

PROCESOS SUSTENTABLES *en casa* *habitación*

Sustainable processes in housing

MARIO CAMACHO-CARDONA*

Fecha de recibido: 17 septiembre 2018

Fecha de aceptado: 3 diciembre 2018

* Universidad Nacional Autónoma de México, México

cardonam@servidor.unam.mx

RESUMEN. En el presente artículo se explican los procesos sustentables que dan servicios de insumos para una casa habitación ubicada en un espacio urbano. Dichos servicios se han comprobado en su uso de manera continua durante 12 años interrumpidos con independencia de las redes de servicios urbanos de agua y electricidad. Sus diseños sustentables fueron inspirados en la naturaleza y sus aplicaciones operan en la vivienda con los siguientes alcances; Tratamiento de aguas pluviales para uso habitacional (cosecha de lluvia); Recirculación de aguas jabonosas para uso para inodoros; Captación de energía solar para generación de electricidad; Adecuación de confort climático a base de arquitectura pasiva solar para obtener áreas de calentamiento y enfriamiento; Captación de energía solar para calentamiento de agua; y Reflexiones solares conducidas a áreas oscuras por medio de ductos solares.

Palabras clave: arquitectura pasiva, ecosistemas habitables, sustentabilidad.

ABSTRACT. This article explains the sustainable processes as inputs for the services in a home located within an urban space. The services have been successfully and efficiently working uninterruptedly and independently of urban/municipal water and power utilities for the last 12 years. The design of their features has been inspired in nature and consist of rainwater harvesting and treatment, recycling of soapy water for water closet usage, solar power generation, provision of climatic comfort for warm and cool areas based on passive architecture, solar water heating and lighting of dark spaces within the house through solar reflection techniques based on self-made solar ducts.

Key words: passive architecture, inhabitable ecosystems, sustainability.

La intención de realizar una casa sustentable, ubicada en Abedules No. 29 de la colonia Izcalli del Bosque, municipio de Naucalpan de Juárez, Estado de México; tenía como fin obtener varios procesos de autosuficiencia de servicios e insumos para la vida humana. La búsqueda a base de métodos experimentales, que permitieran realizarse fuera de dependencias extranjeras, y sobre todo con mayor eficiencia en los insumos de agua, electricidad, confort térmico, entre otros, sin tener demasiadas intervenciones de instrumentos o maquinarias complejas y dependientes de tecnologías extranjeras que obligan a mantenimientos continuos y caros, sobre todo, por la obtención de refacciones, por lo que, se buscó realizar analogías proporcionales de los procesos ecosistémicos naturales, especialmente, de la depuración del agua a través de la cosecha de lluvia. Los experimentos se construyeron y operaron en la realidad, entrando en una situación con muchas posibilidades de errores, los primeros experimentos se iniciaron hace 16 años. En la actualidad, se han logrado que los experimentos tengan éxito, comprobando su uso al habitar la casa objeto de este artículo de manera continua durante 12 años. Actualmente se están realizando nuevos experimentos, obviamente superando los anteriores problemas económicos y teniendo mejor eficiencia. Todos los procesos son experimentales, por lo que, la bibliografía es escasa y no así los procesos experimentales de ensayo y error.

METODOLOGÍA

Se aplicaron varios métodos según la temática a tratar, siendo los siguientes:

Tratamiento de agua de lluvia para consumo humano: se apoyó en un método de analogía proporcional tomada de los procesos naturales que se generan en la naturaleza y repitiendo sus características funcionales, tanto de decantamiento, filtración, almacenamiento, depuración bacteriológica y decantamiento de metales pesados, simulando las condiciones en qué permanece el agua freática subterránea encerrada por varios días, con control de temperatura, sin introducción de aire atmosférico, sin luz solar, etc. La recirculación de aguas jabonosas para la reutilización en los muebles sanitarios WC se logró al construir un sistema de drenaje separado para llevar los flujos de aguas jabonosas, empleando tratamientos parecidos a los empleados para la purificación del agua de lluvia, en sí, con dos procesos diferentes que fueron: una caja de trampa de grasas comercial para detener excedentes jabonosos y el otro de una unidad de ozonificación que recircula el agua contenida en el tanque bio-reactor de decantamiento y filtración, con el objeto de quitar el olor que despedían las aguas recirculadas jabonosas.

Para lograr las **CONDICIONES DE CONFORT SE EMPLEARON MÉTODOS DE arquitectura pasiva CON BASE EN EL CALENTAMIENTO DE VOLUMENES DE AIRE.**

La energía eléctrica se generó por medio de celdas solares de silicio comerciales, y su instalación se realizó siguiendo las características que plantean los fabricantes y su sistema de captación, almacenamiento, transformación de luz directa a luz alterna con el wattage a emplear en el sistema eléctrico de la casa, etc.

Para lograr las condiciones de confort se emplearon métodos de arquitectura pasiva con base en el calentamiento de volúmenes de aire por medio de fenómenos de invernadero y se inyectaron a las áreas habitables por corrientes de aire a base de fenómenos de convección.

Para el calentamiento de agua se emplearon paneles modulares desmontables hechos en obra, con caras de cristal hacia la luz solar y fondos de acero inoxidable reflejante, en el interior se colocaron serpentinas de tubos de cobre de una pulgada pintados con pintura violeta oscura.

Para la reflexión de luz solar y conducción a zonas oscuras, se generó un captador fijo diseñado con base en monteas geométricas, que tuviera la capacidad de captar la luz solar en diferentes ángulos de incidencia, según las distintas horas del día y de las estaciones, con el objeto de transportar la iluminación al interior, enviándose los rayos luminosos a través de tubos de acero inoxidable y reflejante. Estos tubos transformaron la luz radiante en haces de luz reflejada dirigidos a difusores en zonas oscuras donde no llega la luz. Experimento que aún se sigue perfeccionando para dar más eficacia de reflexión, debido a la pérdida de intensidad, producto de los cambios de dirección de las luces radiante solares a luces paralelas

reflejas, teniendo con un cambio intermedio entre las anteriores, producidas por un sentido de luz circular en espiral.

El control de aguas del escurrimiento edafológico, y los excedentes de los almacenamientos de agua de lluvia que pudieran inundar el sótano y sitios de almacenamiento se resolvió conduciendo las aguas excedentes por drenes a cuatro pozos de absorción con una capacidad total de 25 m³. Dado la ubicación de la casa cerca de un bosque y por las pendientes del terreno que termina a escaso 50 m de la casa, se genera un escurrimiento edafológico abundante. Estas aguas de escorrentía en zonas de jardines se desviaron al drenaje principal con base en una galería subterránea y las que se filtran en las colindancias en todo el perímetro subterráneo de la casa se dirigen a los pozos de absorción.

ABASTECIMIENTO DE AGUA

El agua de uso humano se basó en la recolección de cosecha de lluvia¹, de acuerdo con lo indicado por la Gaceta Oficial del Distrito Federal (2015) en la Ley de Aguas del Distrito Federal, y se trató para su consumo en la vivienda con procedimientos naturales inspirados en analogías que se dan en la naturaleza y que cumpliera con la “eliminación de contaminantes del agua pluvial”.² La cantidad de agua que se almacena es de 85.4 m³, y es de dos tipos de calidad: 1. Agua de cosecha de lluvia³ que se guarda en dos aljibes: el primero

1 “Cosechadora de agua de lluvia. Las dependencias, entidades, organismos, instituciones, organizaciones y entes públicos, privados y sociales, los ejidos, comunidades, barrios y pueblos, así como las y los habitantes del Distrito Federal que conscientes de la fundamental importancia de construir colectivamente una nueva cultura del uso, ahorro y reúso del agua potable realicen las acciones individuales o colectivas que puedan para contribuir con el gobierno del distrito federal a promover, organizar e incentivar la cosecha de agua de lluvia”.

2 “Tratamiento de agua pluvial. La actividad que mediante procesos físico-químicos y biológicos remueve las cargas contaminantes del agua pluvial”.

3 El presente título es de orden público, interés social y de observancia general en el territorio del Distrito Federal y tiene por objeto: I. Regular, promover, organizar e incentivar la cosecha de agua de lluvia, su potabilización para el consumo humano y uso directo en actividades rurales, urbanas, comerciales, industriales y de cualquier otro

almacena 54 m³ y el segundo guarda 25 m³, y un tinaco de 1.2 m³ dándonos un subtotal de 80.2 m³. 2. Agua jabonosa reciclada para consumo de muebles sanitarios producto de dos regaderas y tres lavabos, que se almacena en un bio-reactor de 2.5 m³, pasando después a un tanque aireador para finalmente almacenarse una cisterna de 1.5 m³ de donde se bombea a un tinaco de 1.2 m³ dando un subtotal de 5.2 m³. Al sumarse los subtotales de la cosecha de lluvia de 82.6 m³, y la reutilización de aguas jabonosas para uso en los muebles sanitarios, el almacenamiento final es de 87 800 litros que darán servicio a seis meses de secas a la vivienda. Desde el proyecto que fue realizado en 2006 se siguió lo planteado, que “todas las nuevas edificaciones, instalaciones, equipamientos, viviendas y obras públicas que se construyan en el Distrito Federal (CDMX) será obligatorio, construir las obras e instalar los equipos e instrumentos necesarios para cosechar agua de lluvia, con base en las disposiciones que se establezcan en el Reglamento de esta Ley”.⁴ Para condicionar las aguas de lluvia para consumo humano se plantearon cuatro pasos, que son: 1. decantamiento, 2. filtración, 3. cuidados químicos del pH adecuado y la eliminación de elementos químicos malignos para consumo humano, y, 4. tratamientos biológicos para purificar el agua liberándola de patógenos dañinos al ser humano como microorganismos de bacterias y virus. Los procesos realizados para purificar el agua para consumo humanos del agua obtenida

uso en el Distrito Federal, en congruencia con lo establecido en la Ley de Aguas del Distrito Federal y con el fin de consolidar y fortalecer las políticas, estrategias, programas y acciones gubernamentales y de participación de la población para la gestión sustentable e integral de los recursos hídricos y la prestación de los servicios públicos de agua potable, drenaje y alcantarillado, así como el tratamiento y reúso de aguas residuales; II. Establecer los principios para garantizar la participación consiente de los sectores público, privado, social, ejidos, comunidades, barrios, pueblos y las y los habitantes del Distrito Federal en la conservación, preservación, rescate, rehabilitación y ampliación de los ecosistemas y, por consiguiente, en el equilibrio ambiental y del ciclo hidrológico en el territorio del Distrito Federal (Ley de aguas del distrito federal: título noveno de la cosecha de agua de lluvia del Distrito federal. Capítulo I Disposiciones generales; Artículo 123). 4 Ley de Aguas del Distrito Federal: título noveno de la cosecha de agua de lluvia del Distrito Federal. Capítulo noveno: Artículo 125.



FIGURA 1. ALFJE PRINCIPAL DE 54M³ CONSTRUIDO CON LOS MUROS DE CONCRETO ARMADO Y ESTRUCTURADO CON CELDAS.

FUENTE: FOTOGRAFÍA DEL AUTOR

por cosecha de lluvia se basaron en: NOM-127-SSA1-1994,⁵ los cuales fueron comprobados que si pasaban según la norma. Para obtener un control y aplicar los cuatro pasos de preparación

5 El estudio de la calidad del agua de la cosecha de lluvia se basó en la NOM-127-SSA1-1994 que plantea los límites máximos permisibles. “El abastecimiento de agua para uso y consumo humano con calidad adecuada es fundamental para prevenir y evitar la transmisión de enfermedades gastrointestinales y otras, para lo cual se requiere establecer límites permisibles en cuanto a sus características bacteriológicas, físicas, organolépticas, químicas y radiactivas”. El seguimiento de la calidad del agua se siguió en 2015-2016 a través del laboratorio de la FES Acatlán, conforme a los métodos analíticos planteados por la NOM-127-SSA1-1994.



FIGURA 2. TRATAMIENTO DEL AGUA DE LLUVIA.

FUENTE: FOTOGRAFÍA DEL AUTOR.

del agua para consumo humano, se siguió los procedimientos que a continuación se mencionan: Los dos primeros pasos de decantamiento y filtración se lograron por unas cámaras contenedoras de arena silica y tezontle que realizan la filtración y decantamiento de manera natural como se realiza analógicamente en la naturaleza. De estas cámaras de filtración pasan el agua decantada y filtrada al primer aljibe donde se guardan 54 m³ con la intención de tener un almacenamiento de por lo menos de seis meses a un año según el consumo, por lo que, el agua que sale del primer aljibe es una agua de almacenamiento viejo y está libre de organismos, tanto anaerobios como aerobios, esto se evita eliminando el contacto con el aire atmosférico, con la luz y una temperatura promedio de 15 °C que se logra al ser subterráneo el aljibe. La permanencia en este ambiente enclaustrado elimina los nichos alimenticios de los microorganismos aerobios y los anaerobios mueren al no tener oxígeno. El agua de almacenamiento largo (agua vieja) del primer aljibe pasa al segundo aljibe de 25 m³, donde es guardada durante un periodo más corto para entrar a dar servicio al consumo de la casa, posteriormente es enviada el agua al tinaco donde pasa un periodo de oxigenación al ser vertida dentro del tinaco y tener contacto con aire atmosférico, por último, al salir la tubería de alimentación se pasa por una lámpara ultravioleta para confirmar la eliminación de cualquier organismo vivo. El diseño del sistema fue presentado a OAPAS en 2006 para su conocimiento.

Con relación a los aspectos químicos, se ha notado que la permanencia en un ambiente aislado del primer aljibe se transforma el pH quitando la acidez del agua producto de la saturación de partículas de la atmósfera contaminada, al grado de no presentarse acidez en el agua ya distribuida en la casa; sin embargo, se necesita dar seguimiento del pH adecuado y tratar cualquier alteración de elementos químicos que afecten a la salud humana. Durante los 12 años de servicios interrumpidos no habido necesidad de tratar; ni el pH ni elementos químicos dañinos ni bacteriológicos.



FIGURA 3. PROCESO DE CONSTRUCCIÓN DEL POZO DE ABSORCIÓN.

FUENTE: FOTOGRAFÍA DEL AUTOR.

La ubicación del sistema de agua se localiza en el sótano, situado a un nivel inferior del nivel del drenaje municipal, por lo que se construyeron cuatro pozos de absorción con una capacidad de 25 m³ que funcionan como inyectores de agua al subsuelo, drenando tanto: el sótano, jardines, escorrentía edafológica del bosque de Los Remedios que se presenta en el lote a unos 50 cm de profundidad, convirtiéndose en una cortina de agua que varía su flujo según las épocas del año y las lluvias, sumándose también el agua recogida por las juntas de colindancia alrededor de la casa, que consisten en una separación entre las ataguías colindantes con los muros de concreto del interior, siendo un espacio de 20 cm que fue drenado con tubos perforados y rellenos de tezontle para dirigir el agua a los pozos de absorción.



Los escurrimientos edafológicos del Bosque de los Remedios se solucionaron de dos formas:

- 1.- Al alrededor de las colindancias entre las ataguías y los muros de concreto se dejó una junta de 15 centímetros, que se relleno de tezontle y grava, con tubos perforados para dirigir el agua a los pozos de absorción.
- 2.- En la zona sin muros, que se localiza al frente de terreno se hizo una galería de tres arcos de ladrillo y se dirigió el agua del escurrimiento edafológico al drenaje.

FIGURA 4. PROCESO DE DRENADO DE LA ESCORRENTÍA EDAFOLÓGICA.

FUENTE: FOTOGRAFÍA DEL AUTOR.

También en el sótano se ubica un tanque denominado Bio-reactor para el tratamiento de agua jabonosas. El tratamiento de reciclaje de aguas jabonosas inicia con una trampa de grasas y jabón que detiene impurezas para posteriormente pasar al Bio-reactor que es un tanque prefabricado donde se filtra y decanta, es un contenedor hermético para evitar contacto con el ambiente (sin contacto de aire, luz y calor), para evitar los malos olores se instaló un ozonificado que trabaja una hora al día y elimina los malos olores directamente en el Bio-reactor, en el cual mueren los microorganismos aerobios, después se pasa a un tanque más pequeño denominado Aireador, donde muere los organismos anaerobios, por último, se pasa a un tanque cisterna para ser bombeado a la azotea a un tinaco especial.



RECICLAJE DE AGUAS JABONOSAS PARA MUEBLES SANITARIOS.

- 1.- Trampa de grasas.
- 2.- Bio reactor de aguas jabonosas.
- 3.- Ozonificador con bomba de recirculación
- 4.- Aireador de agua ya decantada y filtrada
- 4.- Cisterna de aguas jabonosas tratadas .

FIGURA 5. PROCESO DE RECICLAJE DE AGUAS JABONOSAS.

FUENTE: FOTOGRAFÍA DEL AUTOR

La casa tiene cuatro redes de agua de servicio; 1. Red de agua pluvial tratada para uso habitacional, 2. Red de agua doblemente trata, producto de aguas jabonosas para dar servicio los

muebles sanitarios, 3. Red de agua caliente por medio solar para uso del jacuzzi y 4. Red de agua caliente para servicio de regaderas abastecida por calentadores eléctricos abastecidos por la eléctrica energía del sistema de captación solar de paneles de celdas de silicio.

El manejo de ductos y trinchera de conducción para redes de tubos que llevan aire frío y aire caliente, agua pluvial para cámaras, donde se decantan y filtran el agua pluvial, aguas jabonosas y reflexión de luz solar, así como también los volúmenes de aire que trabajan con el fenómeno de invernadero alimentados por tragaluces que climatizan la casa. Dan una sensación plástica especial que se produce por los haces de tubos que quedan al descubierto y a la vista.



FIGURA 6. DUCTOS Y TRINCHERA DE CONDUCCIÓN DEL AGUA.

FUENTE: FOTOGRAFÍA DEL AUTOR.

ABASTECIMIENTO DE ENERGÍA ELÉCTRICA

La energía eléctrica se produce con base en 6 paneles fotovoltaicos de celdas solares de silicio de 220 watt apoyada con 4 baterías de 1000 watts con una producción de 5000 watts al día (220 x 5 horas x 6 paneles= 6,600 watts a un 50 % de aprovechamiento se obtiene 3 300 watts día). La casa se basteció de energía eléctrica partiendo de un sistema de 2 controladores, 2 inversores de 2000 watts que convierten la energía directa en alterna, con tableros de interruptores que controlan la luz directa captada por los paneles solares y cuando ya no hay sol abren la energía de las baterías, se bastece el tablero general de circuitos. Se planteó un circuito de uso frecuente, con el objeto de iluminar lo necesario para circular toda la

casa, de esta manera se instalaron 24 focos de Diodo Emisor de Luz (LED, por sus siglas en inglés *Light Emitting Diode*) de 4 watts por 12 áreas que tiene la casa dándonos 96 watts, este circuito especial siempre será sostenido con las baterías cargadas de energía solar.



FIGURA 7. COLOCACIÓN DE PANELES SOLARES.

FUENTE: FOTOGRAFÍA DEL AUTOR.

En relación con toda la casa se calculó, según datos de la Comisión Federal de Electricidad (CFE), con 13 000 watts día de gasto si se empleará en su totalidad todo el gasto de energía eléctrica abastecida por la CFE si estuviese todos los aparatos y focos prendidos, pero en realidad el gasto normal de un 40% lo que nos da 5 000 watts/día. Más si se emplea iluminación LEDS se bajaría el gasto de iluminación a 1 000 watts/día, a este gasto se le sumaría las necesidades de cocinar con un promedio de 1 hora y media, empleando 3000 watts (con una parrilla vito-cerámica Bosch PKN675N14R) y también se le sumaría el gasto de un refrigerador (Refrigerador Whirlpool de 25 pies 580 kW/año/365= 1.59 kW/día), obteniéndose un resultado final de 5 590 kW/día, que se abastecerían suficientemente con seis paneles solares. La instalación estructural en la azotea está planteada para tener 18 paneles, sin embargo, se montaron 9 paneles de 220 watts, que por 5 horas de exposición a un rendimiento del 50% de captación es = 19.800 Kw/día lo que cubriría cualquier emergencia.

Se busca tener un equilibrio de energía a nivel “Net Zero”, que es un programa que impulsa la creación de proyectos habitacionales en los que exista un balance entre la energía consumida y la energía producida anualmente (...), las viviendas Cero Energía cuentan con

diversos elementos que contribuyen a hacer un mejor uso de los recursos, desde las eficiencias térmicas a partir del diseño y construcción del inmueble, hasta la implementación de avanzados sistemas de telemetría y fotovoltaicos de alta generación de energía con auxilio de celdas solares (Velázquez Ángulo *et al.*, 2015).

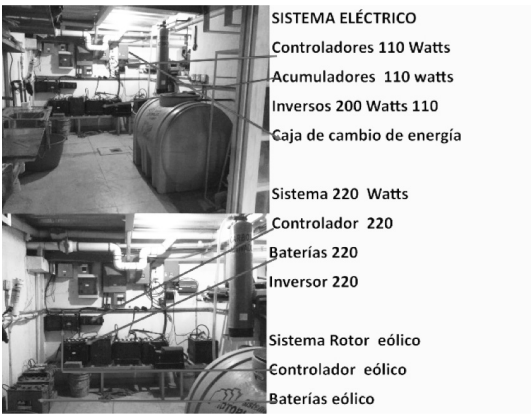


FIGURA 8. SISTEMA ELÉCTRICO.

FUENTE: FOTOGRAFÍA DEL AUTOR.

CONFORT TÉRMICO

El sótano tiene un nivel constante de temperatura de 15 °C, dado su ubicación enterrado, así como la frescura que dan los contenedores de agua de lluvia de 80.2 m³. Este aire frío sube por medio del ducto preparado para alojar un elevador, que es un cilindro de 3.4 m de diámetro libres con un desarrollo vertical de 12 ml, el cual se convierte en un ducto climático, que por medio del cual las corrientes de aire frío ascienden por convección, y se distribuyen gracias a varias ventilas en los pisos superiores que va enfriando la casa.

Tres tragaluces dan confort térmico, ubicados de la siguiente manera:

- 1) El tragaluz que se ubica arriba del ducto construido por un cilindro que está preparado para alojar un elevador con dimensiones de 3.4 m de diámetro y 12 ml de altura, en cuyo entorno se sitúan las escaleras que dan servicio a 4 pisos. Este cilindro se convierte en un ducto en donde se genera un fenómeno de convección que parte del sótano a 15 °C hasta la azotea que está a temperatura ambiente, en su recorrido en los dos pisos superiores permite distribuir aire frío a través de ventanas

en los pisos. Este mismo tragaluz da luz a la escalera en los pisos superiores. “La temperatura de una casa no depende sólo de su estructura y diseño, además es influenciada por la ubicación: La proximidad a otros edificios, vegetación, ríos afectarán el clima, el viento, la humedad y radiación solar. Es por esto que, si se ha de construir una casa bioclimática, el primer estudio tiene que dedicarse a las condiciones climáticas de la región y, después, a las condiciones microclimáticas de la ubicación concreta” (APIVE, 2019). En las tardes cuando baja aire frío del Bosque de “Los Remedios”⁶ se invierte el fenómeno compensando con la temperatura interior. Generándose corrientes convectivas, donde “las moléculas calientes se mezclan con las frías y la fracción caliente se va enfriando a medida que asciende. Al enfriarse se va haciendo cada vez más densa hasta que se enfría lo suficiente y comienza de nuevo a caer”.



FIGURA 9. APROVECHAMIENTO DE LA LUZ NATURAL.

FUENTE: FOTOGRAFÍA DEL AUTOR

2) El tragaluz que se ubica en un cubo de luz tipo invernadero que da a la biblioteca, genera un calentamiento basado en las condiciones térmicas de una masa de aire de 31 m³.

6 Bosque de “Los Remedios” considerado un parque metropolitano de propiedad de destino estatal que tiene 110 hectáreas boscosas actuales, y que en dirección a la casa habitación en cuestión se encuentra ubicada a pie de monte a la mitad del bosque; por lo que, sufre las corrientes de aire frío vespertinas y nocturnas que bajan del bosque hacia el pie de monte.

7 Disponible en <https://curiosoando.com/conveccion-termica>.



FIGURA 10. ESTRATEGIAS DE DISEÑO PASIVO.

FUENTE: FOTOGRAFÍA DEL AUTOR

El sistema se basa en tener dos cancelles de abertura de 4 m lineales, tanto en la planta baja como en la planta principal de la biblioteca, dando un equilibrio térmico de 3 grados de calor cuando se requiere mediatizar el frío, si se desea más frío en el interior, se abren ambos cancelles, tanto el de la planta baja del estacionamiento como el cancel de la planta principal de la biblioteca. Si se desea aumentar calor se cierra el cancel de la planta baja del estacionamiento y se abre el cancel de la biblioteca, el volumen de aire que se intercambia siguiendo la medición pragmática eleva 3 grados la temperatura; y en el caso contrario se baja 2 grados la temperatura según el caso. De tal manera, que si el interior es de 15 °C lo eleva a 18 grados y si el interior es de 28 °C lo reduce a 26 °C. El manejo de volumen de aire es de 31 m³ por cinco horas nos da 155°C con algunas variaciones según la incidencia solar sobre los cristales el invernadero; al abrir los ventanales de la biblioteca se introduce a un volumen de aire de 118 m³ de la biblioteca, dando un aumento de 1 grado y medio, y al sumarse con el calor

La reflexión solar **SE REALIZA** POR MEDIO DE *captadores que conducen* **LA REFLEXIÓN A** **SITIOS OSCUROS.**

generado con un espacio encerrado tipo calentador solar (espacio negativo rodeado de vitrales con juntas abiertas para enviar cambios de calor al interior) nos eleva 3 °C de calor en el interior de la biblioteca. En el invierno en época de frío se cierra los vanos de la planta inferior y se abren los vanos de la planta del primer nivel hacia el interior de la biblioteca permitiendo que el fenómeno de calentamiento por invernadero entre a la casa, logrando un confort climático de 20 a 23°C promedio, tanto en invierno como en verano, niveles de temperatura que entra en la propuesta de que “los edificios se mantuvieran en una temperatura interior entre 18 y 25 grados en invierno y entre 20 y 27 grados en verano” (Llorente). 3) El tercer tragaluz se ubica en el cubo de luz principal dando servicio a la planta baja de estacionamiento de 200 m², produciendo una protección de lluvia y dando un confort promedio de 22 °C controlado.

REFLEXIÓN DE LUZ SOLAR

La reflexión solar se realiza por medio de captadores que conducen la reflexión a sitios oscuros. El diseño de los captadores (girasoles solares) fue logrado por medio de geometría descriptiva, y la conducción de luz se realizó por medio de tubos reflejantes hasta llegar a reflectores en los sitios oscuros. Los cambios de dirección de los rayos lumínicos van de la captación de luz radiante a concentración de los rayos y convertirlos en luz paralela que es enviada a los tubos la luz donde se convierte los rayos en helicoidales dada la forma circular de los tubos. Al llegar a los reflectores, los rayos lumínicos helicoidales se difunden como luz radiante. El diseño de los captadores y reflectores tienen un principio que se le denominó girasol



FIGURA 11. CAPTADOR DE LUZ SOLAR.

FUENTE: FOTOGRAFÍA DEL AUTOR.

solar dado que permiten dos condiciones importantes; la captación e introducción de rayos solares de diferentes inclinaciones, permitiendo la concentración de rayos a una haz de 4" de diámetro, que manda rayos paralelos y los dirige en tubos de material reflejante de 4" que conducen el haz de luz a través de la construcción, llegando a zonas oscuras del sótano y algunos efectos de luz en las áreas públicas de la casa como la sala y el desayunoador.

CALENTAMIENTO DE AGUA

Calentador solar tiene una capacidad de 220 litros construido por tubos de cobre de una pulgada de diámetro que se alojan en cuatro módulos movibles que se conectan generando un sólo calentador. Esta agua caliente se envía a unos tanques revestidos de poliuretano que tiene la capacidad de 500 litros, dando una capacidad de agua caliente a un promedio de 30°C para usarse en la tina de jacuzzi, ya que éste requiere un 1 m³ a 35°C, los 5°C que faltan se elevan con el calentador integrado al jacuzzi.



FIGURA 12. CALENTADOR SOLAR.

FUENTE: FOTOGRAFÍA DEL AUTOR.

CONCLUSIONES

Este ejercicio de intentar una casa lo más sustentable posible, dio varias experiencias que se pueden organizar en tres principales temáticas: A) la primera fue la incomprensión de las autoridades municipales de obras públicas, que impidieron la correcta construcción y programa de obra retrasando a la misma con tres parones de obra, que sumadamente 9 meses de inactividad, que descontrolaron el seguimiento de ésta, produciendo un alargamiento de construcción de tres años. La incomprensión partía desde la aplicación de las normas urbanas de intensidad del suelo de los Coeficientes de Ocupación y utilización, así como las alturas permitidas por la intensidad; también por el desconocimiento de la intensidad del uso del suelo y su aplicación en el espacio urbano, así como los conceptos de densidad urbana bruta y neta, por ende, la falta de criterio de aplicación de los indicadores urbanos. B) La elaborada exigencia de diseño, tanto arquitectónico, tecnológico, como de diseño de interiores, que requirió este tipo de obra; los retrasos se fueron sumando, partiendo de que las necesidades de diseños originales y de comprobación de que funcionaran, así como la ineficiencia laboral de los empleados. Donde se tuvo mayores deficiencias fueron en la plomería, ya que no podían los diferentes plomeros entender las cinco redes de agua y las tres redes de drenaje. La insistencia de parte de las autoridades de OAPAS de agua y drenaje que insistían en que se debería pagar el agua y el drenaje por ser un fraccionamiento que tenía ambas redes de infraestructura urbana, y aun cuando no se ocuparan se debería pagar por haberse instalado hace 35 años atrás y pasaban frente al lote de la casa, sobre todo, por la falta de reglamentación oficial que tipificara el caso de una casa sustentable.

FUENTES DE CONSULTA

Asociación de Promotores Inmobiliarios de Vivienda del Ecuador (APIVE) (febrero 11, 2019), Arquitectura bioclimática, herramienta calve para reducir el cambio Climático. [En línea] <https://apive.org/arquitectura-bioclimatica/>, consultado el 28 de mayo de 2019.

CURIOSOANDO ¿Cómo se produce la convección térmica en un fluido? [En línea] <https://curiosoando.com/conveccion-termica>, consultado el 26 de mayo de 2019.

Facultad de Estudios Superiores Acatlán UNAM (2016). PAIDI/005-15 (Programa de apoyo a la Investigación para el desarrollo y la Innovación: ejercicio 2015-2017), Nombre del proyecto: Análisis de factibilidad Técnica y Económica para la implementación de un Sistema de captación de Agua de Lluvia para uso de Muebles Sanitarios y/o recarga al Acuífero. Responsable del proyecto Dr. Mario Camacho Cardona.

FEA, CEMDA y PCM (2006), El agua en México: lo que todas y todos debemos saber; FEA Fondo para la Comunicación y la Educación Ambiental, A.C. CEMDA Centro Mexicano de Derecho Ambiental, A.C., México, D.F. Presencia Ciudadana Mexicana, A.C., agua-mexico_001.pdf. [En línea] http://www.cemda.org.mx/wp-content/uploads/2011/12/agua-mexico_001.pdf. México, D.F., consultado en marzo de 2016.

Gaceta Oficial del Distrito Federal (2015), Ley de Aguas del Distrito Federal: título primero de las disposiciones capítulo único artículo 4 VII Bis: [En línea] <http://aldf.gob.mx/archivo-doc1ac48ef930701568a2cbd52e7d29e.pdf>, consultado en febrero de 2016.

Llorente, Elena de Frutos (s.a), ¿Qué es el confort en arquitectura y diseño y cómo se mide? [En línea] <https://arquisejos.com/inspiracion-e-ideas/confort-arquitectura/>, consultado el 19 de mayo de 2019.

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-127-SSA1-1994, Salud ambiental, agua para uso y consumo humano-límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización. [En línea] <http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/127ssa14.html>, consultado en marzo de 2015.

Vammen, K. (2015), Desafíos del agua urbana en América Latina. Perspectivas de las Academias de Ciencia. [En línea] http://www.ianas.org/books/books_2015/water/agua_urbana_210315.pdf, consultado en marzo de 2016.

Velázquez Ángulo, Gilberto *et al.* (2015). Retos y oportunidades de la vivienda sustentable en México. En De hoyos Martínez, Jesús Enrique *et al.*, (coords.). Habitar la vivienda. Ed. Plaza y Valdés, Universidad Autónoma del Estado de México, Facultad de Arquitectura y Diseño, México.