.08 | 1.54 | 1.24 | 0.83 | 0.60 | 0.80 | 0.64 | 0.22 | 0.84 | 1.09 | 1.41 | 0.78 |
| 11 | 1.76 | 2.21 | 1.70 | 1.17 | 1.03 | 0.91 | 0.91 | 0.73 | 0.93 | 1.35 | 1.48 | 1.06 |
| 12 | 1.98 | 2.41 | 2.13 | 1.59 | 1.24 | 0.96 | 0.92 | 0.90 | 1.15 | 1.63 | 1.45 | 1.42 |
| 13 | 2.30 | 2.44 | 2.39 | 1.81 | 1.47 | 1.11 | 1.08 | 1.25 | 1.23 | 1.83 | 1.67 | 1.65 |
| 14 | 2.30 | 2.47 | 2.47 | 2.03 | 1.60 | 1.22 | 1.24 | 1.42 | 1.30 | 1.85 | 1.59 | 1.79 |
| 15 | 2.18 | 2.30 | 2.66 | 2.13 | 1.67 | 1.36 | 1.44 | 1.35 | 1.45 | 1.83 | 1.80 | 1.95 |
| 16 | 2.05 | 2.32 | 2.88 | 2.23 | 1.96 | 1.54 | 1.76 | 1.51 | 1.56 | 1.93 | 1.96 | 2.09 |
| 17 | 1.94 | 2.38 | 2.47 | 2.38 | 1.85 | 1.91 | 1.89 | 1.73 | 1.63 | 2.19 | 2.04 | 1.86 |
| 18 | 1.55 | 1.96 | 2.23 | 2.39 | 1.64 | 2.47 | 2.20 | 2.00 | 1.84 | 2.34 | 1.92 | 1.35 |
| 19 | 1.53 | 1.63 | 1.88 | 2.03 | 1.97 | 2.80 | 2.42 | 2.21 | 1.81 | 2.30 | 1.92 | 1.06 |
| 20 | 1.24 | 1.57 | 1.22 | 1.37 | 1.70 | 2.48 | 1.98 | 2.50 | 1.86 | 2.18 | 1.72 | 0.82 |
| 21 | 0.83 | 1.00 | 0.96 | 1.14 | 1.27 | 2.13 | 1.32 | 2.50 | 1.88 | 1.72 | 1.13 | 0.67 |
| 22 | 0.68 | 0.59 | 0.80 | 0.95 | 0.92 | 1.69 | 1.02 | 2.09 | 1.21 | 1.34 | 0.56 | 0.57 |
| 23 | 0.59 | 0.40 | 0.80 | 0.68 | 0.73 | 1.09 | 0.90 | 1.64 | 0.71 | 1.15 | 0.54 | 0.37 |

**Tabla 4.** Velocidad del viento promedio por hora a lo largo de un año en el campus Amazcala de la Universidad Autónoma de Querétaro.

En la tabla 4 podemos observar el comportamiento de la velocidad del viento a lo largo del año. Tomando en cuenta el bienestar del conejo las celdas en rojo representan riesgo de afectaciones a las vías respiratorias de los animales y las celdas verdes una velocidad del viento aceptable.

En la figura 5 se puede observar la dirección dominante de los vientos a lo largo del año.



**Figura 5.** Dirección del viento a lo largo de un año en el campus Amazcala de la Universidad Autónoma de Querétaro.

## Diagrama bioclimático de Givoni

El diagrama bioclimático de Givoni (Figura 6) nos permite ubicar mediante los parámetros de humedad y temperatura dónde se encuentra una determinada hora respecto al confort térmico y propone además una estrategia de climatización pasiva que ayuda a emitir un diagnóstico.

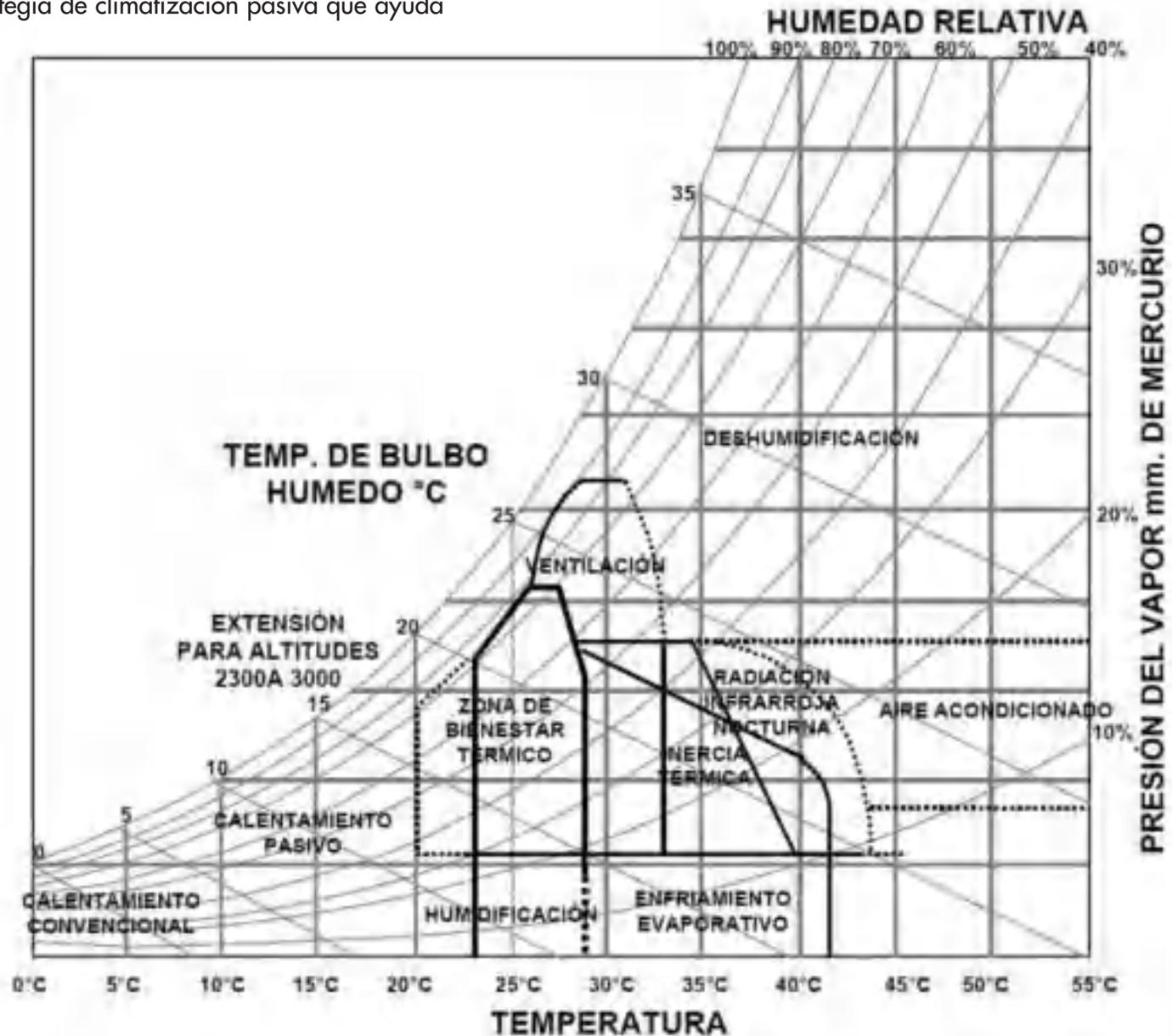
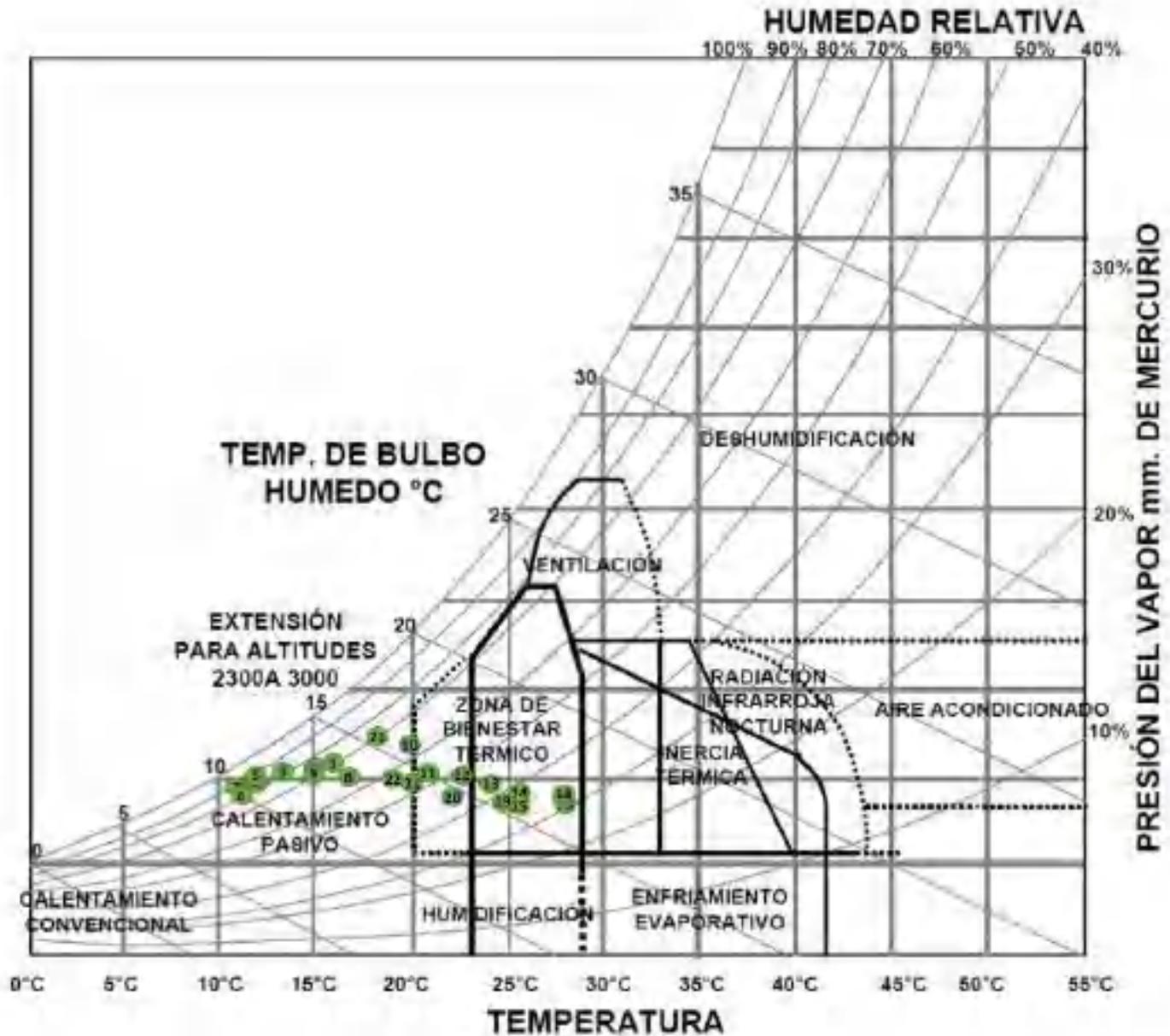


Figura 6. Diagrama bioclimático de Givoni

(Tomado de Morillón, 2014)

Para aplicar la herramienta basta con ubicar todos los puntos de las diferentes horas de un mes en el diagrama y observar cuál es la recomendación emitida por la herramienta. En la figura 7 se muestra el análisis para el mes de abril para el campus Amazcala de la Universidad Autónoma de Querétaro.



**Figura 7.** Diagrama bioclimático de Givoni para el mes de abril en el campus Amazcala de la Universidad Autónoma de Querétaro.

# RESULTADOS

Una vez obtenidas las cartas bioclimáticas y los diagramas bioclimáticos de Givoni para todos los meses se realiza una tabla de isorequerimientos (Tabla 5 y 6) en la cual se toma como base las condiciones de confort del conejo, en conjunto con los análisis de temperatura, velocidad del viento y humedad se establece un diagnóstico para cada zona y se propone una estrategia de climatización. Morillón & Edesa (2014) proponen algunas estrategias que pueden servir de guía para emitir un diagnóstico posterior más específico.

| <u>Resultado</u>     | <u>Estrategia pasiva de climatización</u> |
|----------------------|---|
| <u>Confort</u>       | <u>Zona de confort térmico</u>            |
| <u>Frio</u>          | <u>Calentamiento pasivo</u>               |
| <u>Frio intenso</u>  | <u>Minimizar pérdida de calor</u>         |
| <u>Calor intenso</u> | <u>Ventilación natural</u>                |
| <u>Calor intenso</u> | <u>Zona de ventilación o aislamiento</u>  |

**Tabla 5.** Algunas estrategias pasivas de climatización



**Tabla 6.** Tabla de isorequerimientos.

Para facilitar el análisis de la información se propone un código de colores con el fin de observar de manera clara el cambio de condiciones de confort según el mes y la hora del día.



**Figura 5.** Orientación de la granja en base a la recomendación de González (2016).

Se toma como base la recomendación de González (2016) de emplazar la granja con dirección noreste. En la figura 9 se puede observar un diagrama de cómo quedaría orientada la granja.

Analizando las cartas bioclimáticas y la tabla de isorequerimientos es posible deducir que diciembre, enero y febrero son los meses más fríos, de abril a julio son los meses los más calurosos y de abril a noviembre desde las 22:00 hasta las 9:00 am las condiciones ambientales son ideales para la cunicultura por lo que se puede usar una envolvente ligera que únicamente proteja a los animales de los depredadores y mantener las ventanas abiertas para propiciar la renovación del aire y evitar la concentración de gases.

De diciembre a febrero solo antes de las 8:00 am las bajas temperaturas y las humedades altas producen una sensación

de frío intenso, para mitigar esto se proponen dos estrategias, determinadas por la presencia de los rayos solares:

1) Minimizar la pérdida de calor y aumentar inercia térmica: Durante las últimas horas de los días de estos meses mantener al mínimo la ventilación (Sin permitir la acumulación excesiva de gases) para evitar la pérdida de calor por la renovación del aire y se recomienda el uso de materiales con elevada inercia térmica en la fachada suroeste, una solución adoptada regularmente consiste en la construcción de jardineras altas o muros gruesos, en este caso se pueden usar los desechos de los animales colocados en recipientes y expuestos a los rayos solares dispuestos a lo largo de esta fachada.

2) Calentamiento pasivo: Consistiría en captar los rayos solares durante las primeras horas del día, incluso aprovechando el efecto invernadero. Aprovechando el bajo ángulo solar propio de estos meses. La implementación consistiría en no interponer barreras opacas entre los rayos solares y el interior en las ventanas de la fachada sureste.

Igualmente en estos meses fríos las temperaturas entre las 8:00 y las 20:00 no son preocupantemente altas.

Desde abril hasta septiembre entre las 13:00 y las 18:00 hay altas temperaturas combinadas con bajas humedades lo que produce una sensación de calor intenso por lo que mantener las ventilaciones abiertas al máximo es indispensable, y se recomienda el uso de una ventana cenital para favorecer la renovación del aire; además se deberá colocar un escudo térmico en la fachada y sección del techo noroeste, este escudo térmico consiste en la colocación de un material que aisle térmicamente el interior del exterior, evitando el sobrecalentamiento del aire que se encuentra en contacto con el interior de la envolvente.

La dirección del viento es determinante para el diseño de las ventanas laterales y cenitales. Dado que la dirección predominante del viento es la Noreste - Este y la función de la ventana cenital es extraer el calor del interior se coloca de manera que el viento no incida directamente en ella, por lo que se recomienda colocarla en dirección a la fachada sureste. En el caso de las ventanas laterales, se colocaran de manera longitudinal y en ambos lados de la estructura, con la consideración de que la ventana de la fachada noroeste sea de menor dimensión que la sureste para impedir que entren ráfagas de viento provenientes del oeste.

## CONCLUSIONES

Para la cunicultura, el confort térmico de los animales juega un rol vital puesto que se encuentra estrechamente ligado a la salud de los mismos y su comportamiento reproductivo y alimenticio. Este hecho es ampliamente conocido, pero los textos sobre cunicultura se limitan únicamente a mencionarlos y dar recomendaciones generales para la construcción de la granja; por esto el análisis bioclimático en conjunto con su metodología es una herramienta valiosa para los actuales y futuros cunicultores

Para la instalación de una explotación cunícola con su correspondiente análisis bioclimático es indispensable contar con los datos históricos del clima de la región específica donde se emplazará la granja. En caso de no contar con estos datos, la implementación de cualquier emprendimiento cunícola debe anticiparse al menos un año, e iniciar con la instalación de una estación meteorológica en la zona.

Por otra parte, la aplicación de la metodología y el análisis de los datos climáticos por medio de hojas de cálculo de Excel, permite usar los mismos archivos con diferentes datos de entrada para obtener análisis particulares de distintas zonas.

# REFERENCIAS

- Araújo, M. & Peterson, A. (2012). Uses and misuses of bioclimatic envelope modeling. *Ecology*, 93(7), 1527-1539. <http://dx.doi.org/10.1890/11-1930.1>
- Contreras, M. (2013). Factores en el manejo de los conejos reproductores que inciden sobre la producción. In: IX Encuentro nacional de cunicultura. México, México.
- Contreras, M. (2015). Factores en el manejo de conejos reproductores que inciden sobre la reproducción. In XII Encuentro nacional de cunicultura. Querétaro, Querétaro.
- Escobar, L. (2012). Costos de producción y capital de trabajo. In X Congreso nacional de cunicultura. Oaxaca de Juárez, Oaxaca.
- Ferrer, P. & A., J. (1985). *El arte de criar conejos y otros animales* (1st ed.). España: Aedos.
- Givoni, B. (1969). *Man, climate, and architecture* (1st ed.). Amsterdam: Elsevier.
- Gómez, G. & Ramirez, D. (2016). *Manual de cunicultura básica*. Querétaro: Fundación produce Querétaro A.C.
- González, D. (2016). Visita al centro nacional de Cunicultura. Centro Nacional de Cunicultura, Irapuato, Gto.
- Lebas, F. (1996). *El conejo* (1st ed.). Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
- Marzoni, M. & Mori, B. (1992). Factores estresantes y comportamiento del conejo. (*Conigliocultura*, 29(2), 19 - 23. Retrieved from [https://ddd.uab.cat/pub/cunicultura/cunicultura\\_a1992m4v17n96/cunicultura\\_a1992m4v17n96p95.pdf](https://ddd.uab.cat/pub/cunicultura/cunicultura_a1992m4v17n96/cunicultura_a1992m4v17n96p95.pdf)
- Morillón, D. (1996). Diseño bioclimático, una arquitectura adecuada al clima. *Enlace*, 7.
- Morillón, D. (1999). Arquitectura bioclimática en México. *Revista Del Taller Internacional De Arquitectura Bioclimática*.
- Morillón, D. (2000). Metodología para diseño bioclimático. In *Millenium forum solar*. México: International Solar Energy Society y ANES.
- Morillón, D. & Edeza, C. (2014). Arquitectura bioclimática. In *XXXVIII Semana nacional de energía solar*. Querétaro: Instituto de ingeniería UNAM.
- Olgay, V. (1963). *Design with climate* (1st ed.). Princeton, N.J.: Princeton University Press.
- Pérez, J. (1992). Aspectos bioclimatológicos en la explotación de conejo. *Nuestra Cabaña*, 3, 12 -17.
- Sala de prensa SAGARPA,. (2015). *SAGARPA impulsa la cunicultura como alternativa alimentaria y generadora de empleos en el campo*. Retrieved from <http://www.sagarpa.gob.mx/saladeprensa/2012/Paginas/2015B026.aspx>
- SENASICA - SAGARPA (2015). *Manual de buenas prácticas de producción de carne de conejo*. Querétaro: SENASICA - SAGARPA.
- Tudela, F. (1982). *Ecodiseño* (1st ed.). México: UAM, Unidad Xochimilco.

# COMPARACIÓN DEL COMPORTAMIENTO TÉRMICO DE MATERIALES CONSTRUCTIVOS Y MATERIALES DE CAMBIO DE FASE PARA SU USO COMO MASA TÉRMICA EN UN TECHO PARA EL CLIMA DE SANTIAGO DE QUERÉTARO

Comparison of the thermal behavior of constructive materials and phase change materials for their use as thermal mass in a roof for Santiago de Querétaro climate

Dovile Kukukaite<sup>1</sup>.  
Juan Carlos Jáuregui Correa<sup>2</sup>.

<sup>1</sup>Estudiante de la Maestría en Arquitectura, Universidad Autónoma de Querétaro, kukukaite@gmail.mx

<sup>2</sup>Doctor en Ingeniería, Universidad Autónoma de Querétaro, juancarlosjauregui2007@gmail.com

## RESUMEN

Se han diseñado varias técnicas constructivas como techos verdes, techos verdes activos (Roche, 2013) o techos con tina de agua (USC, 2016) con el propósito de aprovechar la energía solar en la climatización de los espacios interiores. Estos y otros tipos de masa térmica tienen ciertas propiedades que ayudan a almacenar el calor dentro de su masa. Precisamente en la ciudad de Santiago de Querétaro, un techo con masa térmica puede suavizar el golpe térmico causado por las grandes diferencias térmicas entre el día y la noche y por el alto nivel de radiación solar en la zona.

En este artículo se comparan posibles materiales para acumular el calor dentro de un sistema de techo. Hay una gran variedad de materiales de construcción que pueden realizar la función de masa térmica, sin embargo, existen además otro tipo de materiales, que no tienen mucha masa, pero que, por su alto valor de calor latente en los procesos de cambio de fase, acumulan grandes cantidades de energía calorífica.

Así mismo, se distinguen los materiales de construcción que mejor cumplen con las propiedades necesarias para acumular el calor y se calcula su espesor necesario para poder desfasar la onda térmica por 12 horas. También se eligen materiales de cambio de fase y su espesor óptimo para el clima de Querétaro. Finalmente, se comparan los materiales seleccionados térmicamente con el objetivo de mantener su temperatura más cercana, pero por encima, de los 27°C.

Palabras clave: energía térmica, masa térmica, materiales de cambio de fase.

## ABSTRACT

There are several constructive techniques such as green roofs, active green roofs (Roche, 2013) or roofs with water tank (USC, 2016), which benefit from the solar energy to climatize interiors. These and other types of thermal mass own certain properties that facilitate the storage of heat inside of their masses. Precisely in Santiago de Querétaro is where the thermal mass can soften the hits of the heat caused by its great thermal difference between the day and the night and by high level of solar radiation in the zone.

This article contains the comparison of possible materials to accumulate the heat as a part of a roof's system. There is a great variety of constructive materials that are able to perform the function of a thermal mass. Besides, there are some materials that do not have much mass but still can store large quantities of heat inside its masses because of the latent heat during the processes of their fusion.

Some constructive materials are chosen because of their properties to store the heat and some calculations are made to define their thickness based on the necessity to offset the thermal heat wave for 12 hours. As well, some phase change materials are chosen and some calculations are made to define their thickness according to the climate's conditions of the zone. In the end, the comparison of the selected materials is made according to their possibilities to maintain their temperature close but above 27°C.

Key words: thermal energy, thermal mass, phase change materials.

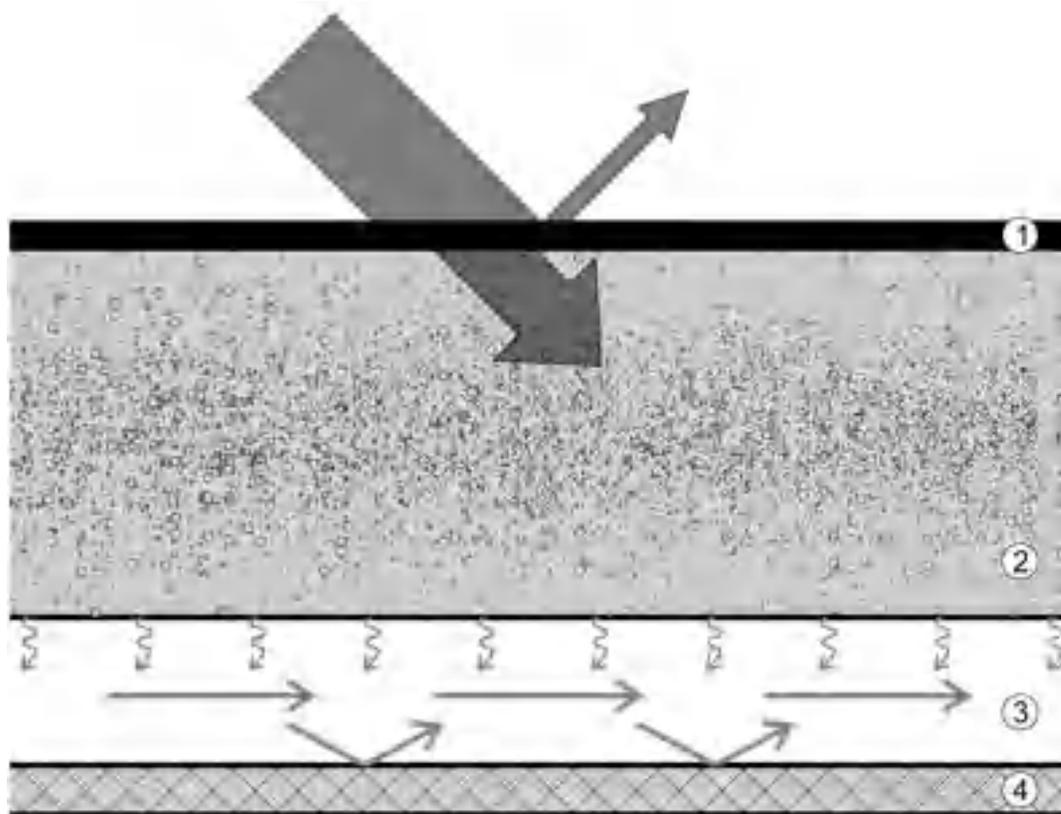
# INTRODUCCIÓN

En México la mayor fuente de energía es el sol. El Promedio Global Horizontal de Irradiación (GHI) es de aproximadamente 5 kW/h•m<sup>2</sup> por día.

Para el clima de Querétaro, que recibe grandes cantidades de radiación solar y tiene mucha variación térmica entre la noche y el día, se necesita de un techo que suavice los golpes del calor emitido por el sol, y acumule esta energía para los momentos fríos del día. Con este propósito Kukukaite (2017) propuso un sistema de techo con masa térmica. La masa térmica permite repartir

adecuadamente la energía a lo largo de los periodos de consumo y puede evitar el golpe térmico que se produce en los momentos de captación (Neila, 2004).

Si se considera que una capa de masa térmica está dentro de un sistema de techo que absorbe y acumula la radiación solar, se puede comparar el comportamiento térmico de diferentes materiales dentro del mismo contexto. El sistema de techo, diseñado por Kukukaite (2017) se compone de varias capas:

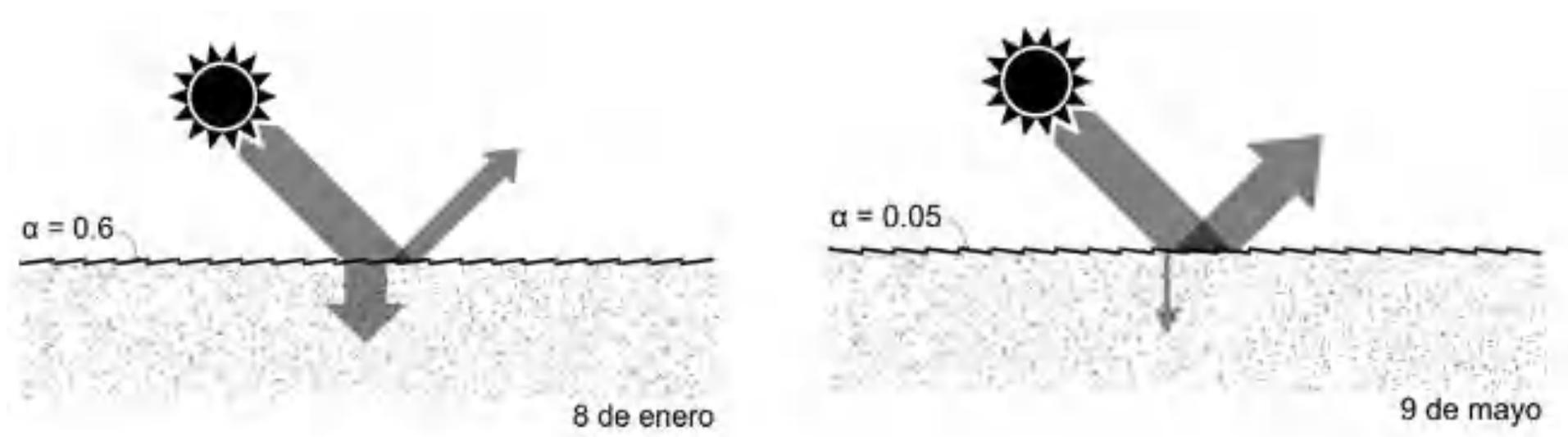


1. Absorción de la radiación solar
2. Acumulación de calor
3. Circulación de flujo de aire
4. Aislamiento térmico

**Figura 1.** Capas del sistema de techo de Kukukaite.

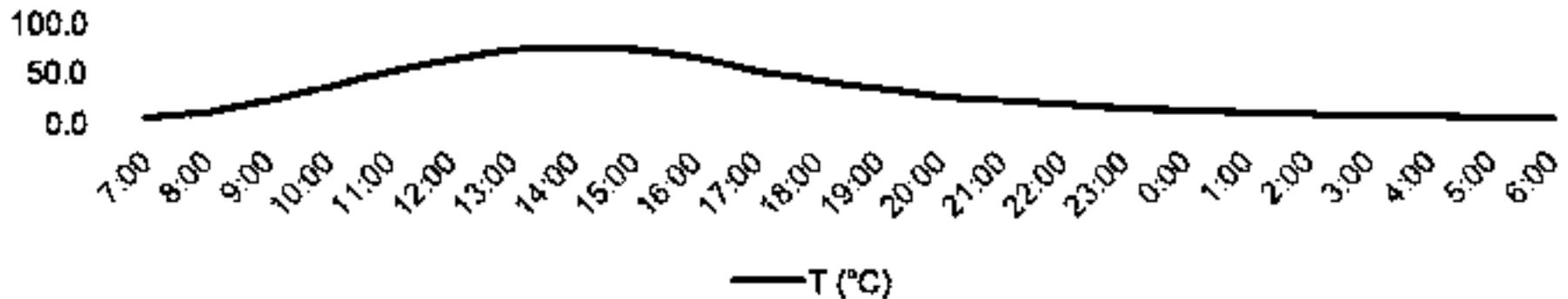
Fuente: Kukukaite (2017).

Con base en este diseño, la capa de masa térmica obtiene energía calorífica de la capa de absorción térmica. Esta, expuesta al ambiente, es de una lámina de aluminio de 1 mm de espesor y funciona como una persiana con el propósito de cambiar sus superficies dependiendo de la necesidad de absorción.



**Figura 2.** Capa exterior reversible para absorber diferentes cantidades de la radiación solar durante diferentes periodos de clima. Fuente: Kukukaite (2017).

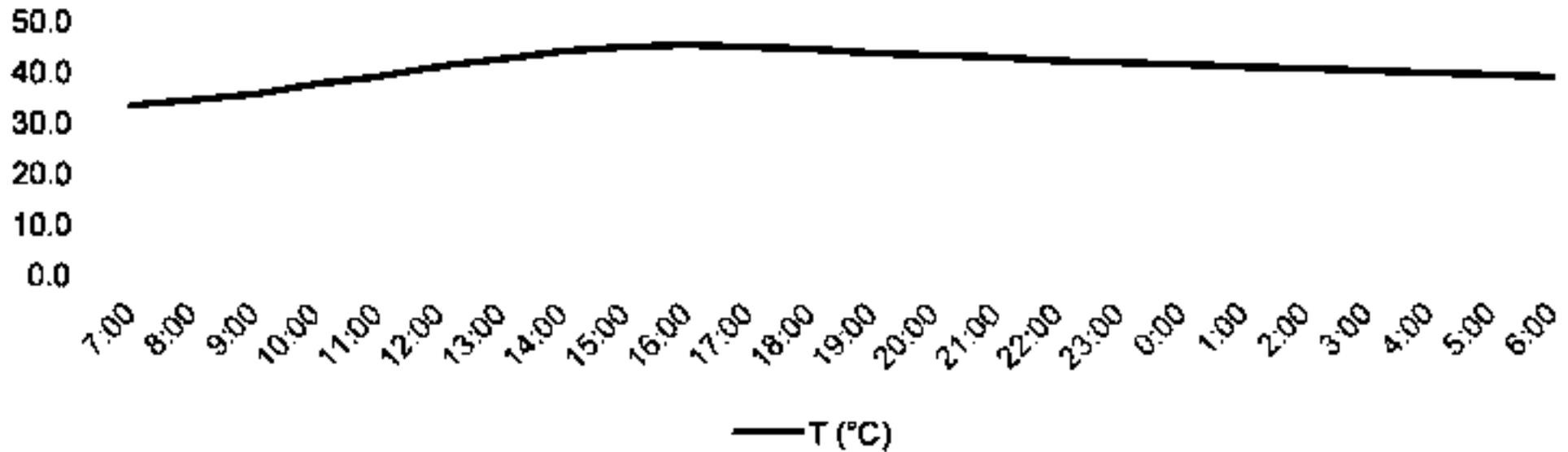
Durante el periodo de frío, la superficie expuesta al exterior es de color claro y absorbe 60% de la radiación solar (Figura 2). De esta manera, la temperatura de la capa exterior durante el 8 de enero, lo que es el día más frío de año en Santiago de Querétaro (CONAGUA, 2016), alcanza una temperatura de 75.5° C a las 14:00 horas (Gráfica 1).



**Gráfica 1.** Temperatura de una lámina de aluminio, expuesta a la radiación solar durante 8 de enero en Santiago de Querétaro. Fuente: Kukukaite (2017).

Y para los periodos de calor, la capa exterior se voltea con la finalidad de absorber menos de la radiación solar y evitar el sobrecalentamiento. Durante el 9 de mayo, lo que es el día más caliente de año en Santiago de Querétaro (CONAGUA, 2016), se absorbe 5% de la radiación solar con un acabado de metal pulido y la lámina de aluminio se calienta hasta 44.9° C a las 16:00 horas (Gráfica 2).

Esta energía térmica absorbida se acumula en la capa de masa térmica. El material más adecuado para esta capa es aquel que se caliente y mantenga su temperatura a los 27°C. Esta temperatura, según el diseño del sistema de techo, es necesaria con el propósito de calentar el aire dentro del sistema tanto, que después de llegar a los espacios habitados, por circulación de flujo de aire automatizada, se reciba la energía térmica suficiente para calentar los espacios hasta la temperatura de confort.



**Gráfica 2.** Temperatura de una lámina de aluminio, expuesta a la radiación solar durante 9 de mayo en Santiago de Querétaro. Fuente: Kukukaite (2017).

# METODOLOGÍA

En este artículo se analizan posibles materiales para la capa de acumulación de calor en el sistema de techo y se comparan sus posibilidades para mantener la temperatura interna. A continuación se analizan dos tipos de materiales que acumulan el calor: el primer análisis es de materiales constructivos comunes de mucha masa, y el segundo, de materiales de cambio de fase que acumulan el calor dentro de su masa en los procesos de fusión.

En primer lugar, se eligen los materiales con mejores capacidades de desfasear la onda térmica, para que el calor llegue al interior en los momentos más fríos del día, y se definen sus espesores. Posteriormente, se eligen materiales de cambio de fase adecuados para la zona de Santiago de Querétaro y se definen sus espesores con base a la radiación solar que se recibe. Finalmente, se calculan las temperaturas horarias de los materiales seleccionados durante los días extremos térmicamente y se comparan con el objetivo de mantener la temperatura cercana, pero por encima de los 27° C.

# MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN COMO MASA TÉRMICA

En el sistema de techo se necesita que las mayores ganancias de calor traspasen al interior de la vivienda en los momentos más fríos del día, y la energía se aproveche para calentar los espacios habitados durante la noche. Cuando la temperatura exterior es máxima, se debe filtrar la mínima cantidad de calor con la finalidad de no sobrecalentar los interiores de los edificios. Esto significa que, la energía térmica tiene que traspasar el cerramiento en 12 horas. "El tiempo en que el calor tarda en atravesar el cerramiento se denomina desfase de la onda térmica" (Neila, 2004) y depende de los siguientes parámetros:

$$d = 0.0167 \cdot \frac{t}{2} \cdot \sqrt{\frac{\rho \cdot C_e}{\pi \cdot \lambda \cdot t}} \cdot e$$

*Desfase de la onda térmica*

- d – desfase de la onda térmica (h);
- t – periodo de la onda térmica (h);
- ρ – densidad del material (kg/m<sup>3</sup>);
- C<sub>e</sub> – calor específico del material (J/m<sup>2</sup>• °C);
- λ – conductividad térmica del material (W/m<sup>2</sup>• °C);
- e – espesor del material.

Sabiendo que el periodo es de un día (24 horas) y el desfase requerido es de 12 horas, las variables de un material adecuado tienen que cumplir con la siguiente ecuación:

$$\sqrt{\frac{\rho \cdot C_e}{\pi \cdot \lambda \cdot 24}} \cdot e = 60$$

*Variabes de material para un desfase de la onda térmica por 12 horas*

Al elegir el material adecuado para la capa de masa térmica es importante optimizar su espesor con el propósito de reducir los costos de fabricación, simplificar la estructura constructiva y reducir el impacto a la estética del edificio. Para lograrlo,  $\sqrt{((\rho \cdot C_e) / (\pi \cdot \lambda \cdot 24))}$  tiene que tener el mayor valor posible, lo que significa materiales con altos valores de densidad y calor específico, y baja conductividad térmica. Los materiales constructivos de mayor coincidencia según el catálogo CTE (Instituto Eduardo Torroja de ciencias de la construcción, 2006) son:

| <b>Material</b>              | $\rho$<br><b>(kg/m<sup>3</sup>)</b> | $\lambda$<br><b>(W/m· °C)</b> | $C_e$<br><b>(J/kg· °C)</b> | $\frac{\rho \cdot C_e}{\pi \cdot \lambda \cdot 24}$ |
|------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------|----------------------------|---|
| <b>Madera<br/>conífera</b>   | <b>520</b>                          | <b>0.15</b>                   | <b>1600</b>                | <b>73602</b>  |
| <b>Corcho<br/>comprimido</b> | <b>500</b>                          | <b>0.10</b>                   | <b>1560</b>                | <b>103503</b>                                       |
| <b>Linóleo<br/>natural</b>   | <b>1200</b>                         | <b>0.17</b>                   | <b>1400</b>                | <b>131135</b>                                       |
| <b>Caucho<br/>natural</b>    | <b>1200</b>                         | <b>0.17</b>                   | <b>1400</b>                | <b>131135</b>                                       |
| <b>Neopreno</b>              | <b>1240</b>                         | <b>0.23</b>                   | <b>2140</b>                | <b>153097</b>                                       |

*Fuente: Instituto Eduardo Torroja de ciencias de la construcción (2006)*

**Tabla 1.** Materiales constructivos adecuados para un desfase de la onda térmica por 12 horas.

El catálogo CTE (2006) no provee algunos parámetros de los aislantes térmicos, los cuales también podrían ser adecuados para obtener el desfase de 12 horas, ya que su conductividad térmica es baja. Los aislantes térmicos que tienen altos valores de densidad térmica y calor específico obtenidos son (Willems y Wolfgang, 2011):

| <b>Material</b>        | <b><math>\rho</math><br/>(kg/m<sup>3</sup>)</b> | <b><math>\lambda</math><br/>(W/m· °C)</b> | <b><math>C_e</math><br/>(J/kg· °C)</b> | <b><math>\frac{\rho \cdot C_e}{\pi \cdot \lambda \cdot 24}</math></b> |
|------------------------|---|---|--|---|
| <b>Arlita</b>          | <b>550</b>                                      | <b>0.08</b>                               | <b>1100</b>                            | <b>100351</b>   |
| <b>Cáñamo raspado</b>  | <b>150</b>                                      | <b>0.06</b>                               | <b>1500</b>                            | <b>49761</b>  |
| <b>Fibra de madera</b> | <b>250</b>                                      | <b>0.05</b>                               | <b>1850</b>                            | <b>122744</b>   |
| <b>Lana de madera</b>  | <b>300</b>                                      | <b>0.10</b>                               | <b>2100</b>                            | <b>83599</b>  |
| <b>Cocos</b>           | <b>90</b>                                       | <b>0.05</b>                               | <b>1500</b>                            | <b>35828</b>  |
| <b>Algas</b>           | <b>75</b>                                       | <b>0.05</b>                               | <b>2000</b>                            | <b>39809</b>  |

*Fuente: Willems y Wolfgang (2011).*

**Tabla 2.** Aislantes térmicos adecuados para un desfase de la onda térmica por 12 horas.

De todos los materiales analizados, el neopreno es el que ofrece los mejores resultados. Lamentablemente, este material no puede ser considerado como parte del sistema porque está en la lista roja de los materiales constructivos. “Los materiales constructivos de la lista roja son nocivos para las criaturas vivas incluyendo el humano o el ambiente” (Kesavan, 2016)

Tomando en cuenta los materiales que no son nocivos con el ambiente, las mejores opciones de masa térmica son el linóleo natural, el caucho natural, la fibra de madera y el corcho comprimido. Después de escoger los materiales, se puede calcular el espesor necesario de cada uno. Usando los parámetros de los materiales de la Tabla 1 y la Tabla 2, y aplicando la ecuación de desfase de la onda térmica por 12 horas [2], se encuentran los espesores óptimos de los materiales seleccionados.

| Material          | $\rho$<br>(kg/m <sup>3</sup> ) | $\lambda$<br>(W/m·°C) | Ce<br>(J/kg·°C) | e (m) |
|-------------------|--------------------------------|-----------------------|-----------------|-------|
| Linóleo o caucho  | 1200                           | 0.17                  | 1400            | 0.17  |
| Fibra de madera   | 250                            | 0.05                  | 1850            | 0.17  |
| Corcho comprimido | 500                            | 0.10                  | 1560            | 0.19  |

Fuente: Kukulaito (2017)

**Tabla 3.** Espesor necesario de los materiales de construcción seleccionados para un desfase de la onda térmica por 12 horas.

Se puede observar que una capa de linóleo, caucho o de fibra de madera necesita tener 17 cm de grosor y una capa de corcho 19 cm para poder desfasear la onda térmica por 12 horas (Tabla 3).

# MATERIALES DE CAMBIO DE FASE COMO MASA TÉRMICA

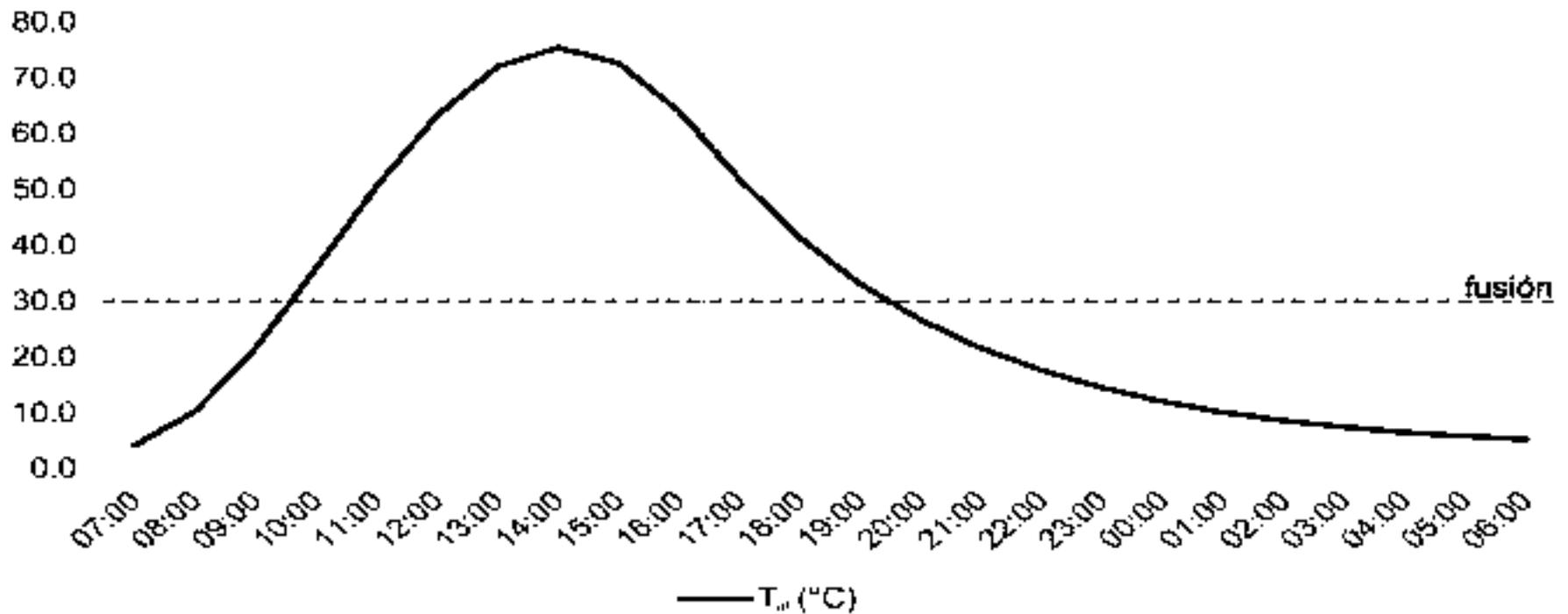
Anteriormente se comprobó que los materiales de alta inercia térmica acumulan el calor de la radiación solar en su masa por un día completo. Existe otro método para acumular la energía calorífica aplicando materiales de cambio de fase.

Estos materiales, a diferencia de los materiales comunes de construcción, no necesitan tener mucha masa para almacenar el calor. Los materiales de cambio de fase son los que cambian su estado a ciertas temperaturas ambientales. Cuando alcanzan temperatura de su punto de fusión, se derriten y absorben la energía térmica en su masa. Después, cuando la temperatura baja al mismo punto, los PCM regresan a su estado previo soltando la energía térmica acumulada. El calor, necesario para el cambio de fase de un material, se denomina calor latente. Durante este proceso, la temperatura del material no se cambia. Por esta razón, los PCM no necesitan tener mucha masa para acumular la energía calorífica.

La elección del material de cambio de fase adecuado para el contexto analizado depende de la cantidad de calor que se recibe durante el día más frío de año. El 8 de enero es un día crítico para el proceso de fusión ya que la cantidad de calor que se recibe es mínima. La temperatura promedio de este día es óptima para la fusión de un material.

La Gráfica 3 representa la curva y el promedio de la temperatura horaria de la capa de aluminio durante el 8 de enero. Esta temperatura de alrededor de 30° C es óptima para que el material de cambio de fase alcance a derretirse y solidificarse de nuevo, aún en el día más frío de año. Los materiales de la Tabla 4 son los que tienen temperatura de fusión alrededor de los 30° C y tienen

definidas las propiedades necesarias para evaluar su efectividad. El  $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ , o mejor conocido como cloruro de calcio hexahidratado, es una sal hidratada, y el octadecano es una parafina, el ácido cáprico pertenece al grupo de ácidos grasos y el galio es un metal que también se funde a una temperatura cercana.



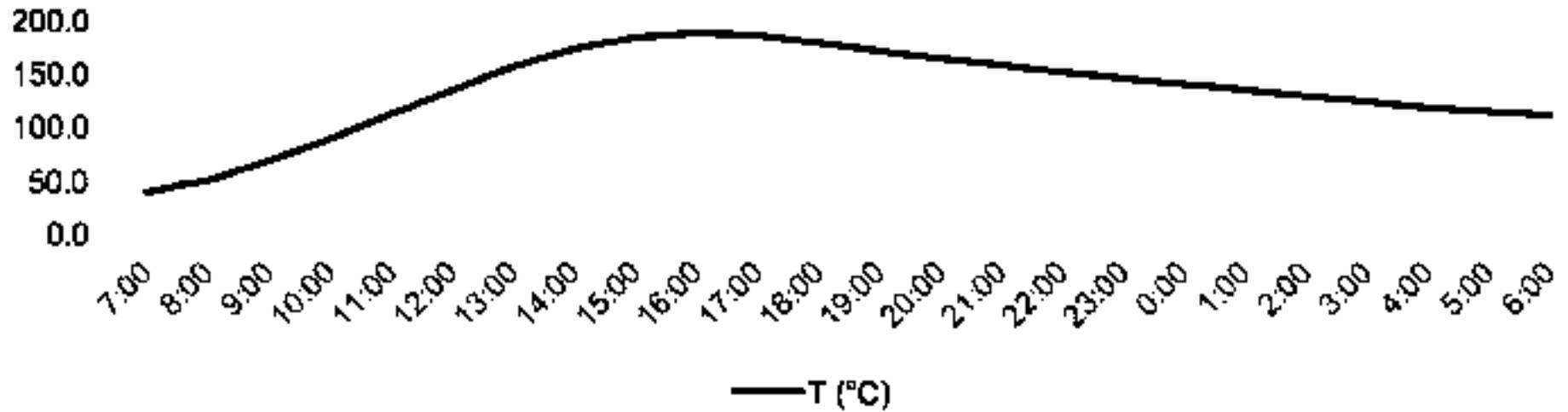
**Gráfica 3.** Promedio térmico de la capa de aluminio del día 8 de enero y la temperatura de fusión óptima para los PCM. Fuente: Kukukaite (2017).

| <b>Material</b>                         | <b>T<sub>fusión</sub></b><br><b>(° C)</b> | <b>C<sub>L</sub></b><br><b>(kJ/kg)</b> | <b>C<sub>e</sub></b><br><b>(kJ/kg· °C)</b> | <b>p</b><br><b>(kg/m<sup>3</sup>)</b> | <b>λ</b><br><b>(W/m· °C)</b> |
|---|---|--|--|---------------------------------------|------------------------------|
| <b>CaCl<sub>2</sub>·6H<sub>2</sub>O</b> | <b>29</b>                                 | <b>125</b>                             | <b>1.4-2.1</b>                             | <b>1470</b>                           | <b>1.9-0.54</b>              |
| <b>Oetadecano</b>                       | <b>29</b>                                 | <b>243</b>                             | <b>1.9-2.25</b>                            | <b>775</b>                            | <b>0.28</b>                  |
| <b>Ácido cáprico</b>                    | <b>31.5</b>                               | <b>153</b>                             | <b>2.09</b>                                | <b>1004-886</b>                       | <b>0.152</b>                 |
| <b>Galio</b>                            | <b>30</b>                                 | <b>80</b>                              | <b>0.34-0.38</b>                           | <b>6094</b>                           | <b>33</b>                    |

*Fuente: Datos basados en investigación de Hale y col. (1971), Griggs y Humphries (1977), Kaushik y cols. (2011), Chuah y cols. (2006), García-Santos y cols. (2012) y Vélez y cols. (2015).*

**Tabla 4.** PCM con puntos de fusión alrededor de los 30° C y sus propiedades.

En el caso de los materiales de cambio de fase, el espesor de la capa depende de la cantidad de calor latente. Idealmente el material absorbe toda la energía solar para derretirse y se mantiene a la temperatura constante. Como un PCM a veces está en estado líquido, debe de estar contenido dentro de un depósito sellado. Por esta razón no se puede aplicar la capa exterior de aluminio reversible y la absorción de la radiación solar es de 60% durante todo el año. Esto resulta en una temperatura elevada de la capa de aluminio durante el 9 de mayo:



**Gráfica 4.** Temperatura de una lámina de aluminio que absorbe 60% de la radiación solar durante 9 de mayo en Santiago de Querétaro. Fuente: Kukukaite (2017).

Durante los días calientes, toda la energía recibida debería ser utilizada en el proceso de fusión. De otra manera, una vez derretido el material, se calienta relativamente rápido. En el proceso de fusión se calculan solo las ganancias de calor por conducción por el tiempo que esto sucede (Kukukaite, 2017):

$$Q = U \cdot (T_{al} - T_{PCM}) \cdot t$$

*Energía que obtiene un PCM de aluminio en proceso de conducción*

Donde:

- Q – energía obtenida en un periodo de tiempo (J);
- U – transmitancia térmica del material (W/m<sup>2</sup>•°C);
- T<sub>al</sub> – temperatura de aluminio promedio cuando está superior a la temperatura del PCM (°C);
- T<sub>PCM</sub> – temperatura inicial del material (°C);
- t – tiempo (s).

Con base a la investigación en el sistema de techo de Kukukaite (2017), se asume que la temperatura inicial de la masa térmica es de 27° C. Esta obtiene la energía calorífica de la lámina de aluminio, que durante el día más caliente del año su temperatura es mayor a los 27° C con promedio de 133.8° C (Gráfica 4). La energía calorífica que recibe un PCM durante el 9 de mayo:

$$Q = U \cdot (133.8 - 27) \cdot 86400$$

$$Q = U \cdot 9227520$$

Esta cantidad de energía calorífica recibida debe de ser absorbida por el material de cambio de fase para su fusión (Kukukaite, 2017):

$$C_L \cdot \rho \cdot e = U \cdot 9227520$$

*Energía de fusión de un material equivalente a la energía que él recibe durante el 9 de mayo*

Donde:

C<sub>L</sub> – calor latente del material (J/kg).

Cuando (Kukukaite, 2017):

$$U = \frac{\lambda}{e}$$

El espesor de un material necesario es:

$$e = \sqrt{\frac{\lambda \cdot 1720920}{C_L \cdot \rho}}$$

Entonces, aplicando la ecuación [5] se encuentran los espesores necesarios de los PCM seleccionados para funcionar en una zona con el nivel de la radiación solar como la de Santiago de Querétaro.

| <b>Material</b>                         | <b><math>C_L</math> (kJ/kg)</b> | <b><math>\rho</math> (kg/m<sup>3</sup>)</b> | <b><math>\lambda</math> (W/m · °C)</b> | <b>e (m)</b> |
|---|---------------------------------|---|--|--------------|
| <b>CaCl<sub>2</sub>·6H<sub>2</sub>O</b> | <b>125</b>                      | <b>1470</b>                                 | <b>1.9</b>                             | <b>0.25</b>  |
| <b>Octadecano</b>                       | <b>243</b>                      | <b>775</b>                                  | <b>0.28</b>                            | <b>0.12</b>  |
| <b>Ácido cáprico</b>                    | <b>153</b>                      | <b>1004</b>                                 | <b>0.15</b>                            | <b>0.10</b>  |
| <b>Galio</b>                            | <b>80</b>                       | <b>6094</b>                                 | <b>33</b>                              | <b>0.79</b>  |

**Fuente: Kukukaite (2017).**

**Tabla 5.** Espesor de la capa de PCM.

# COMPARACIÓN

Con la finalidad de comparar todos los materiales seleccionados térmicamente, se calcula la temperatura horaria de cada uno en los días extremos de año. Los materiales de masa térmica reciben la energía calorífica desde la capa de aluminio por conducción (Kukukaite, 2017):

$$\frac{Q_{cond}}{t} = U \cdot A \cdot \Delta T$$

*Cantidad de calor por conducción*

Donde:

$Q_{cond}/t$  – ganancias de calor conducción (W);

$A$  – área de la superficie expuesta al sol ( $m^2$ ), el área de los cálculos de comparación es  $1 m^2$ ;

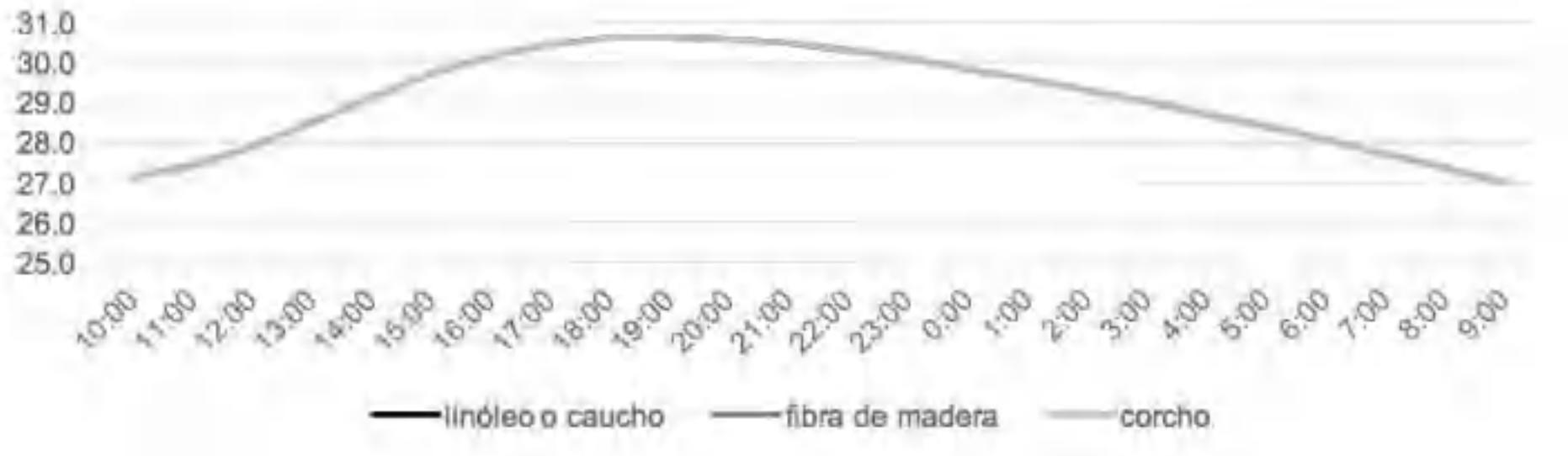
$\Delta T$  – diferencia entre temperatura de la capa de aluminio y la capa de masa térmica ( $^{\circ}C$ ).

Entonces, la temperatura final de un material se calcula de la siguiente manera (Kukukaite, 2017):

$$T_{final} = \frac{Q}{m \cdot C_e} + T_{inicial}$$

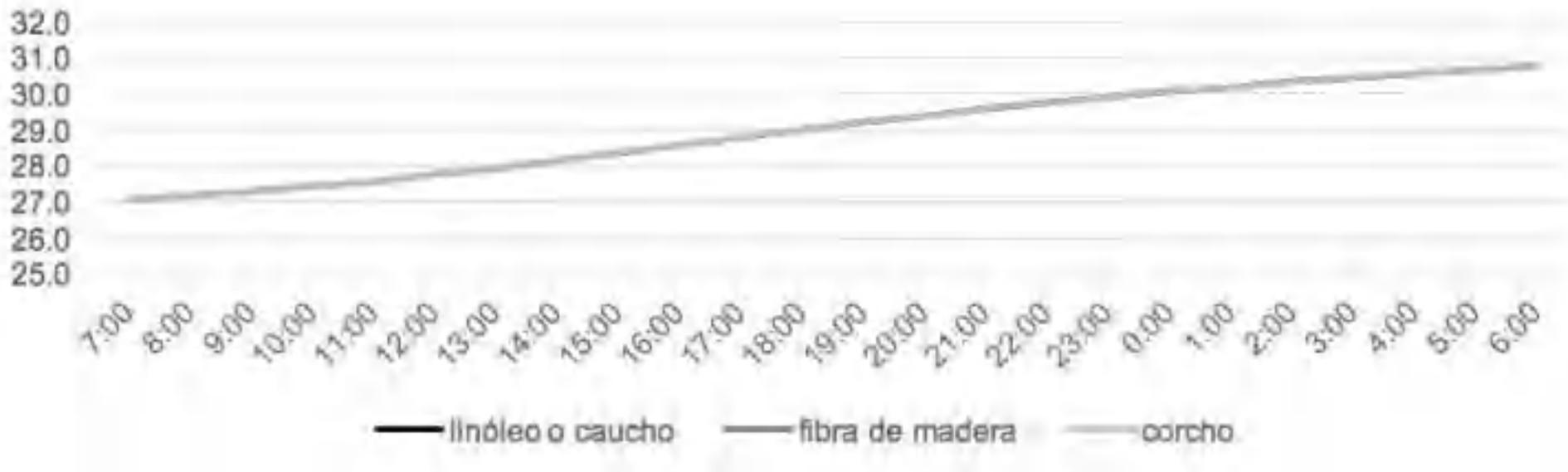
*Temperatura final de un material*

Utilizando los datos de las tablas 1, 2 y 3, y aplicando las ecuaciones [6] y [8] se calculan las temperaturas horarias de los materiales constructivos seleccionados durante el 8 de enero y el 9 de mayo:



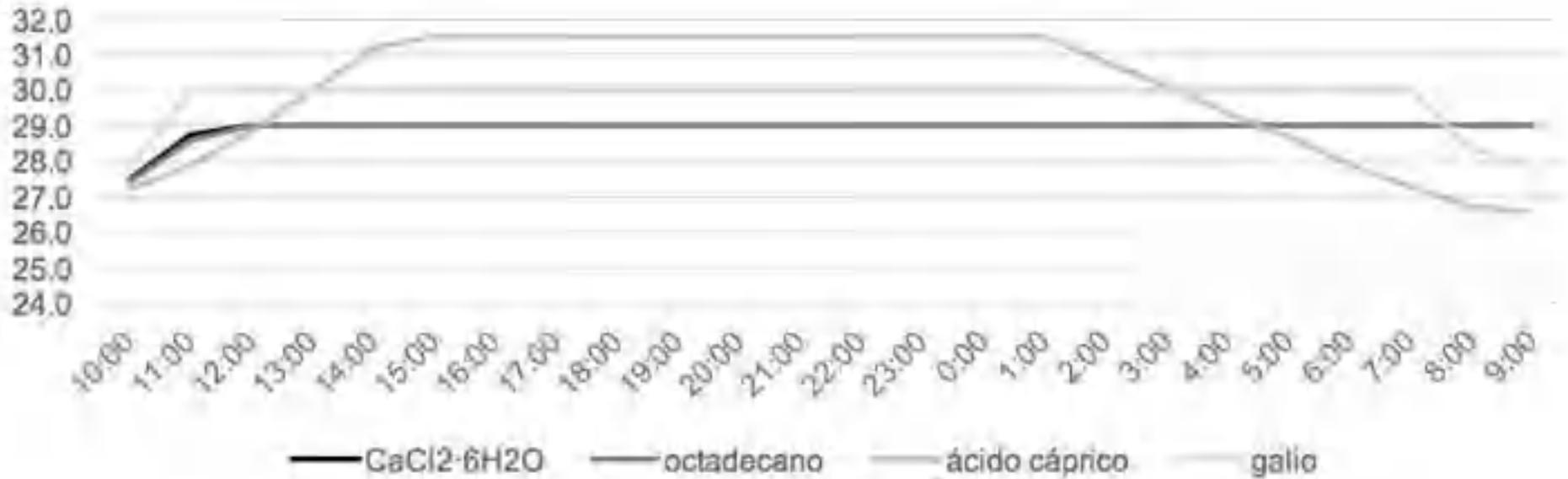
**Gráfica 5.** Temperatura horaria de los materiales de construcción seleccionados durante el 8 de enero. Fuente: Kukukaite (2017).

La Gráfica 5 y la Gráfica 6 muestran que una capa de linóleo, caucho o fibra de madera de 17 cm, o corcho comprimido de 19 cm, mantiene la temperatura interior por arriba de los 27° C durante los días extremos térmicamente. En el día más frío del año, la capa alcanza temperaturas de 30.6° C a las 19:00 horas. Y el 9 de mayo la máxima temperatura, de 30.8° C, es a las 6:00 horas.



**Gráfica 6.** Temperatura horaria de los materiales de construcción seleccionados durante el 9 de mayo. Fuente: Kukukaite (2017).

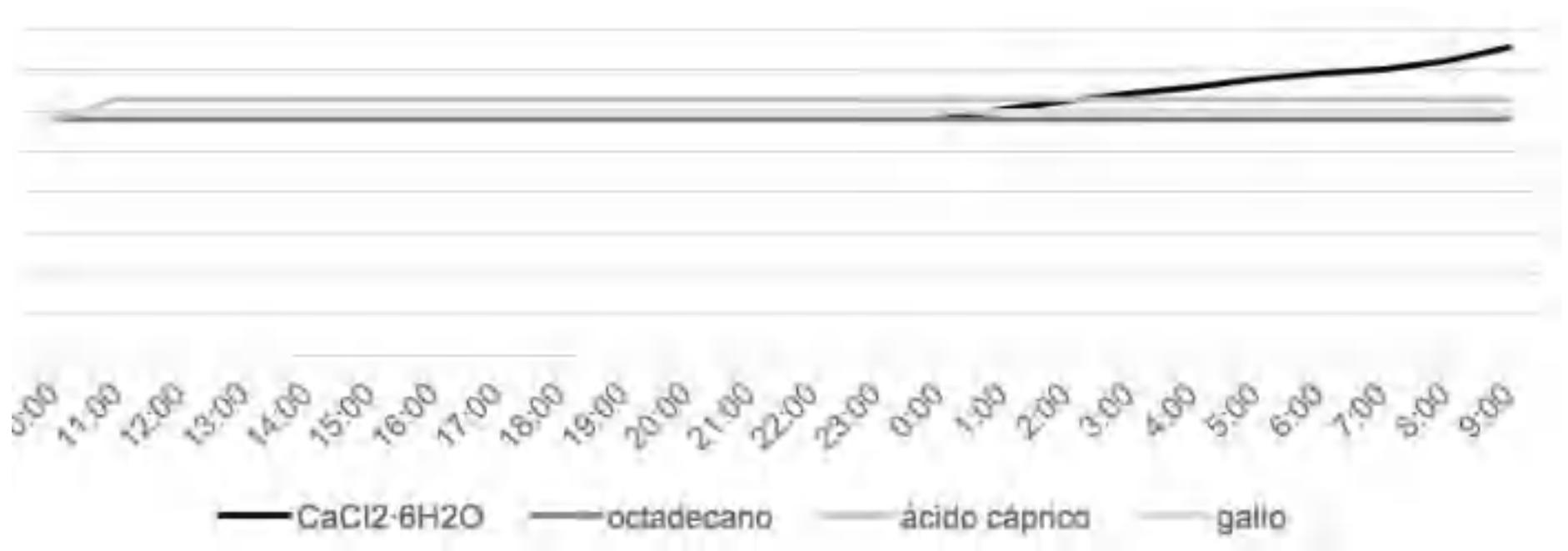
De la misma manera, utilizando los datos de las tablas 4 y 5, se encuentran las temperaturas horarias de los materiales de cambio de fase seleccionados durante el 8 de enero y el 9 de mayo:



**Gráfica 7.** Temperatura horaria de los materiales de cambio de fase seleccionados durante el 8 de enero. Fuente: Kukukaite (2017).

La gráfica 7 muestra que todos los materiales de cambio de fase seleccionados alcanzan la temperatura de su fusión y se mantienen a esta temperatura durante casi todo el día el 8 de enero. El único material que baja del límite de la temperatura mínima requerida del sistema es el ácido cáprico. Su temperatura al final del periodo es de 26.6° C.

Por otra parte, el 9 de mayo, el material que proporciona peores resultados es la sal hidratada. Esta alcanza a derretirse completamente a las 0:00 horas y continua calentándose hasta que a las 9:00 horas alcanza una temperatura de 37.7° C. Los demás materiales se mantienen a la temperatura de su fusión.



**Gráfica 8.** Temperatura horaria de los materiales de cambio de fase seleccionados durante el 9 de mayo. Fuente: Kukukaite (2017).

## CONCLUSIONES

Después de que se calculan las temperaturas horarias de los materiales seleccionados durante los días extremos, se puede apreciar la estabilidad térmica de ellos. Como se ha observado anteriormente, todos los materiales de construcción, ya sea linóleo, caucho, corcho o fibra de madera tienen la misma estabilidad térmica durante los días extremos y todos pueden ser la capa de acumulación de calor dentro del sistema de techo en Santiago de Querétaro ya que su temperatura nunca baja los 27° C.

Por otra parte, los materiales de cambio de fase tienen diferentes variaciones térmicas bajo las mismas condiciones. El ácido cáprico resulta no ser aplicable dentro del sistema, ya que su temperatura desciende por debajo de los 27° C al final del día más frío del año, y la sal hidratada obtiene la temperatura más elevada de todos los materiales durante el periodo de calor. Entonces, los PCM que pueden ser utilizados dentro del sistema son el octadecano y el galio.

Se concluye que los beneficios de los materiales de cambio de fase de acumular el calor sin necesidad de mucha masa no son tan evidentes, ya que la capa de octadecano que se necesita es solo 5 cm menor que la de linóleo, caucho o fibra de madera para obtener los mismos resultados. Y la capa de galio necesaria es incluso 60 cm más grande que la de corcho.

# REFERENCIAS

## REFERENCIAS

Chuah, T., y cols. (2006). Fatty acids used as phase change materials (PCMs) for thermal energy storage in building material applications. *Jurutera*, 8-15.

Conagua. (2016). *gob.mx/conagua*. Extraído el 28 de enero de 2017 desde: <http://smn.conagua.gob.mx/es/informacion-climatologica-ver-estado?estado=gro>.

García-Santos, A., Neila, F. J., y Oliver, A. (2012). Clasificación y selección de materiales de cambio de fase según sus características para su aplicación en sistemas de almacenamiento de energía térmica. *Materiales de Construcción*, 131-140.

GeoSun Africa. (2016). *geosun*. Extraído el 15 de febrero de 2016 desde: <http://geosun.co.za/solar-maps/>

Greenspec. (2017). *greenspec.co.uk*. Extraído el 1 de marzo de 2017 desde: <http://www.greenspec.co.uk/building-design/red-list-of-banned-toxic-construction-materials/>

Greenstream Publishing Limited. (2015). *solarelectricityhandbook.com*. Extraído el 15 de febrero de 2016 desde: <http://solarelectricityhandbook.com/solar-angle-calculator.html>

Griggs, E., y Humphries, W. (1977). *A Design Handbook for Phase Change Thermal Control and Energy Storage Devices*.

Hale, D., Hoovers, M., y O'Neil, M. (1971). *Phase Change Materials Handbook*.

Instituto Eduardo Torroja de ciencias de la construcción. (2006). *CATÁLOGO DE ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS DEL CTE*.

Kaushik, S. C., y cols. (2011). Experimental study of supercooling and pH behaviour of a typical phase change material for thermal energy storage. *Indian Journal of Pure & Applied Physics*, 117-125.

Kesavan, G. T. (2016). Lean, Green and DMADV Tool Based Approach for an Effective Execution of Residential Building Construction Improvement. *International Journal of Engineering Research and General Science*, 778-783.

Kreider, J. F. (2002). *Heating and Cooling of Buildings*. En J. F. Kreider, *Heating and Cooling of Buildings (McGraw-Hill Series in Mechanical Engineering)* (págs. 16-17).

Kukukaite, D. (2017). *Sistema automático de control térmico para viviendas unifamiliares aprovechando techos de masa térmica*.

Matti Tukiainen. (2016). *gaisma*. Obtenido de *gaisma*: <http://www.gaisma.com/en/location/queretaro.html>

Neila, F. J. (2004). *Arquitectura bioclimática en un entorno sostenible*.

Osegura, O. (2010). *greentechmedia.com*. Extraído el 13 de febrero de 2016 desde: <http://www.greentechmedia.com/articles/read/sunny-mexico-an-energy-opportunity>

Reiter, A.-T. N. (2014). A climate analysis tool for passive heating and cooling strategies in hot humid climate based on Typical Meteorological Year data sets. *Energy and Buildings*, 756-763

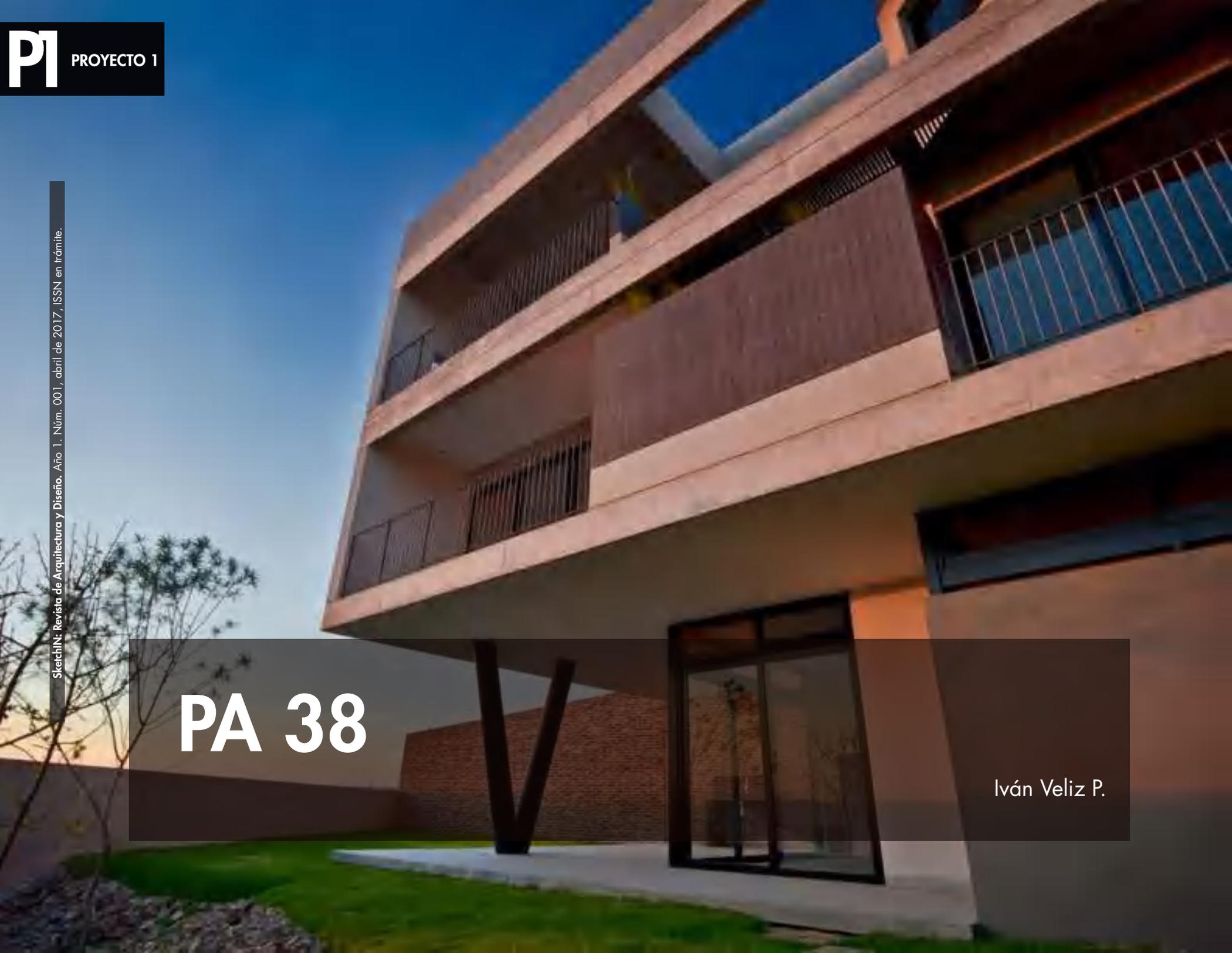
Valera, J. P. (2005). *Apuntes de Física General*.

Wheeland, M. (2014). *pureenergies.com*. Extraído el 13 de febrero de 2016 desde: <http://pureenergies.com/us/blog/top-10-countries-using-solar-power/>

Willems, K. S., y Wolfgang, M. (2011). *Wärmeschutz: Grundlagen, Berechnung, Bewertung*.

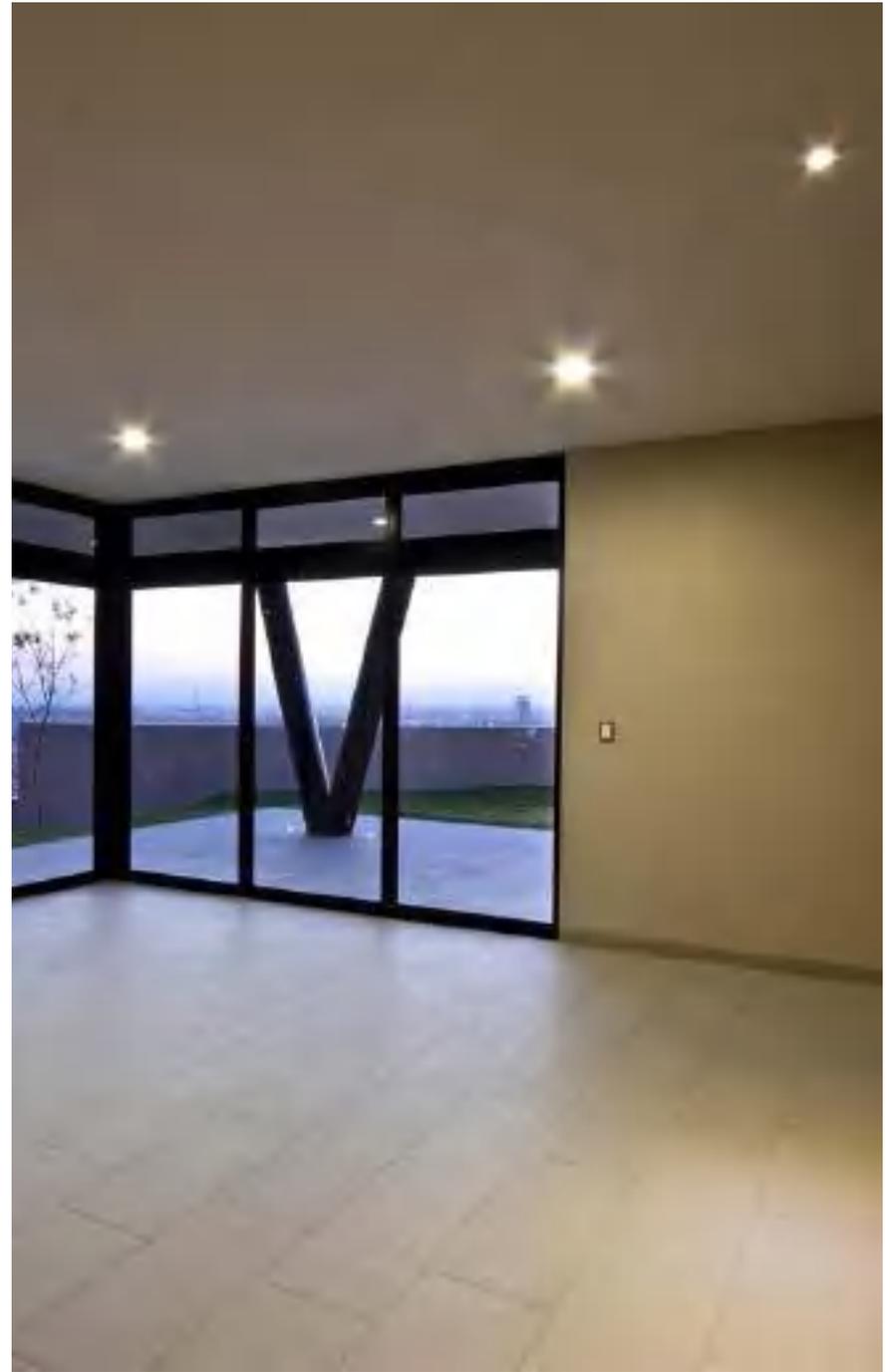
# PA 38

Iván Veliz P.





El proyecto se desarrolla a partir del entendimiento del contexto natural y de su vegetación, en un terreno muy accidentado en donde se pueden conseguir extraordinarias vistas de la ciudad de Querétaro y el cual nos lleva a distribuir los espacios en tres niveles acogidos dentro de una volumetría pura y simple.





Los dos primeros niveles descansan sobre una columna en "V" generando el espacio que alberga una sala de estar y de usos múltiples con terraza que dialoga con el jardín, dando jerarquía a la vegetación cactácea del lugar y se mezcla con las texturas y colores regionales.





El acceso es muy franco a nivel de calle en donde se encuentra la zona pública de cocina, comedor, sala con terraza y servicio con acceso independiente.





Por medio de una escalera que corre por detrás de la zona de cocina, se accede a la zona de recamaras en las dos plantas inferiores



El proyecto se distribuye buscando el sur como orientación principal, logrando protegerse del fuerte sol del poniente, y al mismo tiempo captar las visuales de la ciudad.



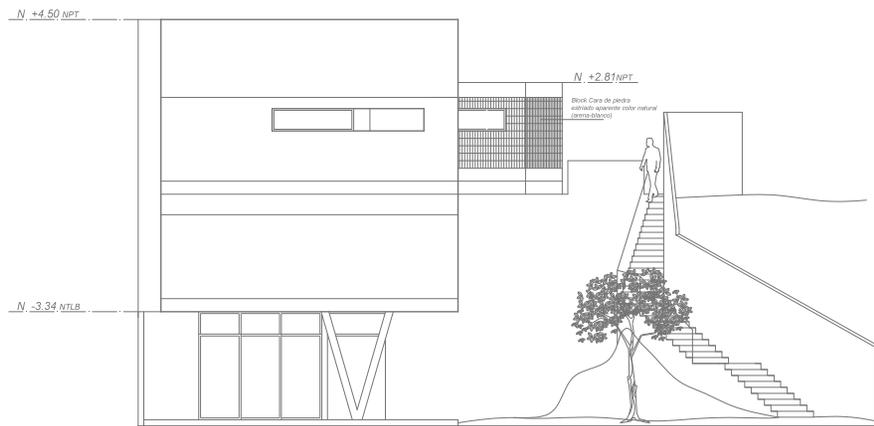




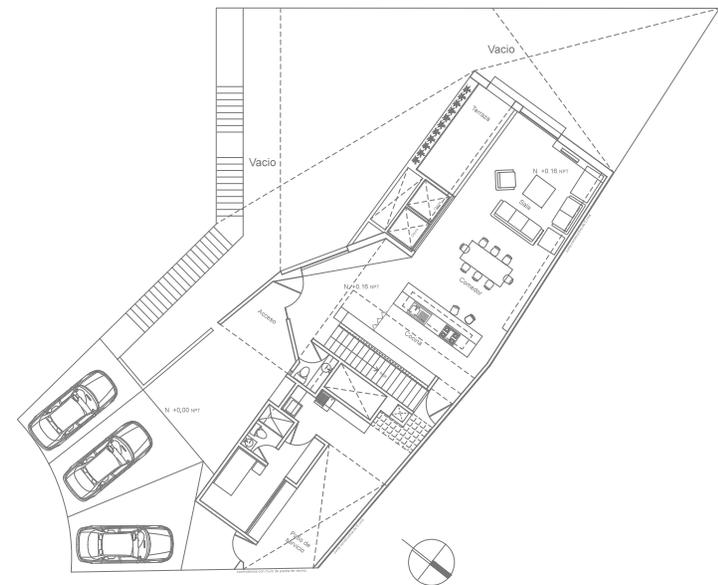
Los materiales principales son: concreto, tabique, piedra, acero y madera, buscando generar un dialogo honesto y armónico entre ellos y con el contexto.



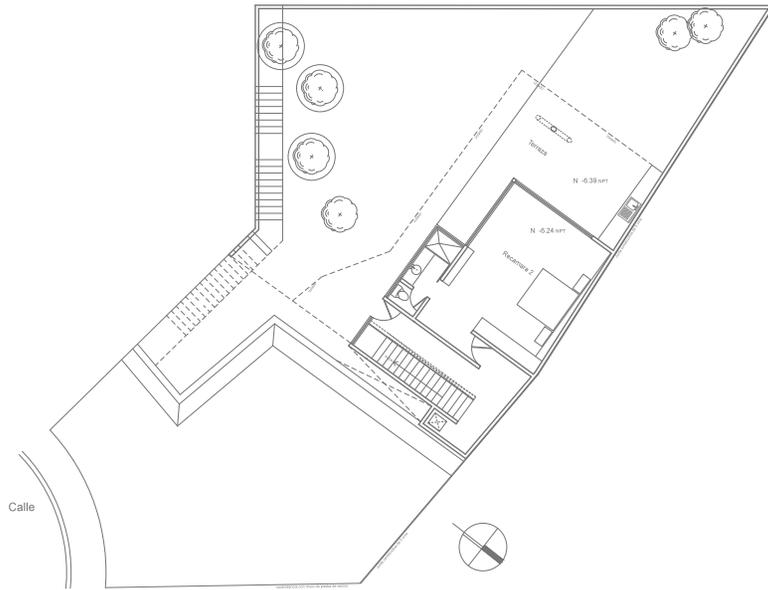
Corte CL



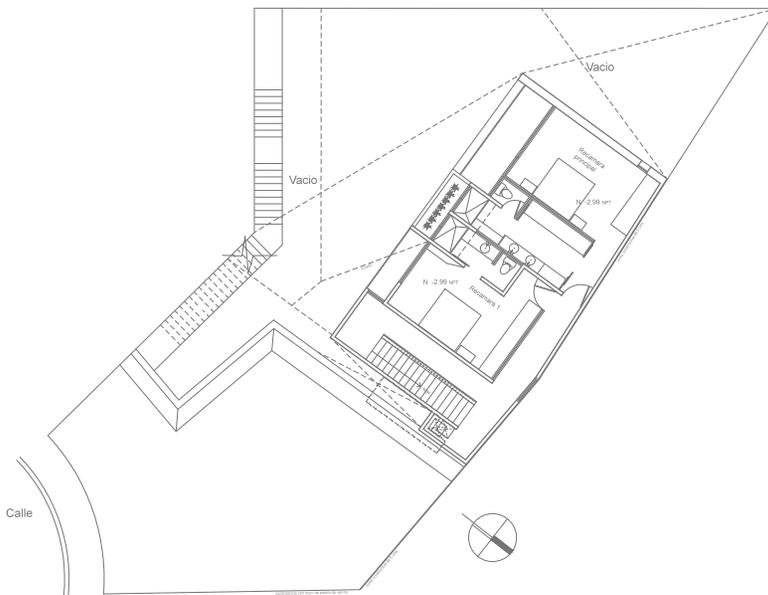
Fachada oeste



Planta alta  
(nivel de calle)



Planta baja



Planta nivel medio

TALLER CONCURSO NACIONAL

# Soluciones de Vivienda Sustentable

Sistema Prefabricado de Bambú BiBa®

CASA MEZCALA - ITESO

Pablo Orozco Canales  
Ricardo Pérez Reyes  
Hugo Ernesto Zamora

El pasado 15 de octubre del presente año se publicaron los resultados del Primer Concurso Nacional “SOLUCIONES DE VIVIENDA SUSTENTABLE CON EL SISTEMA PREFABRICADO DE BAMBÚ - BiBa®”.

Este concurso fue organizado por las empresas Bambuterra S.A.P.I. de C.V. y Kaltia Consultoría y Proyectos S.A. de C.V., con la colaboración de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Querétaro. El fin de dicho concurso es promover la creatividad y sensibilidad social de estudiantes de Arquitectura, Ingeniería Civil, Diseño y áreas afines, para la aplicación del sistema prefabricado BiBa® en soluciones de vivienda social, aplicadas a casos reales de comunidades en México.

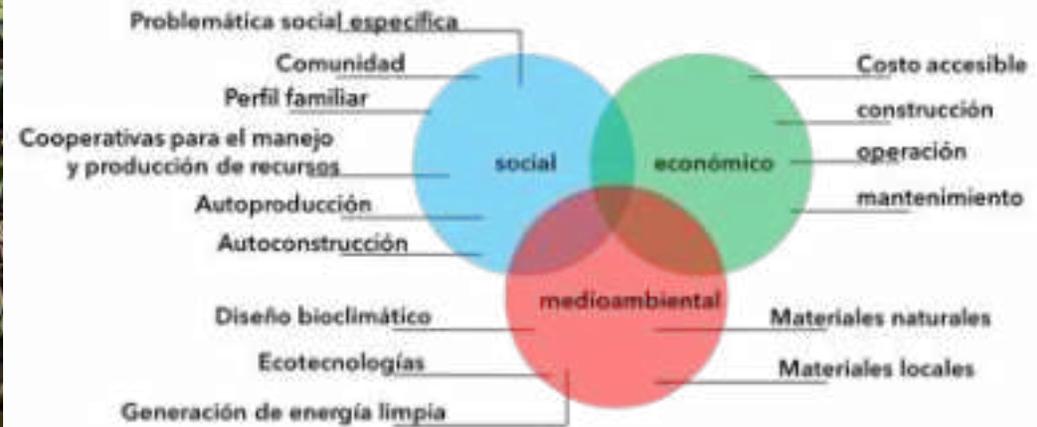
BiBa® es un sistema constructivo integral a partir del uso de los sistemas prefabricados de construcción con bambú Biopanel® y Bambulosa® desarrollado por las empresas organizadoras, quienes –como parte del concurso- ofrecieron un taller teórico-demostrativo del sistema BiBa® a los estudiantes participantes.

El marcado enfoque hacia la sustentabilidad del Concurso, se pone de manifiesto en los criterios principales de selección, los cuales buscan que el diseño de la vivienda refleje el entorno físico y sociocultural en el que propone emplazarse, que dé respuesta a una problemática social y económica específica y que se encuentre en un rango de costo accesible a la población objetivo, en un contexto factible para una real implementación





del proyecto, que al final pueda convertirse en una demostración modelo de transferencia tecnológica de activación sustentable a zonas productoras de bambú.



El concurso recibió 29 proyectos, de los cuales 11 fueron preseleccionados, 17 más se agruparon como proyectos incompletos (faltó algún requisito solicitado en las bases de la convocatoria) y sólo dos proyectos fueron descalificados.

Para la elección de los ganadores se conformó un jurado de especialistas conformado por: el Arq. Gustavo Romero, el Arq. Joao Caeiro, la Arq. Rozana Montiel, la Arq. Anahí Ramírez, el Arq. Xavier Hierro, el Dr. Avatar Flores y la directora de Kaltia y cofundadora de Bambuterra la Ing. Verónica Correa. El jurado estuvo gratamente sorprendido por la calidad de los proyectos revisados y decidió otorgar además del primer premio, un reconocimiento al segundo, tercer y cuarto lugar; y del grupo de los 17 proyectos incompletos, se seleccionaron tres proyectos para ser reconocidos con una mención.



El primer premio de \$15,000.00 y la oportunidad de formar parte del equipo técnico que desarrollará el proyecto ejecutivo de la propuesta ganadora se otorgó a los estudiantes de Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Occidente (ITESO) Pablo Orozco Canales, Ricardo Pérez Reyes y Hugo Ernesto Zamora, con su proyecto "Casa Mezcala" ubicado en la comunidad de Mezcala en Jalisco. El segundo, tercer y cuarto lugar, ganaron la participación gratis a cualquiera de los talleres que las empresas impartirán en el año 2017, mientras que las menciones se considerarán en el siguiente proceso de trabajo con las 7 propuestas pre-seleccionadas en este concurso.

La premiación del concurso ocurrió este 25 de noviembre del 2016 en el marco del 10 Coloquio de la facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Querétaro.

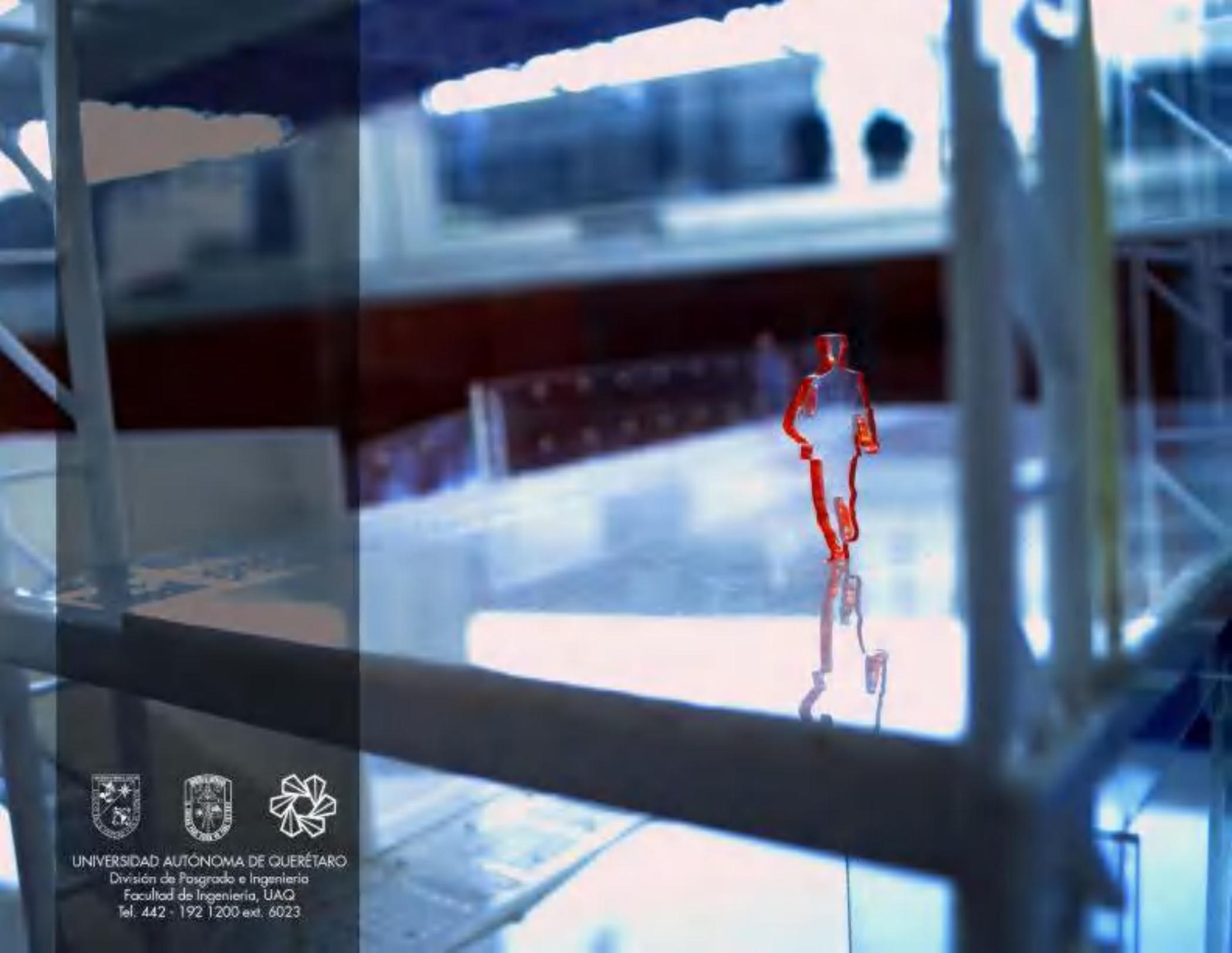
Las propuestas pre-seleccionadas trabajarán, en conjunto con las empresas Kaltia y Bambuterra, en la recopilación y desarrollo de información más detallada para evaluar cuál o cuáles de los siete proyectos podrían convertirse en una realidad. Esto dependerá de la conjunción armoniosa de múltiples factores, y detalladas gestiones que permitan llevar a la materialización de por lo menos uno de los sobresalientes proyectos pensados por los estudiantes.

El Concurso de vivienda tendrá una nueva edición en el 2017, con algunas mejoras y posibles nuevos socios institucionales.

SketchIN: Revista de Arquitectura y Diseño.

Año 1. Núm. 001, abril de 2017, es una publicación  
semestral editada y publicada por la **Universidad  
Autónoma de Querétaro, División de Investigación y  
Posgrado de la Facultad de Ingeniería.**





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO

División de Posgrado e Ingeniería

Facultad de Ingeniería, UAQ

Tel. 442 - 192 1200 ext. 6023