

TÍTULO

**ESTUDIO COMPARATIVO DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA Y TÉRMICA
EN DOS VIVIENDAS DE CHIHUAHUA, MÉXICO**

AUTOR

Mario Humberto Echanove García

Esta edición electrónica ha sido realizada en 2011

Director Eduardo Manuel González
Tutor Luis Carlos Herrera Sosa
Curso **VIII Máster Propio Universitario en Energías Renovables: Arquitectura y Urbanismo. La Ciudad Sostenible**

ISBN 978-84-694-1271-8
© Mario Humberto Echanove García
© Para esta edición, la Universidad Internacional de Andalucía



Usted es libre de:

- Copiar, distribuir y comunicar públicamente la obra.

Bajo las condiciones siguientes:

- **Reconocimiento.** Debe reconocer los créditos de la obra de la manera especificada por el autor o el licenciador (pero no de una manera que sugiera que tiene su apoyo o apoyan el uso que hace de su obra).
 - **No comercial.** No puede utilizar esta obra para fines comerciales.
 - **Sin obras derivadas.** No se puede alterar, transformar o generar una obra derivada a partir de esta obra.
-
- *Al reutilizar o distribuir la obra, tiene que dejar bien claro los términos de la licencia de esta obra.*
 - *Alguna de estas condiciones puede no aplicarse si se obtiene el permiso del titular de los derechos de autor.*
 - *Nada en esta licencia menoscaba o restringe los derechos morales del autor.*



"Debemos aspirar a definir una arquitectura en que las formas existen no tanto por capricho de la imaginación sino por designio del clima, para que quienes las habitan no se sientan prisioneros de un medio artificial, hostil y ajeno al entorno".

Jaime López de Asiain y Martín.

Dedicatoria

A mis hijas Maite y Ainara, a quienes les robe de nuestro tiempo para desollar el presente documento.

Agradecimientos

A todos y cada uno de ustedes que colaboraron para redactar esta recopilación de experiencias GRACIAS:

Por su aportación de conocimiento, consejos, tiempo y paciencia:

A Jesús Antonio Peña Martínez, Luís Carlos Herrera Sosa, Jorge Daniel Czajkowski, Eduardo Manuel Gonzáles Cruz, José Mendoza Milara, Gabriel Gómez Azpeitia, Jaime López de Asiaín y María López de Asiaín Alberich.

Por su cátedra y aportación involuntaria de experiencias:

A Rafael Herrera Limones, Rafael Serra Florensa, Elena Coch Roura, German López Lara, Isidoro Lilo Bravo, Cristóbal Sánchez Morales, Jesús Martel Villagran, Mauricio Pinilla, Cesar Ruiz Larrea, Luís Velasco Roldan, David Morillón Gálvez, Valeriano Ruiz Hernández y Sara Topelson de Grinberg.

Por su tolerancia, cariño y amistad:

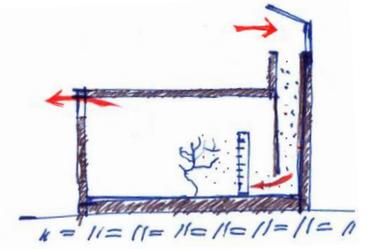
A Maya Patricia Pichardo, Javier Calvo Ríos-Velasco, Xavier Venegas Aragonés, Antonio De la Mora Villalpando, Reyes Sandoval Trevizo, Cesar Heredia Martínez, Jesús Vargas González, Eloy Moreno Lugo y Elva García.

Por su disposición y colaboración permanente:

A las familias Venegas-Loya, Carrillo-Paredes, Pérez-Quezada, Mendoza-Milara y Echanove-García.

AI Instituto de la Vivienda del Estado de Chihuahua a través de su Director Arq. Jesús Antonio Peña Martínez.

AI Grupo de Cementos de Chihuahua a través de su Coordinador de sistemas constructivos Arq. Eduardo Ochoa Garay.



ESTUDIO COMPARATIVO DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA Y TÉRMICA EN DOS VIVIENDAS DE CHIHUAHUA, MÉXICO.

VIII MAESTRIA EN ENERGIAS RENOVABLES: ARQUITECTURA Y URBANISMO. LA CIUDAD SOSTENIBLE.

Director: **Eduardo Manuel González Cruz, Dr., Arq.**

Tutor: **Luís Carlos Herrera Sosa; Dr., Arq.**

Autor / Alumno: **Mario Humberto Echanove García; Arq.**

C-1

Introducción.

1.1- Planteamiento de la investigación.

- 1.1.1- Problemática e incógnitas iniciales.
- 1.1.2- Hipótesis y Marco teórico contextual.
- 1.1.3- Marco metodológico.
- 1.1.4- Objetivo general y objetivos particulares.

1.2- Esquemas metodológicos para desarrollo de la investigación.

- 1.2.1- Esquema general.
- 1.2.2- Mapa conceptual particular para desarrollo de propuesta.

C-2

Bases para el estudio.

2.1- El espacio habitacional en Chihuahua, México.

- 2.1.1- Particulares de la vivienda que se construye en Chihuahua.

2.2- Energía y consumo en la vivienda.

- 2.2.1- Energía y consumo energético en México.
- 2.2.2- La energía en la vivienda.
- 2.2.3- La eficiencia en la vivienda.

C-3

Estado del arte.

3.1- Casos de viviendas donde se integran estrategias para obtener eficiencia energética.

- 3.1.1- La casa "Eficiente", prototipo de vivienda del LEEE "laboratorio de eficiencia energética edilicia" en Brasil.
- 3.1.2- Tres viviendas contiguas con estrategias activas y pasivas, ubicadas en Kusunach, Suiza.
- 3.1.3- Vivienda unifamiliar adaptada al sitio, edificada en Chiclana de la Frontera, Cádiz, España.
- 3.1.4- Módulos industrializados para vivienda plurifamiliar que optimizan el uso de la energía.

3.2- Casos donde se evalúan comparaciones en viviendas que integran técnicas constructivas para conseguir eficiencia térmica y energética.

3.2.1- Mejoramiento de una vivienda edificada en La Plata, Argentina.

3.2.2- Presentación de vivienda ecológica para la Asociación Nacional de Energía Solar (ANES) en el Fraccionamiento "Hacienda las Torres", ciudad de Juárez, Chihuahua.

3.2.3- Simulación térmica para la unidad básica de vivienda construida por el Instituto de la Vivienda en Chihuahua, México.

3.2.4- Remodelación de casa para mejorar su calidad arquitectónica y disminuir el consumo de energía.

C-4

Geografía y clima.

4.1- Consideraciones básicas del entorno.

4.1.1- Situación geográfica del sitio.

4.1.2- Zonas ecológicas y generalidades climáticas.

4.1.3- Requerimientos de energía en la región por las características del medio.

4.2- Circunstancias específicas del medio.

4.2.2- Análisis climático de Chihuahua.

4.2.3- Parámetros de temperaturas recomendadas para el espacio interior en Chihuahua.

C-5

Recomendaciones y estrategias.

5.1- Recomendaciones básicas para diseñar en clima cálido seco.

5.1.1- Los espacios al exterior de la vivienda.

5.1.2- Configuración, ubicación, y orientación de la vivienda.

5.2- Estrategias de control para diseño en el sitio.

5.2.1- Criterios y pautas para climatización pasiva en clima cálido seco.

5.2.2- Estrategias y recomendaciones de diseño en Chihuahua.

C-6**Vivienda de referencia.****6.1- Análisis de la vivienda utilizada como referencia.**

- 6.1.1- Selección y características generales.
- 6.1.2- Formato y elementos constructivos de la vivienda de referencia.
- 6.1.3- Características arquitectónicas particulares.
- 6.1.4- Orientación y soleamiento de la vivienda de referencia.

6.2- Consumo energético y temperaturas en la vivienda de referencia.

- 6.2.1- Análisis del consumo de energía en la vivienda de referencia.
- 6.2.2- Medición de temperaturas.

C-7**Vivienda propuesta, modelo.****7.1- Consideraciones generales para el diseño de vivienda modelo.**

- 7.1.1- Pautas y consideraciones necesarias para diseño de la propuesta.
- 7.1.2- Diseño arquitectónico y características de la propuesta.
- 7.1.3- Representación gráfica de la vivienda modelo.

7.2- Métodos constructivos para evitar la utilización de sistemas de climatización.

- 7.2.1- Estrategias propuestas aumentar la temperatura en invierno.
- 7.2.2- Estrategias sugeridas para reducir las temperaturas en verano.
- 7.2.3- Representación gráfica de las estrategias incorporadas al diseño.
- 7.2.4- Soleamiento exterior de las estrategias proyectadas.

7.3- Estrategias para la reducción en el consumo de energía.

- 7.3.1- Envoltente.
- 7.3.2- Retraso térmico y control de infiltraciones.
- 7.3.3- Consideraciones y sistemas mixtos de apoyo para ahorro energético.
- 7.3.4- Cálculo de los captadores de energía solar incorporados para el ahorro de energía.
- 7.3.5- Soleamiento del edificio modelo propuesto.

C-8**Simulaciones y comparaciones.****8.1- Simulaciones térmicas y energeticas de las viviendas.**

- 8.1.1- Análisis por simulación de los flujos de energía (calor) en la envolvente de las viviendas.
- 8.1.2- Calculo del consumo de energía en la vivienda modelo.
- 8.1.3- Simulación térmica de la vivienda de referencia (V-r).
- 8.1.4- Simulación térmica de la vivienda de referencia (V-m).

8.2- Comparaciones entre viviendas.

- 8.2.1- Recursos arquitectónicos y envolventes.
- 8.2.2- Datos comparativos entre los consumos de energía en las viviendas.
- 8.2.3- Comparación del comportamiento térmico horario en verano e invierno entre las viviendas.
- 8.2.4- Comparación de los grados-horas que provocan disconfort entre las viviendas.

C-9**Conclusión general.****9.1- Conclusiones.****Referencias bibliográficas.**

Referencias bibliográficas documentadas en libros, folletos o revistas.
Referencias documentadas en ponencias, exposiciones y cursos.
Referencias de paginas Web y Software.
Créditos de imágenes y fotografías.

Anexos.

Glosario de términos.
Orígenes de datos.

Introducción.

Comúnmente el costo de una edificación bien resuelta es equivalente a una edificación mal proyectada, si quien construye las viviendas considerase sistemas pasivos congruentes al sitio y/o adicionara técnicas para producción de energía, reduciría la dependencia de energía producida con hidrocarburos y la destrucción ambiental.

Motivado por la actual necesidad de que las regiones desarrollen un compromiso con el medio, e informar a quienes por desconocer los beneficios que otorga el sitio, realizan esfuerzos y derrochan sus recursos económicos para lograr una situación de comodidad en la vivienda.

El proyecto de investigación pretende analizar una vivienda construida de forma recurrente en Chihuahua, expone sus particularidades y la compara con una edificación propuesta que considera los beneficios del entorno para hacer mas eficiente su desempeño térmico y energético.

Problemática:

Los diseños actuales para construir viviendas en Chihuahua no consideran las bondades del clima en el territorio, recursos que pudieran ser utilizados en beneficio de los usuarios y del ambiente.

La solución a los cambios de temperaturas en el interior de las casas que ofrecen los diseñadores y promotores, es la incorporación de sistemas mecánicos activos, calefacción y/o aire acondicionado, alternativa que representa un alto consumo energético, gasto económico y contaminación ambiental.

Las viviendas no incluyen estrategias pasivas que favorezcan el desempeño térmico de las casas, reduzcan las pérdidas y el consumo de energía producida a través de hidrocarburos.

Incógnitas iniciales:

¿Cuales estrategias integradas en el diseño de una vivienda en Chihuahua pueden conseguir una disminución en el uso de la energía aprovechando las características del clima?

¿Que elementos incorporar a una vivienda para prescindir del uso de sistemas activos de climatización y como inducir retraso térmico de la envolvente?

¿Cuanto ahorro energético y que temperaturas manifiesta el diseño de una vivienda adaptada al entorno en comparación con una vivienda construida de forma tradicional?

Hipótesis:

La vivienda media o de interés social, edificada de forma recurrente en Chihuahua con los métodos y materiales tradicionales, muestra una reducida eficiencia térmica y un alto consumo de energía, comparativamente con una propuesta de vivienda en donde se consideran los recursos del clima para incorporar estrategias pasivas de enfriamiento en verano, calentamiento en invierno y técnicas de apoyo para producción de energía.

Marco teórico contextual:

El clima le otorga al sitio altos índices de radiación y luminosidad solar, suficiente velocidad de vientos, rápida evaporación de agua en el ambiente, cielos despejados de nubosidad, y un alto diferencial térmico entre el día y la noche.

El ejercicio de investigación describe a una vivienda de referencia, apunta sus particularidades constructivas tradicionalmente utilizadas en la ciudad de Chihuahua y la compara con una propuesta que considera el medio y entorno para su diseño.

En el proceso se describe el contexto y conocimientos pre-establecidos para proponer la integración de estrategias de diseño, pretendiendo disminuir el consumo de energía y mejorar las condiciones térmicas interiores en una tipología de vivienda particular.

El proyecto de investigación propone una vivienda "modelo" en donde se incorporan sistemas constructivos, materiales y tecnología para climatizar el espacio interior y comparar su desempeño térmico y energético con una vivienda de "referencia", aplicando parámetros que a través de simulaciones y cálculos permita determinar la diferencia de temperaturas y la reducción en el gasto energético.

Marco metodológico:

Seguindo un desarrollo de investigación cuantitativo, donde el proceso metodológico aborda análisis deductivos, fundamentados por antecedentes previamente determinados por ciencias físicas. Se designa la unidad de "referencia", donde se indican patrones y tendencias que se relacionan con las variables de una tipología constructiva específica en el sitio, además se analizan los datos estadísticos relacionados y los recursos preestablecidos.

Posterior a un estudio analítico de las características y condicionantes del sitio y su entorno, se determina una vivienda "modelo" para su comparación, donde se deducen variables a través de estrategias experimentales y de simulación que finalmente se argumentan como beneficios.

Objetivo general-

Determinar comparativamente la eficiencia energética y térmica entre una tipología de vivienda construida de forma repetitiva en la ciudad de Chihuahua, y una propuesta que integra materiales, técnicas constructivas, estrategias pasivas para climatización y técnicas para producción de energía que aprovechen los recursos del ambiente.

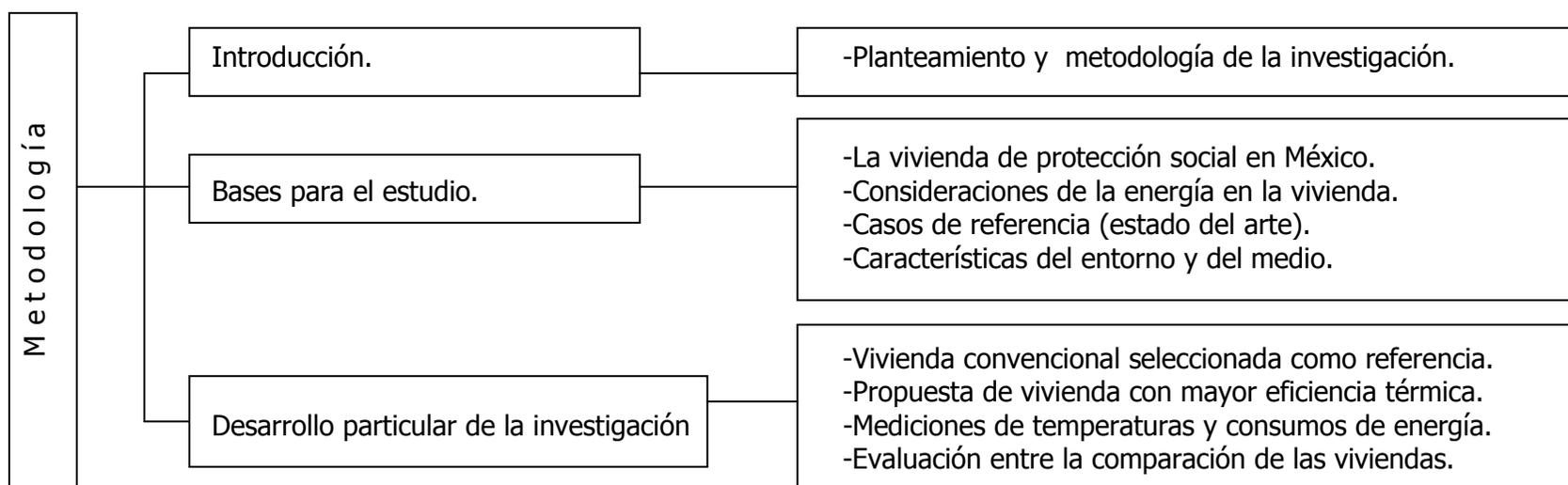
Objetivos particulares:

- **S**eleccionar una vivienda construida y ofertada cada vez con más recurrencia para el mercado medio de interés social en Chihuahua y caracterizar sus elementos constructivos, arquitectónicos, temperaturas interiores y consumos de energía.

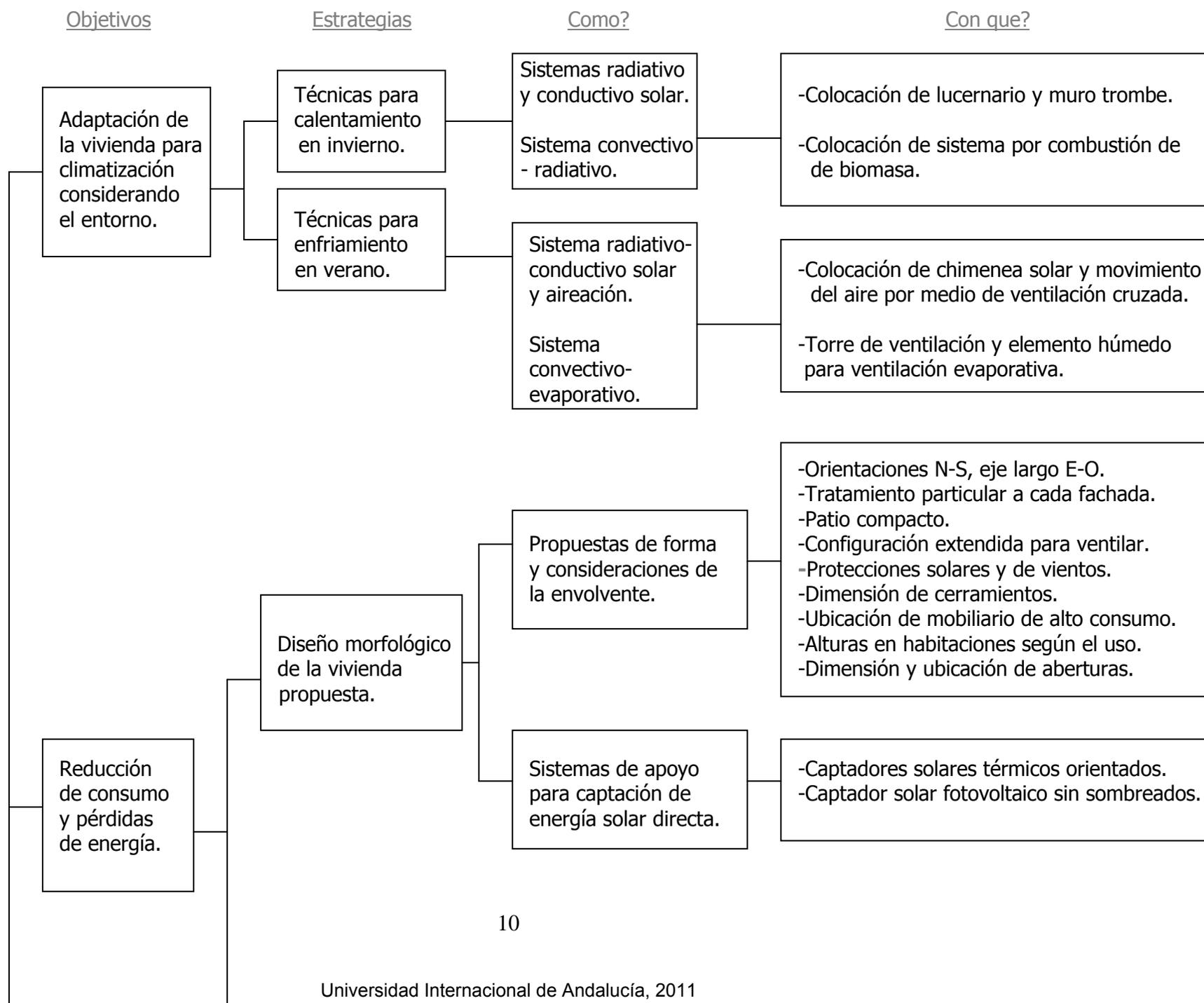
- Establecer recomendaciones y estrategias básicas de diseño, congruentes con particularidades del entorno y recursos del medio, para reducir la utilización de sistemas mecánicos de acondicionamiento térmico y el consumo de energía en las viviendas de Chihuahua.
- Proponer una casa considerando las especificaciones y normativa para diseño de vivienda media de interés social en la ciudad, que integre elementos y estrategias acordes al entorno para evitar la utilización de sistemas para climatización interior, mejorar las condiciones térmicas y propiciar ahorro de energía.
- Comparar los datos térmicos y energeticos resultantes de mediciones en campo y simulación con software entre una casa seleccionada de una tipología construida en la ciudad, y los datos resultantes de cálculos y simulaciones de un diseño de vivienda propuesto, para determinar la diferencia de temperaturas y consumo de energía entre ambas.

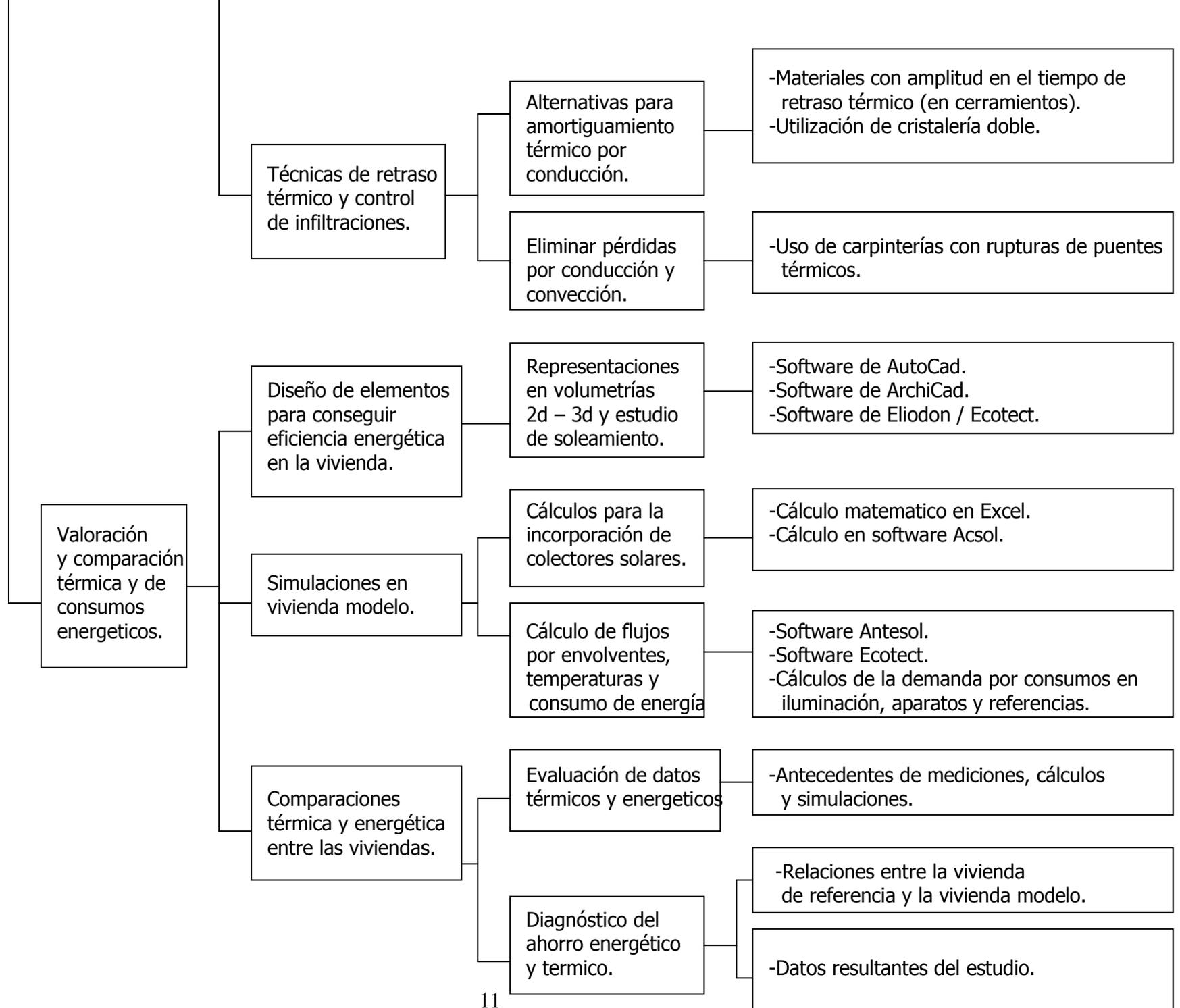
Esquemas metodológicos para desarrollo de la investigación.

Esquema general:



Mapa conceptual particular para desarrollo de propuesta:





Bases para el estudio.

El espacio habitacional en Chihuahua, México.

Particularidades de la vivienda que se construye en Chihuahua:

Los procesos relacionados con la edificación y dotación de vivienda en la ciudad de Chihuahua se relacionan con las políticas de crecimiento del País, los organismos públicos promotores de vivienda se dividen en Federales y Estatales, ambos aportan recursos para la edificación de vivienda social.

Federales: INFONAVIT (Instituto del Fondo Nacional para a Vivienda de los Trabajadores), FONHAPO (Fondo Nacional de Habitaciones Populares), CONAFOVI (Comisión Nacional de Fomento a la Vivienda), CONAVI (Consejo Nacional de Vivienda). Estatal: IVI (Instituto de la Vivienda del Estado de Chihuahua); además de que a través de algunos de estos organismos las instituciones financieras y los promotores de vivienda pueden ofertar inmuebles habitacionales en el mercado.

La ciudad de Chihuahua, al año 2005[♦] contaba con 222,361 viviendas habitadas, y según las proyecciones al año 2010 la ciudad necesitara 9,723^{*} unidades más, sumando un total de 232,084.

Las series (prototipos) de viviendas que se construyen se relacionan básicamente con 3 factores:

1. Los procesos de autoconstrucción, 2. Los programas sociales de la administración pública, y 3. La oferta de los promotores independientes (diseños regularmente establecidos por estudios de mercado).

Según las características económicas es posible clasificar cada serie de viviendas en salarios mínimos mensuales (dependiendo del alza en los insumos será variable la dimensión física de la vivienda):

- Vivienda básica auto construida, se considera un costo de hasta 80 veces el salario mínimo mensual (vsmm).
- Unidad básica de vivienda o vivienda progresiva, con un costo de 55 vsmm (aprox. 23.00 mts.2 de construcción).
- Vivienda económica, hasta 117.06 vsmm
- Vivienda de interés social o tradicional de bajo ingreso de 117.06 hasta 350 vsmm.
- Vivienda media o de interés medio, de 300 hasta 500 vsmm.
- Vivienda media residencial, hasta 650 vsmm
- Vivienda residencial de 650 hasta 1000 vsmm.
- Vivienda residencial plus de 1000 hasta 2000 vsmm.

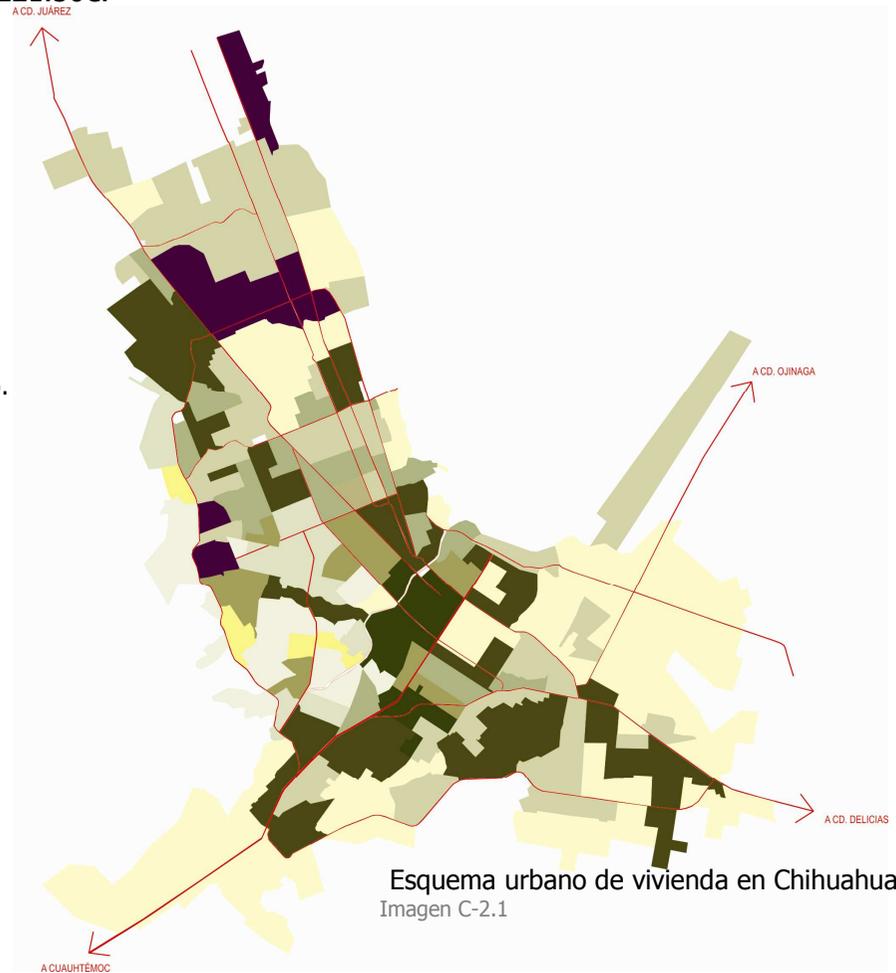
[♦] Datos: Consejo Nacional de Vivienda.

^{*} Programa Institucional de Vivienda para Estado de Chihuahua 2004-2010.

El salario mínimo en México al tercer trimestre del año 2009 es de \$54.80 pesos* por jornada laboral de 8 hrs., esto equivale a 2,82€*, aunque el costo actual aproximado de los insumos por metro cuadrado para edificación de vivienda es aproximadamente de \$4,300 pesos, equivalente a 221.56€.

Nivel de vivienda por zona en la ciudad:

- Autoconstrucción (80 vsmm.).
- Autoconstrucción consolidada (80 vsmm. a 115)
- Vivienda antigua Interés social (200 vsmm. a 500).
- Interes social (115 vsmm. a 225 vsmm.).
- Economica (225 vsmm. a 400 vsmm.).
- Media (400 vsmm.a 650 vsmm.).
- Media residencial (650 vsmm.1000 vsmm.).
- Residencial (1000 vsmm. a 2000 vsmm.).
- Residencial plus (2000 vsmm.).
- Predominante industrial.
- No urbanizado.



Esquema urbano de vivienda en Chihuahua*
Imagen C-2.1

La construcción de las casas en la ciudad, debe adaptarse a las medidas reglamentarias y criterios técnicos vigentes incluidos en la Ley de desarrollo Urbano y en el Reglamento de Construcción y Normas Técnicas para el Municipio de Chihuahua, que enuncia entre otras consideraciones:

▼ Comisión Nacional de Salarios Mínimos.
 * Según la cotización de divisas a Noviembre del 2009.
 ^ Programa Institucional de Vivienda para Estado de Chihuahua 2004-2010.

Frentes y restricciones mínimas en lotes habitacionales:

Zonificación	Frentes mínimos	Restricción al frente	Mínimas Lat. (1 lado)	Superficie Mínima Lote	Radio de curva esq.
H4 campestre	30	4.5	4.5	2,000	5
H4	25	4.5	1.5	1,500	5
H12	15	4.5	1.5	500	3
H25	12	3	1	250	3
H35	8	2	1	160	3
H45	7	1	1	120	3
H60	7	0	0	120	3

Reglamento de Construcción y Normas Técnicas para el Municipio de Chihuahua.

Vegetación y áreas Pavimentadas:

Zonificación.	Porcentaje de área libre que puede ser pavimentada dentro del lote.	Vegetación 1.5 mts. de altura mínima.
H4	30%	2 por lote.
H12	35%	2 por lote.
H25	42%	2 por lote.
H35	37%	1 por lote.
H45	30%	1 por lote.
H60	30%	1 por lote.
H+60	-	2 por unidad hab.

Reglamento de Construcción y Normas Técnicas para el Municipio de Chihuahua.

Intensidad para uso de suelo habitacional:

Zonificación.	COS	CUS	Altura máxima
H4 campestre	.20	0.5	8.5 en 2 niveles.
H12	.50	1.0	8.5 en 2 niveles.
H25	.60	1.2	8.5 en 2 niveles.
H35	.75	1.5	8.5 en 2 niveles.
H45	.75	1.5	8.5 en 2 niveles.
H60	.75	2.25	12 en 3 niveles.
H+60	.75	2.25	12 en 3 niveles.

Cos (Coeficiente de ocupación del suelo)-

Factor por el cual debe multiplicarse el área total del predio, para determinar la superficie máxima de desplante a nivel de terreno natural, que debe ocupar una construcción.

Cus (Coeficiente de utilización del suelo)-

Factor por el cual debe multiplicarse el área total del predio, para determinar los metros cuadrados máximos de construcción que se pueden alojar en un predio, en él se cuantifica todas las áreas techadas.

Requerimientos mínimos de habitabilidad y funcionamiento (dimensiones libres):

RECÁMARA PRINCIPAL		RECÁMARA ADICIONAL Ó ALCOBA		ESTANCIA		COMEDOR	
LADO MÍNIMO: 2.70 M.		LADO MÍNIMO: 2.70 M.		LADO MÍNIMO: 2.70 M.		LADO MÍNIMO: 2.70 M.	
SUPERFICIE MÍNIMA: 7.30 M2		SUPERFICIE MÍNIMA: 6.20 M2		SUPERFICIE MÍNIMA: 7.30 M2		SUPERFICIE MÍNIMA: 7.30 M2	
CLOSET MÍNIMO: 0.60 X 1.20 M.		CLOSET MÍNIMO: 0.60 X 1.20 M.					
LOCALES COMPLEMENTARIOS				CIRCULACIONES		ALTURA LIBRE	
COCINA		BAÑO		PASILLO: 0.90 M.		CLIMA TEMPLADO/FRIO: 2.30 M.	
				RAMPA ESCALERA: 0.90 M.		CLIMA CÁLIDO: 2.50 M.	
LADO MÍNIMO: 2.10 M.		REGADERA: 0.90 X 0.90 M.					
SUPERFICIE MÍNIMA: 3.15 M2							
		EXCUSADO: 0.70 X 1.10 M.					
		LAVABO: 0.70 X 0.90 M.					
CUBO DE LUZ							
LOCALES HABITABLES: 1/3 ALTURA PARAMENTOS							
LOCALES COMPLEMENTARIOS: 1/4 ALTURA PARAMENTOS							
ILUMINACIÓN Y VENTILACIÓN							
CLIMA TEMPLADO / LOCALES HABITABLES							
ILUMINACIÓN:							
15 % SUPERFICIE DEL LOCAL							
VENTILACIÓN:							
33 % SUPERFICIE VENTANA							

Imagen C-2.2

Fuentes: Código de edificación de vivienda.
Comisión Nacional de Fomento a la Vivienda.

Tamaño mínimo de lotes y áreas privativas aplicables:

*Artículo 68- En los fraccionamientos habitacionales con densidades de H35, H45, H60 y mayores, podrá autorizarse condominios horizontales unifamiliares, duplex o triplex siempre y cuando cada condómino sea propietario de una área privativa mínima de 120 metros cuadrados. En todo caso el lote destinado a este tipo de edificación tendrá un frente mínimo de 7 metros para vivienda unifamiliar y 9 m de frente para vivienda duplex o triplex.

En condominios verticales de tipo duplex o triplex cuando el lote cuente con una área mínima de 120 metros cuadrados y tenga 7 metros de frente para los condominios duplex y 10 metros de frente para los triplex.

Sin perjuicio de las superficies construidas máximas permitidas, se deberá dejar sin construir en los predios los siguientes porcentajes:

SUPERFICIE DEL PREDIO	AREA LIBRE
Área menor de 500 m	20.0%
de más de 500 m ² hasta 2,000 m ²	22.5 %
de más de 2,000 m ² hasta 3,500 m ²	25.0 %
de más de 3,500 m ² hasta 5,500 m ²	27.5 %
de más de 5,500 m ²	30.0 %

Artículo 155- Reglamento de Construcción y Normas Técnicas de Chihuahua.

Estas áreas sin construir podrán pavimentarse solamente con materiales que permitan la filtración del agua.

Otras consideraciones básicas:

*Artículo 54- En las densidades de H45, H35 y H25 la restricción lateral podrá omitirse siempre y cuando se acredite la solución de drenaje pluvial y aislamiento acústico.

*Artículo 156- Ningún punto del edificio podrá estar a mayor altura que dos veces su distancia mínima a un plano virtual vertical que se localice sobre el alineamiento de la acera opuesta.

*Artículo 157- Las construcciones cuyo límite sea orientación norte y colinde con predios habitacionales deberán observar una restricción hacia dicha colindancia del 15% de su altura máxima.

Artículo 180- El área de ventanas no será inferior al 10% correspondiente a la superficie del local correspondiente.

* Reglamento de Construcción y Normas Técnicas de Chihuahua.

* **Artículo 184-** Se permitirá la iluminación por medio de domos y tragaluces en los casos de baños; los patios de iluminación y ventilación natural no serán nunca menores a 2.50 metros.

Los locales habitables y las cocinas domésticas en edificaciones habitacionales, tendrán ventilación natural por medio de ventanas que den directamente a la vía pública, terrazas, azoteas, superficies descubiertas interiores o patios. El área de abertura de ventilación no será inferior al 5% del área del local.

Las escaleras en cubos cerrados en edificaciones para habitación plurifamiliar deberán estar ventiladas permanentemente en cada nivel a la vía pública, patios de iluminación y ventilación o espacios descubiertos por medio de vanos cuya superficie no sea menor del 10% de la planta.

***Artículo 201-** Las edificaciones de diez o más metros sobre el nivel de banqueta deberán acompañar a la solicitud de licencia de construcción el estudio de proyección de sombras que la construcción nueva ocasionaría sobre los predios y construcciones vecinas, a lo largo del día y del año. En el caso de verse afectadas edificaciones vecinas de habitación por dichas sombras, el Municipio podrá establecer restricciones adicionales de ubicación en el predio o altura de la nueva edificación.

* **Artículo 202-** Se permitirá el uso de vidrios y materiales reflejantes en las fachadas de las edificaciones siempre y cuando se demuestre, mediante los estudios de soleamiento y reflexión espectral, que el reflejo de los rayos solares no provocará en ninguna época del año ni hora del día deslumbramientos peligrosos o molestos en edificaciones vecinas o vía pública ni aumentará la carga térmica en el interior de las edificaciones vecinas.

Las fachadas de colindancia de las edificaciones de cinco niveles o más que formen parte de los parámetros de patios de iluminación y ventilación de las edificaciones vecinas en zonas urbanas habitacionales de acuerdo con la zonificación de los programas parciales, deberán tener acabados de colores claros.

* **Artículo 300-** Para asegurar la salud de los ocupantes de cualquier edificación, se recomienda que estén diseñados y/o equipados con las instalaciones adecuadas para proporcionar una temperatura interior entre 18° C. y 27° C. en todo momento en que las temperaturas exteriores se encuentren entre 0° C. y 36° C. Además deberán asegurar una tasa de renovación de aire de al menos 1 volumen habitable de aire por hora ya sea de forma natural o mecánica. El edificio (casa-habitación, unifamiliar o multifamiliar) no tendrá un coeficiente de pérdidas de energía mayor a 2 W/m³K. (Dos watts por metro cúbico de volumen habitable y por cada grado Kelvin de diferencia de temperatura entre el interior y el exterior).

* Reglamento de Construcción y Normas Técnicas de Chihuahua.

Las normas expresadas para la edificación de vivienda son mínimas; la ley, reglamentos o planes de desarrollo no recomiendan estrategias para conseguir eficiencia térmica o energética (uso de los sistemas de acondicionamiento activos o pasivos, criterios para edificar acorde con el medio, etc.). Además no mencionan subvenciones que incentiven el uso de nuevas tecnologías ambientales.

Energía y consumo en la vivienda.

Energía y consumo energético en México:

La palabra energía se puede definir como la cantidad de trabajo que un sistema físico es capaz de producir.

La unidad en el sistema internacional para la medida de la energía es el Joule (J), que equivale a la energía precisa para desplazar 1 kg. de masa una longitud de un metro con una aceleración de 1 m/seg².

1 J (Joule) = 1 kg. m²/seg.²
1 MJ (Mega joule) = 1,000 kJ. = 1,000,000 Joules.
1 Caloría = 4,1868 Joule.

Cuando en el ámbito mundial se habla de una fuente energética, se usa el tera joule (10¹² J.) y peta joule (10¹⁵ J.), mientras que para el consumo doméstico, comercial e industrial es muy común usar el kilowatt-hora (kW.xh.).

El Watt o Vatio (W), es la unidad de potencia necesaria para realizar un trabajo. Si la potencia eléctrica de un aparato es poca se expresa en Watts, si es mediana o gran potencia se expresa en Kilowatts (kW) que equivale a 1000 Watts.

Las unidades empleadas ordinariamente son el kilo watt-hora, la kilocaloría y el caballo de vapor (CV) que equivale a .735 Kw.

1 W (Watt) = 1 J/seg. o también 1 Watt = 1 Volt x 1 Ampere.
1 Wh. = 3.600 J = 3,6 kJ.
1 kWh. = 3,6 MJ (una bombilla de 100W encendida 10 horas).
1 kcal. (kilocaloría) = 4,16 kJ.
1 kg. de gas licuado de petróleo = 13.2273 Kw./hr (poder calorífico).

Otro aspecto importante en la actualidad es oír de la tonelada equivalente de petróleo, 1 TEP = 7.4 barriles de crudo en energía primaria = 1,270 m³ de gas natural = 2.3 toneladas métricas de carbón; además, 1 MTEP (millones de toneladas equivalentes de petróleo) = 41.868 PJ (peta joules).

Como muestras prácticas tenemos que:

- La Kcal., es la cantidad de calor necesaria para aumentar 1º C. la temperatura de 1 kg. de agua.
- El ser humano es capaz de producir 1 KW durante 5 minutos.
- 1 Hp (horse power metric) de vapor es equivalente a 736 W (Vatios).
- La energía precisa diariamente para alimentar a una persona (energía endosomática).....10 MJ, (2.400 Kcal.)
- La energía obtenida de la combustión de un litro de gasolina.....40 MJ
- La energía que utiliza diariamente una persona (energía exosomática) media mundial.....200 MJ (0,73 Ha. de huella ecológica).
- La energía que utiliza diariamente un ciudadano en norte América.....1,000 MJ (3,65 Ha. de huella ecológica).
- La energía que se puede obtener de un barril de petróleo (159 litros).....6.000 MJ (80.000.000 de barriles diarios).
- La energía consumida en combustible en un vuelo entre Nueva York y San Francisco (para fabricar materiales para 155 m2 de vivienda).....1.400.000 MJ

Fuente: Cátedra Instalaciones 1/2004, Czajkowski-Gómez.

México requiere adoptar una cultura de ahorro energético, edificar viviendas que se adapten a las características del medio, y sustituir las actuales técnicas y sistemas de climatización que resultan altamente consumidoras de energía.

El gasto económico de los elementos incorporados a las casas debe ser amortizado a corto plazo, repercutiendo poco en el valor adquisitivo de la vivienda.

Un 90% de la producción de energía primaria en México proviene de los hidrocarburos; por lo que el 73.6% de la capacidad instalada corresponde a tecnologías que utilizan combustibles fósiles como gas natural, combustóleo, carbón y diesel. El 26.4% restante corresponde a fuentes alternas, de las cuales las hidroeléctricas aportan el 21.7% del total. ^

Lamentablemente, entre los años 2006 y 2007 la producción de electricidad primaria a partir de fuentes renovables (hidro-energía, geo-energía y energía eólica) disminuyo un 7.2%. v

^ SENER, Prospectiva del sector eléctrico 2008-2017.
v Balance Nacional de Energía 2007.

Por otro lado, el consumo de energía de los Mexicanos en el 2007 registró un valor de 78.4 peta joules, 1.5% mayor que el 2006, y el más elevado desde 1965. Lo anterior equivale a que cada habitante del país consumiera 13 barriles de petróleo crudo al año, mantuviera encendidos durante todo un año 22 bombillas de 100 watts cada una, o consumiera 50 tanques de 50 litros de gasolina.♥

Con el fin de satisfacer la demanda de energía, la capacidad instalada total de México requerirá un aumento del 60% frente a sus niveles del 2002, es decir 26,811 MW de capacidad generadora adicional para alcanzar 71,042 MW en el 2010; que, según cifras de la OCDE, sería casi equivalente a la actual capacidad generadora de Inglaterra (73,300 MW) o Italia (73,850 MW).♦

Los encargados de la planeación del sector energético de México consideran que el consumo total de electricidad crecerá a un ritmo anual promedio de 6.3% durante 2001-2010.♦

Las preocupaciones acerca de los actuales sistemas energéticos se concentran en los efectos al medio, y en la evidencia de que el suministro de energía no es accesible para todos los habitantes.

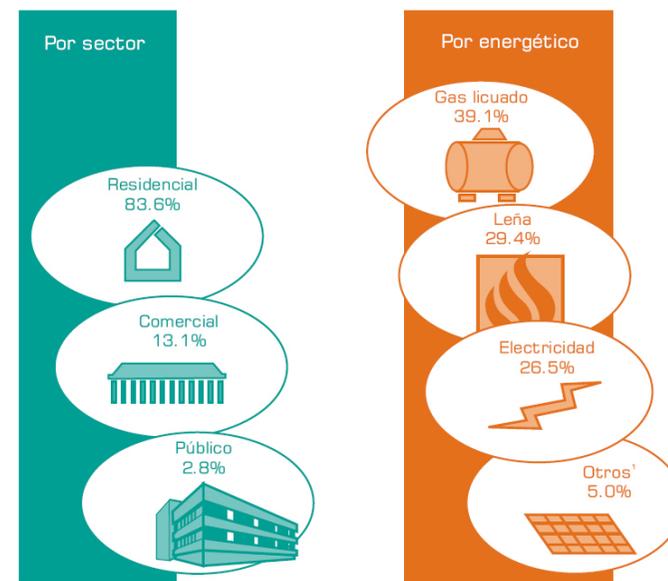
En el 2007 del consumo total de energía: El sector transporte consumió 44%, el sector industrial abarcó el 30%, y la suma de los subsectores residencial (vivienda), comercial y público registró un gasto del 23% (el sector agropecuario contribuyó con 3%).

Por sector:

- Residencial- 83.6%.
- Comercial- 13.1%.
- Publico- 2.8%.

Por energético:

- Gas licuado 39.1%: (calentamiento de agua, cocina y calefacción).
- Leña 29.4%.
- Energía eléctrica 26.5%: (Iluminación, climatización).
- Otros 5.0%.

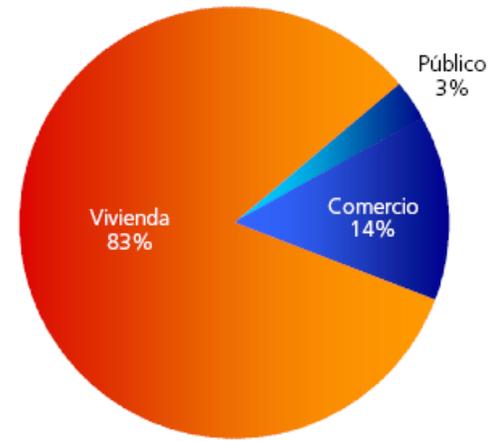


Fuente: SENER, Prospectiva del sector eléctrico 2007-2016.

♥ Balance Nacional de Energía 2007.
♦ SENER, Prospectiva del sector eléctrico 2007-2016.



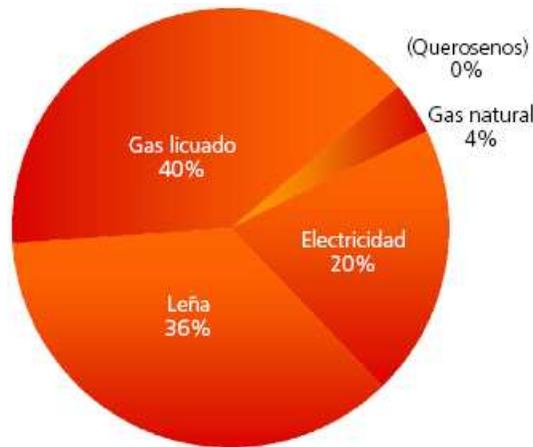
Consumo energético en México por sector.



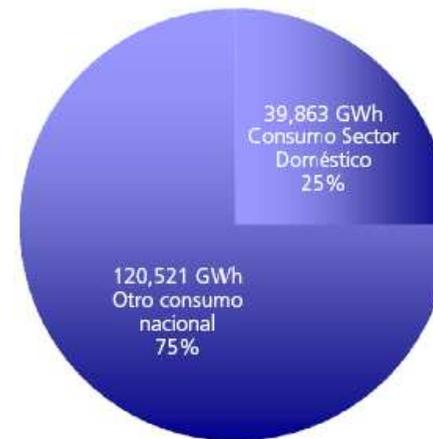
Consumo energético en el sector vivienda.

Fuente: Guía CONAFOVI, uso eficiente de la energía en la vivienda.

El sector habitacional, comercial y público requirió 873.4 Peta joules en el 2006. Del total de este grupo: 83.8% corresponde a la vivienda, 13.7% al sector comercial y 2.6% a los servicios públicos, como el alumbrado público y bombeo de aguas.



Energeticos utilizados en las viviendas.



Consumo de energía en el sector vivienda.

Fuente: Guía CONAFOVI, uso eficiente de la energía en la vivienda.

No obstante que en México la tecnología predominante para calentamiento es a base de gas L.P. y natural; la energía eléctrica con el tercer lugar en el consumo final de energeticos; es la que requiere mayor cantidad de hidrocarburos para producirse.

Durante los últimos 10 años, el consumo de la energía eléctrica muestra un incremento en el sector residencial, al crecer en promedio 4.5%, seguido por el industrial con 3.2%, comercial con 3.1% y servicios con 2.9%.

Evolución anual por sector (%):

Sector	2003	2004	2005	2006	2007	2008*
Doméstico	25.50%	25.59%	25.73%	26.13%	26.21%	26.60%
Agrícola	5.55%	5.14%	5.70%	5.42%	5.15%	5.24%
Industrial	58.82%	59.28%	58.83%	58.80%	59.09%	58.45%
Comercial	6.86%	6.74%	6.51%	6.45%	6.34%	6.31%
Servicios	3.26%	3.26%	3.22%	3.20%	3.22%	3.40%

Fuente: Comisión Federal de Electricidad.

Datos a Diciembre del 2008.

Las ventas de energía eléctrica en el sector domestico a partir del año 2005 hasta Enero del 2009, fueron de 4,732,710 Mega watts-hora*, lo que representa el 28% del total de ventas de todos los sectores (comercial, servicios, agrícola e industrial).

En Enero del 2009, los usuarios de energía eléctrica del sector domestico representaron el 88%, mas que la suma de los sectores comercial, de servicios, agrícola e industrial.

La región de Chihuahua en México, mostró un aumento del consumo medio de energía eléctrica en el sector domestico, la causa no solo deriva del aumento de usuarios, también es consecuencia de la incorporación de nuevos sistemas de climatización de alto consumo y equipos eléctricos.

Usuarios por sector en Chihuahua:

Sector	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Doméstico	745,479	777,909	810,133	838,818	872,778	904,832	940,942	974,627
Comercial	72,185	74,763	78,100	79,769	81,639	83,661	84,126	86,809
Servicios	4,998	5,380	5,475	5,625	5,933	6,125	6,369	6,458
Agrícola	10,085	10,714	11,220	11,635	12,091	12,490	12,994	13,349
Industria	6,667	7,384	8,149	8,954	9,995	11,075	12,141	13,117

Fuente: Comisión Federal de Electricidad.

* Sistema Sectorial de Información Energetica.

El total de usuarios a Enero del 2009 es de 1,104,873 con un consumo de 7,188,704 MWh.*

Consumo medio (kW.h/Usuario):

Sector	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Doméstico	174	176	170	164	162	165	161	162
Comercial	424	412	396	385	377	366	360	351
Servicios	2,721	2,676	2,673	2,569	2,483	2,467	2,465	2,424
Agrícola	8,837	8,983	9,805	10,408	9,066	9,841	9,347	9,271
Industria med.	43,429	38,823	34,562	32,517	31,256	30,513	29,500	27,509

Fuente: Comisión Federal de Electricidad.

Costo kW.h:

Sector	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Doméstico	0.5907	0.6462	0.8548	0.8267	0.8690	0.9057	0.9474	0.9909
Comercial	1.2751	1.3242	1.3980	1.6311	1.8871	2.0800	2.3475	2.4460
Servicios	1.0377	1.0953	1.1572	1.2426	1.3337	1.4059	1.4964	1.5850
Agrícola	0.2839	0.3097	0.3306	0.3782	0.3853	0.4244	0.4466	0.4583
Industria med.	0.5739	0.5933	0.6808	0.7835	0.9011	0.9855	1.1116	1.1603

Fuente: Comisión Federal de Electricidad.

En Enero del año 2009, el precio medio facturado por tarifa para el sector domestico se incremento a 1.4399 pesos por Kilo watts-hora*, lo que a Septiembre del 2009 equivaldría a 0.0736 €.

El porcentaje de subsidio en el costo de energía eléctrica en el sector domestico de México depende del consumo, el subsidio se reduce cuando el consumo incrementa. El cobro es bimensual y con tarifas por kw.h/día para el año 2009 que fluctúan desde 1.44 hasta 3.00 pesos mexicanos, dependiendo del rango de consumo que aumenta de 0 a 50, de 50 a 100, de 100 a 250 y hasta a ser superior de 250, el coste es variable, en el caso de que el consumo es superior a 250 la tarifa se denomina DAC (de alto consumo), y obliga a pagar 3.00 pesos por Kwh/día (costro al ultimo mes del 2009).

Para determinar cual es la tarifa que aplica a cada vivienda hasta llegar a la DAC, se promedia el gasto máximo anual.

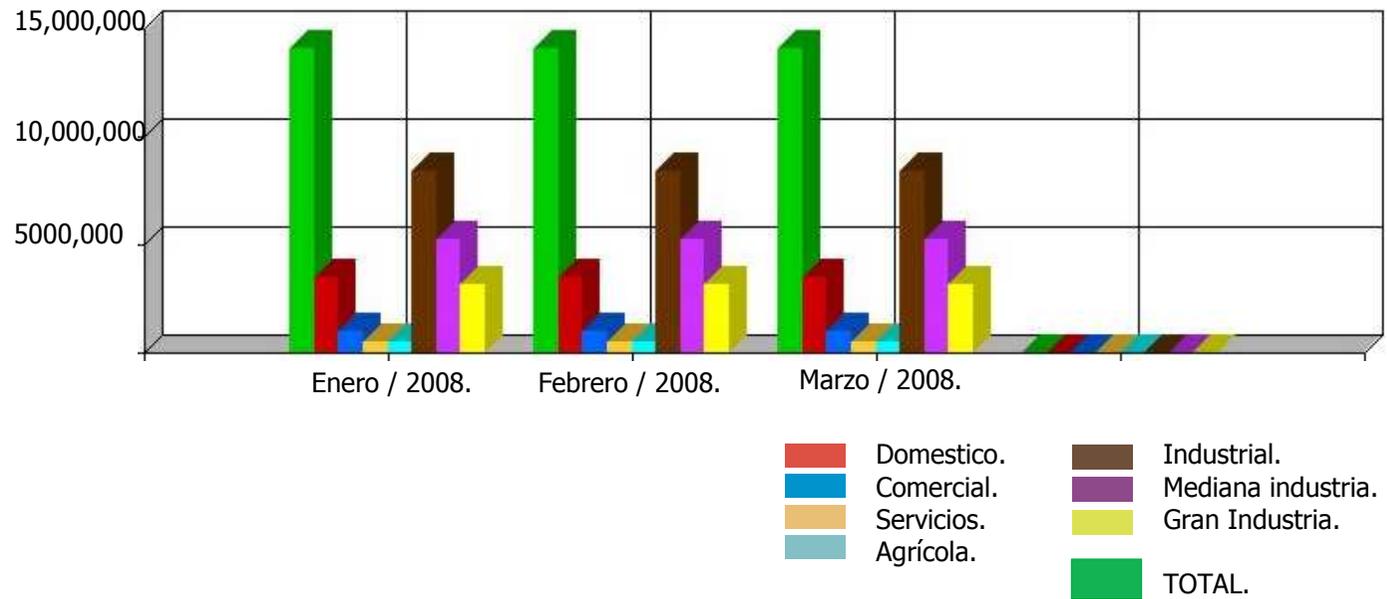
* SENER, Prospectiva del sector eléctrico 2008-2017.
 * Comisión Federal de Electricidad.

La energía en la vivienda:

El aumento en el uso de la energía, además de ser consecuencia del incremento demográfico y la creciente urbanización del país esta relacionado con la climatización del espacio en las viviendas o comercios.

Satisfacer la creciente demanda de energía causa importantes impactos ambientales; en el sector vivienda solo el 9%[^] incluye algún sistema de producción energética con recursos renovables, el resto del suministro esta condicionado a la utilización de hidrocarburos.

Probablemente después del 2015 las reservas de petróleo y gas no podrán mantener la demanda de energía. Estos datos convierten a la vivienda en un elemento clave para la planeación energética de la región y del País.



Consumo y ventas de energía en el sector habitacional.

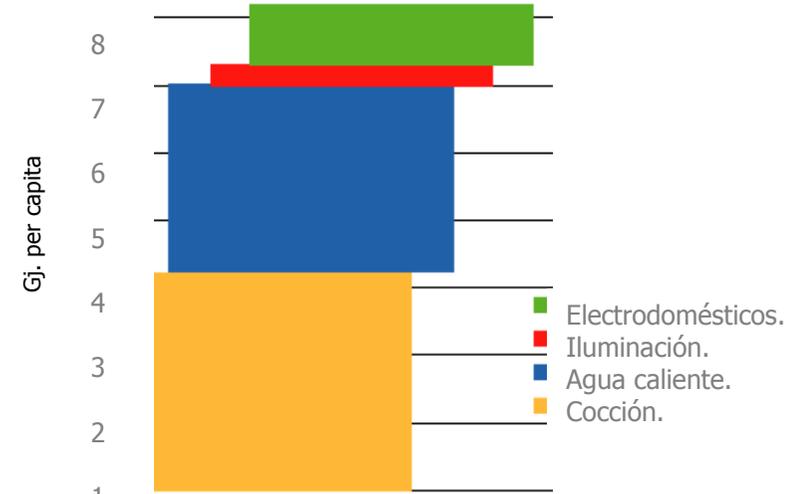
Fuente: Balance Nacional de Energía 2006.

En México existen más de 25 millones de viviendas, que se caracterizan por una alta heterogeneidad geográfica y socioeconómica. En ellas, el potencial de crecimiento en el uso de enseres domésticos es muy alto.

[^] Guía CONAFOVI, uso eficiente de la energía en la vivienda.

La energía proporciona una serie de beneficios en la vivienda (cocción de alimentos, calentamiento de agua, iluminación, refrigeración, climatización, etc.). La climatización y los electrodomésticos en general ocupan en el promedio nacional el 3er lugar.

Usos de la energía en la vivienda urbana per capita en México:



Fuente: INEGI 2003.

Los costos anuales de calefacción y enfriamiento doméstico representan un considerable gasto para los habitantes de una vivienda y posiblemente seguirán aumentando. Es necesario considerar los niveles de calor o frío necesarios en la vivienda, por ejemplo, una caldera de mayor capacidad de la necesaria acarrea una reducida eficiencia, por lo tanto, menor ahorro económico.

Adicionalmente a los elevados consumos de energías no renovables en el sector habitacional, las emisiones de GIE (gases efecto invernadero) del sector vivienda en México son más del 12% del total, que para el año 2006 sobrepasaban los 245 mil 788 Giga gramos.

La demanda en el consumo de energía en el sector vivienda, aumenta anualmente más que en cualquier otro sector, es ineludible iniciar prácticas para usar la energía de manera más eficiente.

Un elemento crítico en el costo de una casa es la energía, tanto la que se consume durante la construcción como la que se utilizará posteriormente (costos que generalmente no son contemplados en la oferta). Consideración que tiene efectos económicos y ambientales e influye en el desarrollo de la vida dentro del espacio de quien lo habita.

El consumo de energía está relacionado con el equipamiento de aparatos en la vivienda:

La gráfica expone los consumos promedio de energía eléctrica utilizada para el funcionamiento de aparatos y equipos al interior de la vivienda.

En el norte y el sureste, de México, el uso de sistemas para enfriamiento o calefacción rebasa el consumo de los demás equipos.

En el clima cálido seco como el de la ciudad de Chihuahua los incrementos anuales de las temperaturas y los subsidios que el Gobierno Federal otorga al costo de la energía, están generando que los habitantes sustituyan los aparatos tipo "coolers" o evaporativos por sistemas de refrigeración o aire acondicionado, incluso se promueve la compra de calefactores que funcionen por radiantes eléctricos para la época invernal.

Aparato	Potencia (Promedio) Watts	Tiempo de uso al día (Períodos Típicos)	Tiempo de uso al mes Horas	Consumo mensual Kilowatts-hora (Watts/1000) x Hora
Abrelatas	60	15 min/semana	1	0.06
Exprimidores de críticos	30	10 min/día	5	0.15
Aparato reproductor DVD	25	3hr 4vec/sem	48	1.2
Extractores de frutas y legumbres	300	10 min/día	5	1.6
Batidora	200	1hr 2vec/sem	8	1.8
Licuada	500	10 min/día	5	4
Bomba de agua	400	20 min/día	10	5
Tostadora	1000	10min.diarios	5	5
Radio grabadora	40	4 hrs.diarias	120	8
Secadora de pelo	1600	10 min/día	5	9
Estereo musical	75	4 hrs.diarias	120	9
Tv color (13-17 pulg)	50	6 hrs.diarias	180	10
Horno eléctrico	1000	15 min/día	10	12
Horno de microondas	1200	15 min/día	10	13
Lavadora automática	400	4hr 2vec/sem	32	13
Tv color (19-21 pulg)	70	6 hrs.diarias	180	13
Aspiradora vertical	1000	2hr 2vec/sem	16	16
TV Color (24-29pulg)	120	6 hrs.diarias	180	22
Cafetera	750	1 hr.diarias	30	23
Plancha	1000	3hr 2vec/sem	24	24
Equipo de computo	300	4 hora/día	120	36
Focos incandescentes (8 de 60W c/u)	480	5 hr.diarias	150	72
Secadora de ropa eléctrica	5600	4 hrs.semana	16	90
Congelador	400	8 hrs/día	240	96
Refrigerador(25-27 pies cúbicos)	650	8 hrs/día	240	156
Calentador de aire	1500	4 hrs/día	120	180
Aire lavado (cooler) grande	600	12 hrs.diarias	360	216
Aparato de ventana 1 ton. Antiguo	1850	10 hrs.diarias	300	555
Calefacción por radiantes	3350	8 hrs.diarias	240	804

La eficiencia en la vivienda:

Explorar alternativas para reducir el consumo de energía, sustituir las energías convencionales por energías renovables y mejorar la eficiencia térmica es un objetivo a realizar en las edificaciones habitacionales, considerando desde los materiales, su ciclo de uso y balances de energía, hasta la integración de los diferentes subsistemas que constituyen al edificio como un organismo en continuo intercambio energético con su entorno.

Una vivienda de baja eficiencia es el resultado de no considerar en su diseño y edificación el clima del lugar, las características del entorno, las técnicas de apoyo para producción de energía y el buen uso de materiales para minimizar el consumo energético. El diseño inadecuado de una vivienda disminuye los recursos económicos de los usuarios, al tener que utilizar parte del salario para cubrir los costes excesivos de los energéticos, gas o gasoleo durante el invierno y electricidad en el verano, esto representa aproximadamente el 30% del ingreso medio en el 80% de las familias Chihuahuenses[®].

La eficiencia energética consiste en buscar alternativas para disminuir el consumo, partiendo del diseño morfológico de la vivienda al considerar las necesidades energéticas y características ambientales. El proyecto debe utilizar las ventajas del sitio, por ejemplo: el 75% del territorio mexicano duplica anualmente la intensidad de radiación solar recibida en comparación con varios de los países europeos, ventajas como la mencionada deben beneficiar la economía del hogar y disminuir la consecuencias ambientales.

La edificación de una casa puede ser eficiente si el proceso de construcción considera la utilización de materiales reciclados y reciclables, materiales que han necesitado la menor energía posible para ser obtenidos o materiales que han generado la menor cantidad posible de residuos.

Para conseguir eficiencia en la vivienda durante su vida útil, es necesario estudiar el diseño de la envolvente, el comportamiento térmico de los materiales, la distribución de los espacios interiores, incorporar técnicas o estrategias para climatización pasiva al interior del espacio, además de contemplar la posibilidad de integrar tecnología para producción de energía. Los criterios o estrategias de diseño deben ser el resultados de analizar el medio y el entorno (radiación solar, temperaturas, humedad, ventilación, precipitación pluvial, etc.).

Entre algunas consideraciones básicas para conseguir eficiencia es necesario:

- Aumentar la estanqueidad del edificio.
- Controlar los caudales de ventilación en función de las necesidades reales de calidad de aire.

Consideraciones que no tendrían sentido si no se implementan simultáneamente.

Existen casos representativos de eficiencia energética en las viviendas en varios sitios:

1. En 20 viviendas (80 personas) se instaló un sistema solar térmico para la producción de agua caliente sanitaria centralizada. La vida útil de la instalación es 25 años.

Comunidad de Vecinos	
Usuario	Particulares
Actividad Principal	Comunidad de vecinos (80 personas)
Demanda Energética	2.400 l/día
Número de Paneles	12
Superficie de Captación	38 m ²
Almacenamiento	2.400 l
Aporte Solar	75 %
Producción Energética	21.537 termias/año
Fuente Auxiliar	Gasóleo C
Emisión de CO ₂ evitado	≈ 8,5 t. CO ₂ /año

Fuente: Enerbuilding, eficiencia energética en viviendas.

Datos Económicos	
Inversión	26.999 €
Préstamo ICO	80 % a 10 años (Euribor + 1 %)
Ayuda IDAE	8.100 €
Gastos de mantenimiento	486 € (1 ^{er} año)
Ahorro Estimado	1.508 € (1 ^{er} año)
TIR *	5%

*TIR (Tasa interna de retorno)

Fuente: Enerbuilding, eficiencia energética en viviendas

2. En 150 viviendas situadas en Madrid España, se utiliza calderas de biomasa para la calefacción, empleando como combustible huesos de aceituna resultantes de la producción de aceite de oliva.

El ahorro energético utilizando este tipo de calderas es de un 30%, cuando sustituye a los sistemas convencionales de carbón. La inversión total necesaria para la realización de esta instalación ha sido de 42.071 € (IVA no incluido), de los cuales el Ayuntamiento de Madrid ha subvencionado el 22 % (9.256 €). La rentabilidad de la instalación se produce a partir del cuarto año.

3. En una vivienda convencional donde se realiza una instalación fotovoltaica, con una inversión de 20.263 € la electricidad generada se dedica al autoconsumo. Los equipos abastecidos son:

- 10 puntos de luz de 11 W cada uno.
- 5 puntos de luz de 18 W cada uno.
- Frigorífico - consumo diario de 700 Wh.
- Lavadora de 400 W - uso diario de 1,5 hrs. y consumo de 600 Wh/día.
- Televisión de 95 W - uso diario de 3 horas y consumo 285 Wh/día.
- Ordenador de 300 W - uso diario de 1 hora
- Pequeños electrodomésticos con un consumo total de 500 Wh/día.

Vivienda Habitual	
Usuario	Particulares
Actividad Principal	Suministro de electricidad
Potencia total Instalada	2.400 Wp
Número de módulos	24 de 100 Wp/módulo
Inversor	2.300 W
Batería	900 Ah (cubre las necesidades de 6 días sin radiación)

Fuente: Enerbuilding, eficiencia energética en viviendas.

Además es posible optar por sistemas mixtos solar/eólicos para autoconsumo. La energía solar fotovoltaica y la energía eólica son utilizadas en una misma instalación, al considerar las características del sitio.

4. Para una vivienda donde se consideran los siguientes consumos:

- Un televisor de 90 W de potencia – 4 horas diarias.
- Ocho puntos de luz con 13 W de potencia cada uno - 4 h. diarias.
- Un frigorífico de 80 W - 24 horas diarias.
- Una lavadora de 2000 W de potencia usada una vez a la semana.

Se colocó una instalación mixta integrada por un aerogenerador con una potencia nominal de 3000 W, con rotor de dos hélices de cuatro metros de diámetro de fibra de vidrio y fibra de carbono.

Además del aerogenerador, la instalación cuenta también con 4 paneles I-150S con una potencia máxima de 150 wp., como soporte para colocación de los paneles se erigió una torre metálica. Con estos sistemas, la vivienda es autosuficiente.

5. La edificación de la zona residencial de 130 viviendas "Lliri Blau", ubicadas en la ciudad de Massalfassar en Valencia (España), diseñadas por el arquitecto Luís de Garrido son un claro ejemplo de eficiencia energética. Comenzando con la urbanización, donde se cuida la orientación sur, posteriormente en el diseño arquitectónico se considera la disposición de cristalerías y canales de ventilación natural, el uso de espacios intermedios, de tal modo que, sólo por su diseño los edificios tienden a calentarse en invierno y a refrescarse en verano sin ningún tipo de sistema mecánico.

Para eficientar el comportamiento termico de estas viviendas se utilizaron muros de carga (de alto aislamiento e inercia térmica), cubiertas ajardinadas, invernaderos, carpinterías (herrería) con compuertas para permitir el paso del aire y con ello, la ventilación natural.

Las viviendas están equipadas con sistemas domóticos que controlan el consumo energético mediante programación horaria, control de la temperatura deseada. El control de la calefacción (radiadores eléctricos) son una potencia 10 veces inferior a la necesaria para cualquier vivienda, (la potencia total instalada de los radiadores con tarifa nocturna es de tan solo 1.500 watts por vivienda).

Debido al nivel de aislamiento e inercia térmica, sistemas de ventilación cruzada y canales que obtienen aire de la cara norte y lo distribuyen por las viviendas, la utilización de energía solar, y que no utiliza materiales perjudiciales para el medio (PVC, aluminio, resinas, esmaltes, disolventes, plásticos, gomas, poliuretano, fibra de vidrio, poliestireno, etc.), los edificios consumen alrededor de un 30 - 40% menos energía de lo que consumen edificios convencionales de la misma superficie y características.

6. En la Urbanización de viviendas unifamiliares "El Balagar" situada en una superficie de 1.000 m²., en el distrito de Torre Caballeros (Segovia, España), se busca recolectar la máxima radiación solar por su clima de bajas temperaturas en invierno. Cada vivienda necesita una alta inercia térmica para el invierno y en verano una mínima necesidad de protección del sol.

Los sistemas de recolección de energía son: la luz solar que se obtiene a través de las ventanas, una galería que recoge la radiación directa del sol, dispersándola por la casa por convección a través de unas rejillas situadas en el interior del muro de piedra, (el tamaño de las rejillas permite que la energía acumulada se recupere durante la noche).

Las habitaciones requieren una temperatura más alta, lo cual se consiguió construyendo un muro en esta parte, que absorbe la radiación solar y la transfiere al interior. La chimenea tiene una cavidad interna que, a través de unas rejillas calienta el baño principal por convección; el muro externo más bajo de la chimenea es de ladrillo sólido y calienta el baño de la planta baja por radiación, de esta forma se consigue un equilibrio térmico en las habitaciones orientadas al norte.

El sistema de calefacción complementario de la casa, bajo el suelo, provee de una buena distribución de la temperatura en el interior, el sistema se compone de varios circuitos, los del norte y sur se pueden utilizar independientemente, así cuando no hace demasiado frío sólo es necesario conectar los circuitos de la parte norte para obtener una temperatura adecuada.

Los casos donde se logra disminuir el consumo energético y mejorar la calidad térmica reducen los daños al ambiente.

Estado del arte.

Casos de viviendas donde se integran estrategias para obtener eficiencia energética.

La "Casa Eficiente", modelo de vivienda del LEEE "laboratorio de eficiencia energética edilicia" en Brasil:

La "Casa Eficiente" es proyecto para racionalizar el uso de la energía e impactar menor al ambiente; planeado por el Laboratorio de Eficiencia Energética Edilicia (LabEEE) y construido por el departamento de ingeniería (UFSC) para ELETROSUL, en Florianópolis, Isla de Santa Catarina, Brasil (entre los paralelos de 27°10 y 27°50 de latitud sur y entre los meridianos de 48°25 y 48°35 de longitud oeste); durante el año 2006.

Diseñada como vivienda unifamiliar para una familia de cuatro personas, con sistemas y soluciones para la máxima eficiencia energética en condiciones opuestas de invierno y verano.

En un clima caracterizado por su homogeneidad pluviométrica, mesotérmico húmedo o tropical templado (húmedo presentando verano caluroso e invierno subseco) con lluvias distribuidas durante todo el año.

El número de horas de insolación anual en toda la isla varía entre 2.200 y 2.400 horas. La pluviosidad presenta un índice de precipitación anual de 1600 Mm. al norte de la isla y 1400 Mm. al sur, lo que justifica un clima con humedad relativa anual del 85%, presentando una media de 140 días de lluvias por año; hay un porcentaje de nebulosidad mayor en el verano que en el invierno, lo que hace disminuir la diferencia entre las temperaturas máximas y mínimas en esta estación.

La temperatura media anual es de unos 20°C junto a la orla marítima y 22°C más al interior de la isla; la temperatura media mensual es de 24°C en enero y 16°C en julio.

El mayor valor de la temperatura media máxima diaria es de 29,0°C, y ocurrió en el mes de Febrero (mes más caluroso del año). El menor valor de la temperatura media de las mínimas diarias fue de 13,0°C, y ocurrió en Julio, además fue en este mes que ocurrió la menor temperatura media de las máximas con el valor de 21,1°C, lo que indica que es el mes más frío del año. El aspecto más importante de estas medias de las temperaturas máximas es que, durante todo el año presentan valores superiores a 20°C, y aún la media de las mínimas no alcanza valores menores de 13 °C.

La proximidad del mar (por su gran capacidad térmica, irradiación solar y por la transferencia de calor generada por el proceso de evaporación y condensación) ameniza estas diferencias climáticas.

El programa de necesidades básicas es: 2 cuartos, sala, comedor, cocina, lavadero, baño y recepción. Las principales estrategias del proyecto son:

- Orientación Norte-Sur aprovechando las condiciones climáticas locales (radiación solar, temperatura del aire, humedad relativa y vientos predominantes en el verano).
- Empleo de sistemas alternativos de refrigeración como ventilación nocturna.
- Calefacción de los cuartos para el invierno a través de sistema alternativo con circulación de agua caliente por el zócalo.
- Uso de materiales locales y uso de la vegetación para creación de microclima local.
- Uso racional del agua: Instalaciones hidráulicas utilizando piezas y líneas económicas; colecta y reaprovechamiento del agua pluvial, tratamiento de efluentes por zona de raíces y utilización del agua tratada en sistema de calefacción de los cuartos.
- Integración del diseño arquitectónico con sistemas de calefacción solar y generación de energía fotovoltaica.
- La vegetación usada proporciona sombras a las orientaciones Este y Oeste.

Las recomendaciones generales determinadas por el clima:

Temperaturas:	Recomendaciones:
0° a 18°C	Necesidad de insolación total
18° a 21°C	Necesidad de insolación parcial (sombreado en periodos de equinoccio)
21° a 25°C	Necesidad de sombra, permitiendo entrada de sol en algunas horas por la mañana.
Mayores de 25°C	Sombreado total.

El análisis determina los períodos con mayor o menor necesidad de sombra, recomienda sombra total para temperaturas superiores a 28°C; sin embargo como la tabla indica las medias de temperaturas horarias, se puede considerar un valor menor. Así se considero 25°C para una necesidad de sombra total.

Para temperaturas inferiores a este valor se recomienda utilizar calefacción solar pasiva en determinados períodos; y otras estrategias:

- Ventilación con el 35,7% para refrigeración e inercia térmica.
- Calefacción Pasiva para ganancia de calor con el 35,4%.

Con este estudio del clima y condicionantes bioclimáticos se definieron las estrategias para el diseño del proyecto, y posteriormente el análisis de rendimiento termo energético.

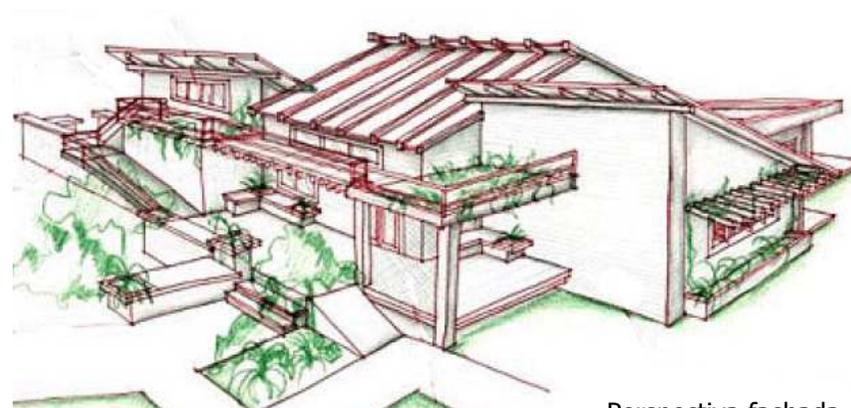
La inercia térmica para calefacción (35,4%), aparece en una proporción mucho mayor que para refrigeración (1,0%).

Período : Anual Confort: 20,8% (1822 horas) Incomodidad: 79,2% (6938 horas)			
ESTRATEGIAS DE PROYECTO			
Frío: 40,7% (3565 horas)		Calor: 38,5% (3373 horas)	
Calef. Solar Pas./Inercia Térmica	35,4%	Ventilación	35,7%
Calefacción Solar Pasiva	3,8%	Vent./ Inercia / Ref. Evaporante	1,0%
Calefacción Artificial	1,5%	Inercia p/ Refrigeración (Inercia interna)	0,0%
		Aire Acondicionado	1,8%

Se considero utilizar tejas y ladrillos macizos cerámicos aparentes que son abundantes en la región, piezas de madera laminada de pino (estructura principal del techo), piezas de pino curado en autoclave (restante del techo y puertas internas) o de eucalipto curado en autoclave (pasarela, protección de las ventanas).

Para la distribución de las áreas, los ambientes fueron listados por tiempo de permanencia, las áreas húmedas (lavadero, cocina y baño), consideradas de baja permanencia, fueron localizadas al Oeste, ejerciendo la función de barrera radiante para los demás cambien.

- Sala- Zona de permanencia continua, con aberturas dirigidas al Sur y al Norte provocando ventilación cruzada; las aberturas al Sur deben ofrecer dispositivos para la disminución de la velocidad del viento; la orientación Norte es la que más favorece el uso de dispositivos fijos para la captación de luz y calor.



Perspectiva fachada sur.

- Cuartos- Permanencia en el período nocturno; aberturas dirigidas al Norte y al Este para la captación de luz y calor, principalmente en el invierno. Para proporcionar ventilación cruzada Hay aberturas en fachadas opuestas del ambiente, de preferencia norte sur, o en los cuadrantes intermedios.
- Cocina- Ambiente de permanencia Transitoria, ubicado en fachada oeste, funcionando como un dispositivo de aislamiento de los demás ambientes. Es necesario un tratamiento de sus fachadas con materiales aislantes. La ventilación de la cocina es vertical, a través de aberturas cenitales que además son captadores de luz natural.
- Comedor- Funciona como una transición para la privacidad de los cuartos.
- Baño- Zona usada como barrera contra la radiación solar de la fachada oeste.
- Lavadero- Ambiente ideal para fachada Oeste.

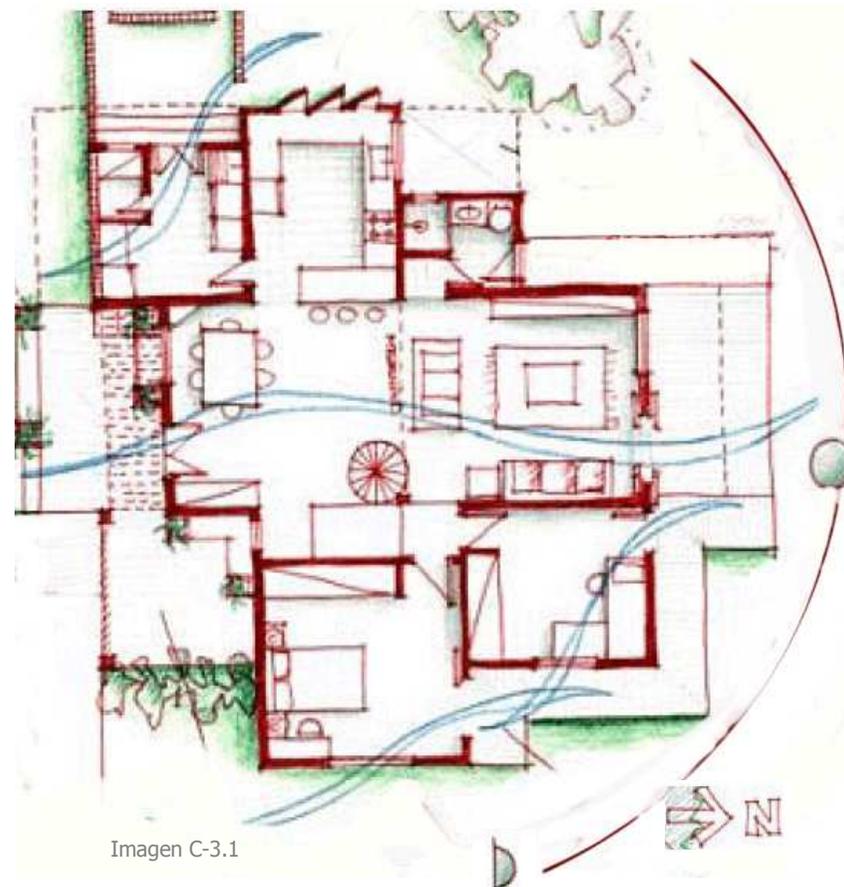


Imagen C-3.1

Todas las paredes de la casa son dobles con 25mm, en ladrillo cerámico macizo con una capa interna de mantas de lana mineral para el aislamiento térmico, disminuyendo así las amplitudes térmicas internas. El aislamiento y el uso de inercia térmica tienen el objetivo de reducir las ganancias térmicas en los períodos de calor y las pérdidas térmicas en los períodos de frío.

Fueron especificadas ventanas de vidrio doble asegurando el aislamiento térmico de las aberturas; y uso de persianas externas de madera permitiendo sombra diurna y ventilación nocturna.

Los techos inclinados son cubiertos con teja cerámica clara y presentan una capa interna en manta de lana mineral fijada sobre el revestimiento y capa de aislamiento reflectante que garantiza la reducción de las ganancias térmicas diurnas y de las pérdidas nocturnas. También se optó por el uso de techo jardín en algunas áreas (cuarto de soltero, baño, lavadero y acceso externo en el área sur).

Para el uso de ventilación cruzada en todos los ambientes, estos fueron desplazados en relación con los otros para permitir aberturas externas en por lo menos dos de sus caras.

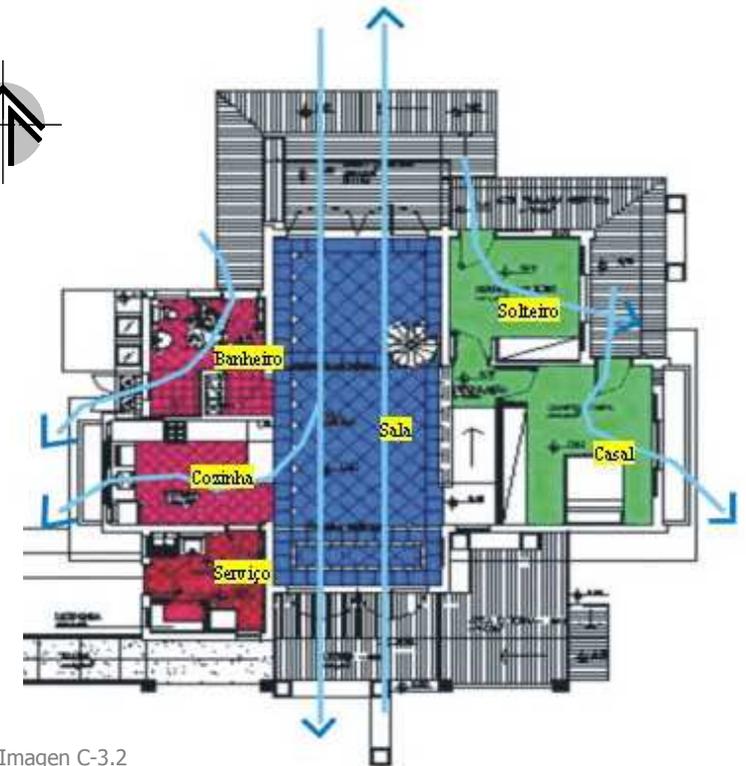


Imagen C-3.2

Como estrategia de refrigeración de los cuartos en el período nocturno fueron definidos equipos para insuflado del aire nocturno externo en el período de verano.

Los afluentes tratados por sistema biológico de zona de raíces almacenados son bombeados a un tanque de 500 litros localizado sobre los cuartos; estos serán utilizados en el sistema de calefacción ambiental de los cuartos y en la irrigación del jardín.

El sistema de calefacción de los cuartos consiste en la circulación forzada de agua caliente en tuberías de cobre fijas al zócalo, proporcionará la transferencia de calor al ambiente por radiación y convección. La circulación del agua es forzada con el auxilio de bomba de $\frac{1}{4}$ CV que se acciona con un control automático interconectado a sensores de temperatura del aire localizados en cuarto de soltero y de la temperatura superficial, localizado en las tuberías del zócalo.

La temperatura interna del aire inferior a 18°C, (de acuerdo con los límites de confort de GIVONI 1992), determinará los momentos de accionamiento de la bomba para circulación de agua caliente. El agua es calentada en sistema de calefacción solar cuyos colectores estarán localizados sobre el techo del cuarto matrimonial.

Los techos también fueron elaborados teniendo en cuenta una integración con los sistemas fotovoltaicos y de calefacción solar de agua; están orientados al Norte y su inclinación sigue la requerida para el mayor aprovechamiento anual de la radiación, de acuerdo con la latitud de Florianópolis (27°).

El sistema de generación de energía fotovoltaica adoptado es a través de placas de silicio amorfo, esta interconectado a la red eléctrica y consiste en placas de silicio amorfo flexible, sobrepuestas sobre la cara Norte del tejado de la sala; dimensionadas para un suministro de 1,9 kW.

En el sistema de calefacción solar de agua, son utilizados dos sistemas independientes; uno de los sistemas calentara el agua del baño y cocina, mientras que el otro calienta el agua para el sistema de calefacción de los cuartos.

Paneles solares,
fotovoltaicos y
térmicos.

Teja cerámica.

Aberturas con doble
vidrio, favorecen el
aislamiento termico.



Fuente: ELECTROSUL, El laboratorio de eficiencia energética en edificaciones de la Universidad Federal de Santa Catarina.

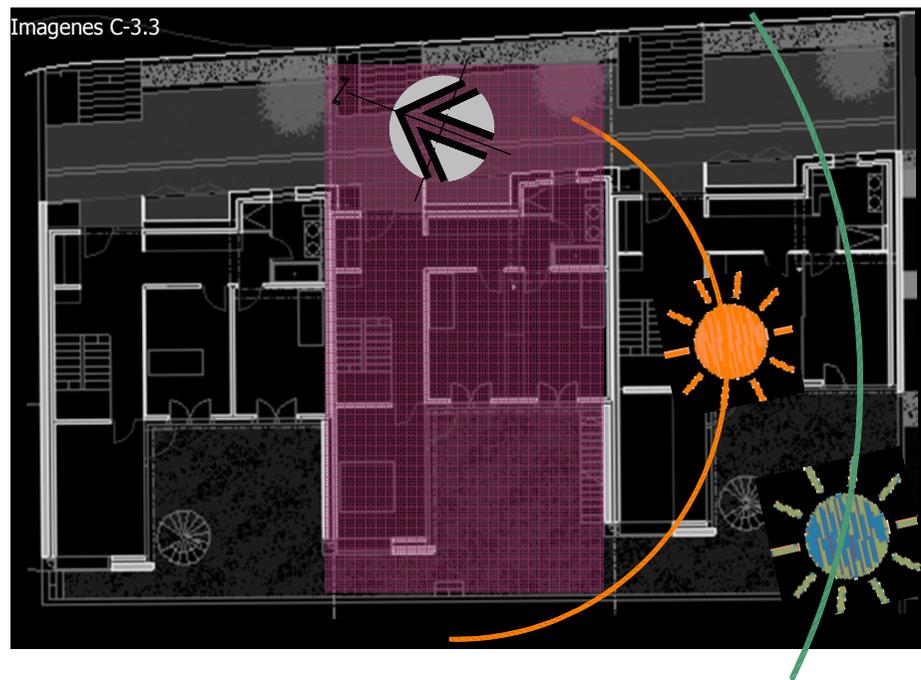
Tres viviendas contiguas con estrategias activas y pasivas, ubicadas en Küsnacht, Suiza:

Edificación de tres viviendas adosadas en hilera, proyecto ubicado en Küsnacht, Suiza, latitud Norte 47°31'.

Temperatura	T°C media	T°C	T°C
Invierno	0,8	1,30	- 2,90
Verano	20	26,3	14,9

Radiación	0°	90°
Invierno	1,1 kWh./día	1,58 kWh/día
Verano	5,31 kWh/día	2,61 kWh/día

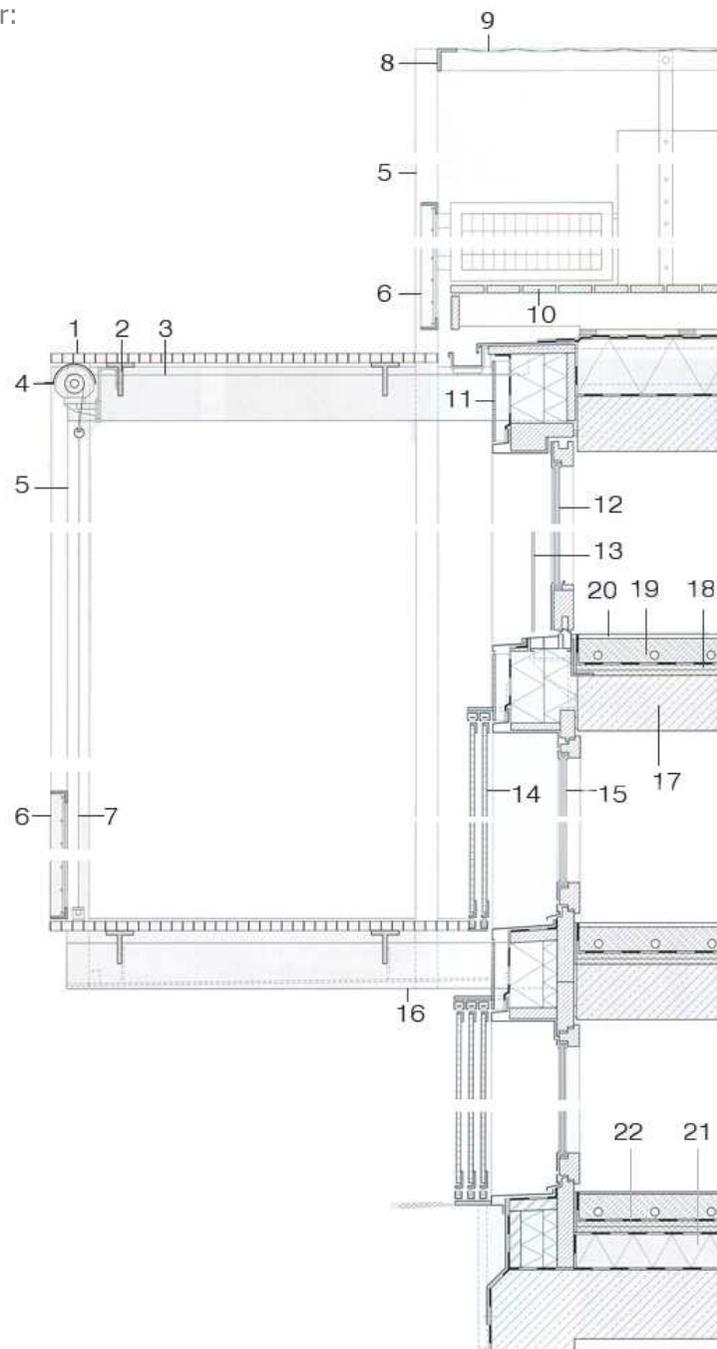
Los arquitectos Barbara Weber y Bruno Oertli proyectan 3 casas-estudio con una superficie habitacional de 193.00 mts.² y 36.00 mts.² de oficina. Para la construcción se utilizaron materiales de alta durabilidad, fácil mantenimiento, baja generación de residuos en el proceso de construcción y potencial de reciclaje.



El proyecto disminuye la insolación permitiendo la ventilación en la cámara que se forma entre el toldo y el acristalado de baja emisibilidad y disminuye los puentes térmicos al interior.

Reduce el consumo energético con la inercia térmica del aislamiento en muros y el tratamiento de los techos; además de utilizar colectores solares para el agua sanitaria y calefaccionar con sistema de piso radiante.

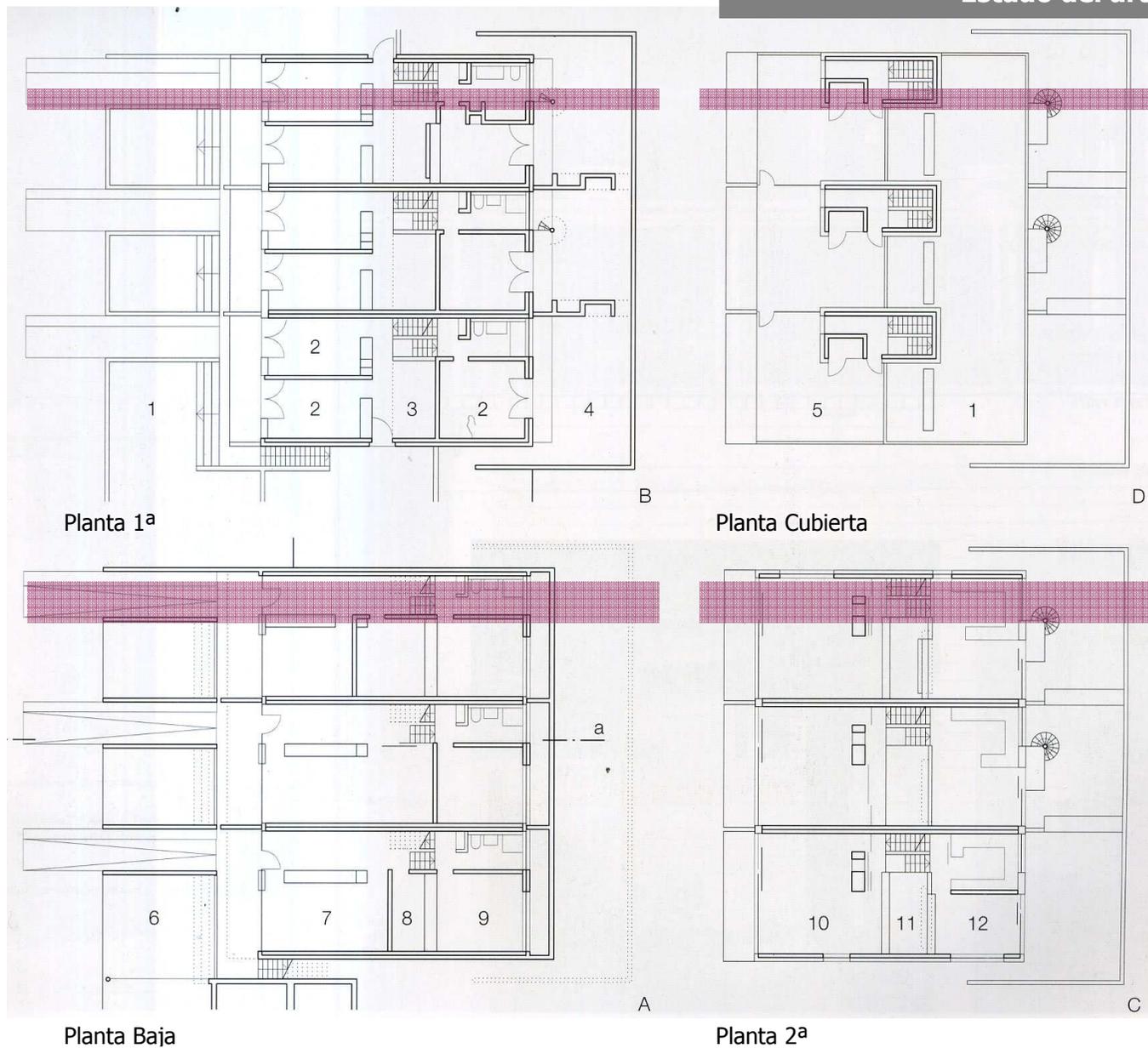
Sección constructiva de fachada con elementos que disminuyen insolación solar:



1. Rejilla 20/40 mm. galvanizado 30 mm.
2. Perfil T 100/120/12 mm.
3. Repisa de acero, 2 laminas (e = 15 mm).
4. Toldo textil.
5. Lámina metálica colgada (e = 10 mm).
6. Barandilla perfil metálico L 60/50/4 mm. paños de rejilla metálica soldada 40/80mm
7. Cable guía del toldo Ø5 mm.
8. Perfil metálico L 80/40/5 mm.
9. Toldo horizontal.
10. Listón de madera de Alerce 27 mm.
11. Panel de fibrocemento pintado 8 mm.
12. Puerta corrediza de madera/metal con acristalamiento aislado.
13. Barandilla de vidrio VSG.
14. Puerta corrediza con paneles de fibrocemento con antracita (Ø15 mm.) y perforaciones Ø20 mm.
15. Ventana madera/metal con vidrio y aislamiento.
16. Láminas de acero 2x (e = 15 mm).
17. Losa de hormigón armado.
18. Paneles de fibra, aislantes.
19. Calefacción suelo radiante.
20. Capa de cemento (e=2cm).
21. Aislamiento.
22. Lámina asfáltica impermeabilizante.

Imagen C-3.4





Sección.

1. Cubierta ajardinada, 2. Dormitorio, 3. Área de juego y lectura, 4. Patio, 5. Terraza, 6. Garaje, 7. Estudio, 8. Trastero, 9. Baño, 10. Salón, 11. Altura libre, 12. Comedor.

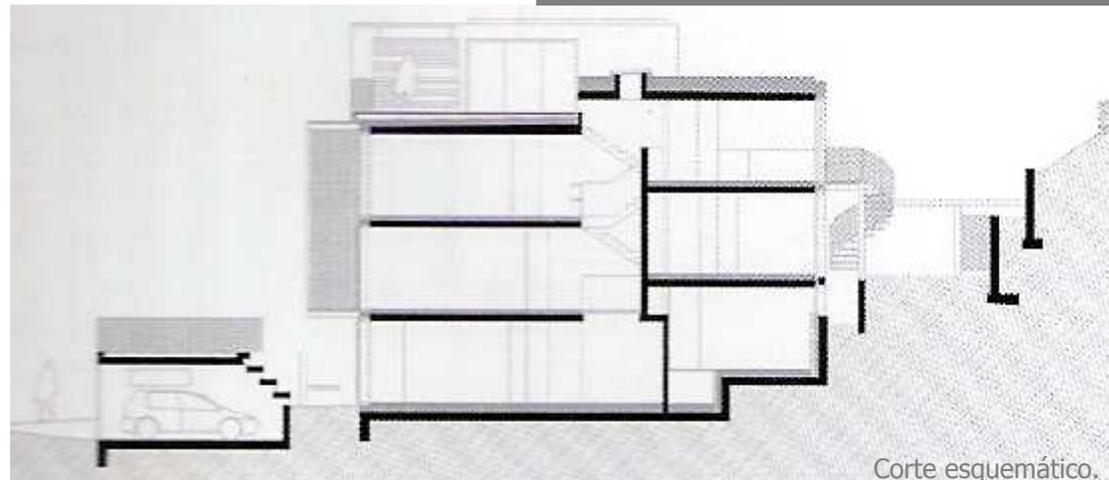


Sección.



Imágenes C-3.5 y C-3.6

Sistemas activos		Sistemas pasivos	
<ul style="list-style-type: none"> Lámparas de bajo consumo. 		<ul style="list-style-type: none"> Densificación de viviendas. Compactación. Cubierta con vegetación extensiva. Elementos pesados regulación por inercia. Aislamiento reforzado: 24cm. de lana de roca. 	
Verano	Invierno	Verano	Invierno
-100% ACS solar.	-Parte de ACS solar. -Caldera de gas por condensación. -Chimenea con recuperador de calor: doble rendimiento.	Protección solar: -Porticones de fibrocemento -Toldo. -Pérgola.	



Corte esquemático.

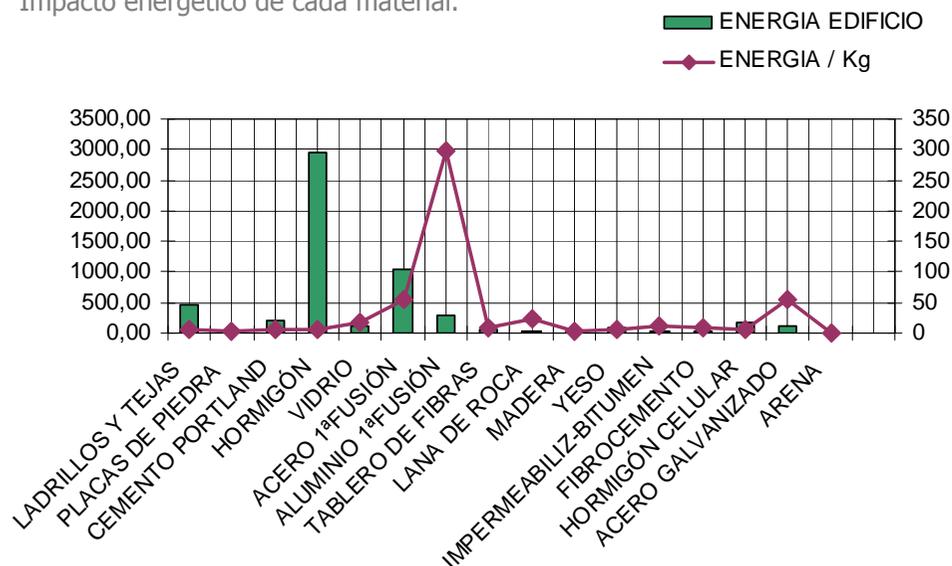
Impacto del edificio:

- Peso
664,08 kg/m².
- Energía
3108,31 Mj/kg.
- CO₂
105743,91 q.eq/kg.



Imagen C-3.7

Impacto energético de cada material.



El total de energía demandada para calefaccionar es de 31 KW/m² y cada vivienda consume un total de 52.4 KW/m² al año.

Vivienda unifamiliar adaptada al sitio, edificada en Chiclana de la Frontera, Cádiz, España.

La "Casa Harper", es vivienda unifamiliar ubicada en Chiclana de la Frontera, Cádiz, España; donde el programa se ajusta al lugar, con tres parámetros: uso, función y orientación. La vivienda se desplanta en un rectángulo (siguiendo el lado mayor la dirección E-O), lo que permite que se abra al Sur y a las vistas (espacios corridos de estancia, dormitorios, etc.), y se cierre a Norte, mediante un muro "ciego" en el que se apoyan: las escaleras, las zonas de distribución y los núcleos de aseos.

El interior de dicho cerramiento es un contenedor de todas las instalaciones de la construcción, dotándolo de máxima inercia térmica. La cocina se sitúa como volumen independiente, ubicado de forma que genera el vacío del patio interior, y a la vez separa la zona de servicio y taller (en planta baja), y la zona de invitados (en planta alta).

Predominan los espacios "cubiertos, pero abiertos", que sirven de transición interior-externo y de protección solar en época estival, edificio se cierra al Este por los vientos predominantes (protegiéndose del levante), pero procurando niveles óptimos de ventilación tanto cruzada como por "efecto Venturi" (mediante la apertura de "chimenea" en el muro-contenedor Norte).



Imagen C-3.8

Fachada.

Las instalaciones de energía renovable se ubican en la cubierta; los paneles solares térmicos se integran al conjunto arquitectónico.

El proyecto lo desarrolla el estudio de Arquitectura Republica_dm - Rafael Herrera, Carlos Parra, Javier Gutiérrez y asociados. Se implementan criterios de arquitectura solar pasiva, y uso de sistemas activos, procurando ahorro y eficiencia energética, con el uso de los materiales, recursos disponibles e incorporación de sistemas de energías renovables.

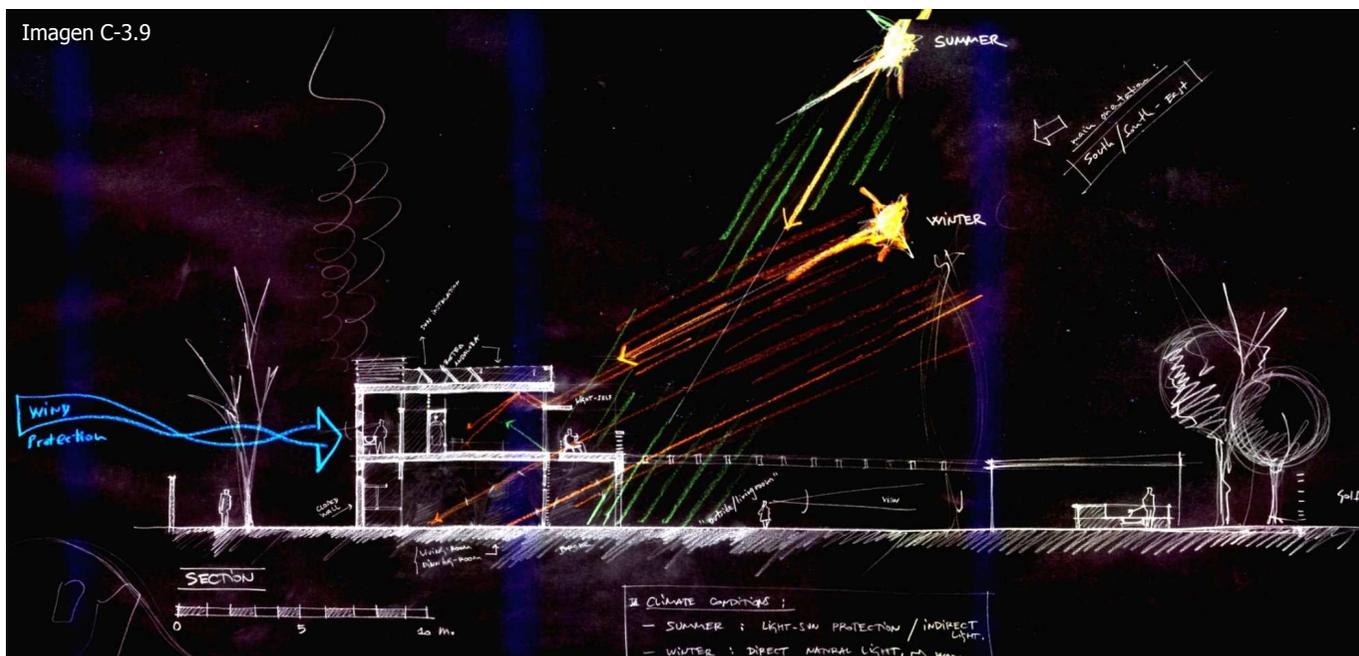
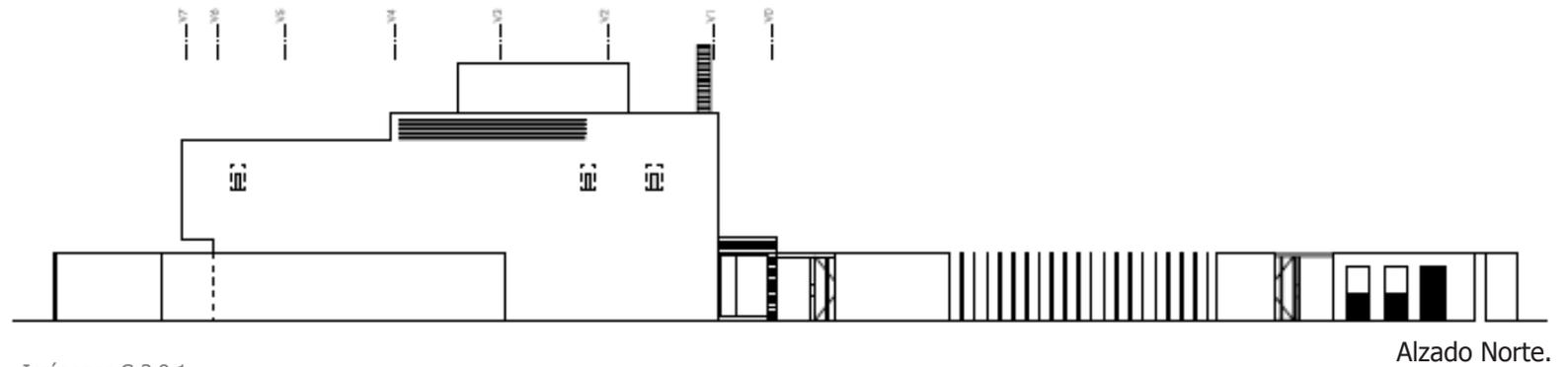
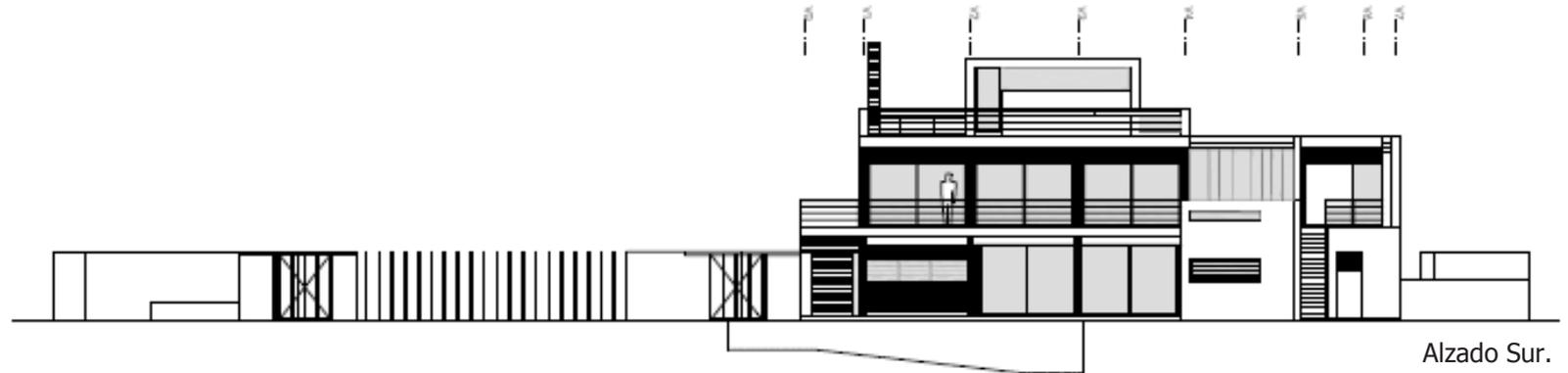


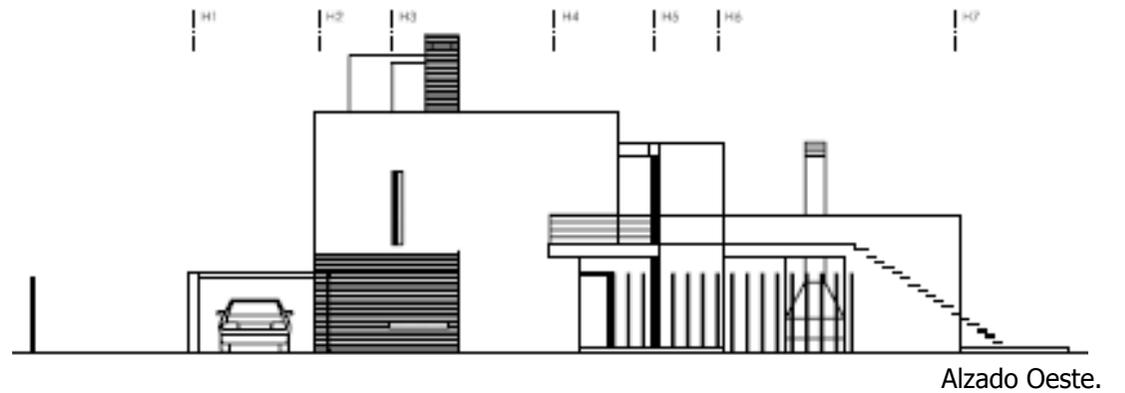
Imagen C-3.9

Croquis base del proyecto.



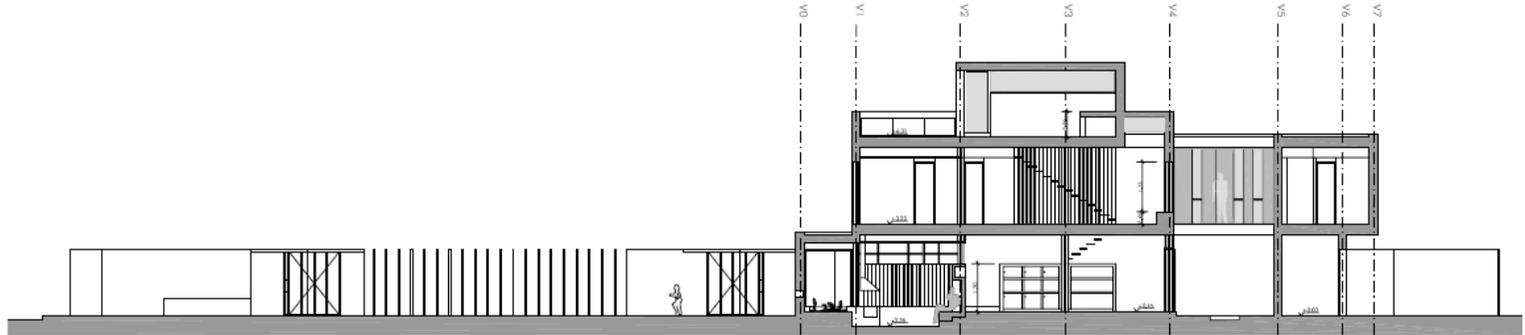
Imágenes C-3.9.1

Las habitaciones que no pertenecen al volumen principal: taller-laboratorio, área de invitados (a Oeste), cocina-oficio (a Sur), o vestíbulo-recibidor (a Este), se disponen con diferentes proporciones de hueco-macizo en sus paramentos, y/o texturas materiales diferenciadas, que dejan entrever su carácter secundario.





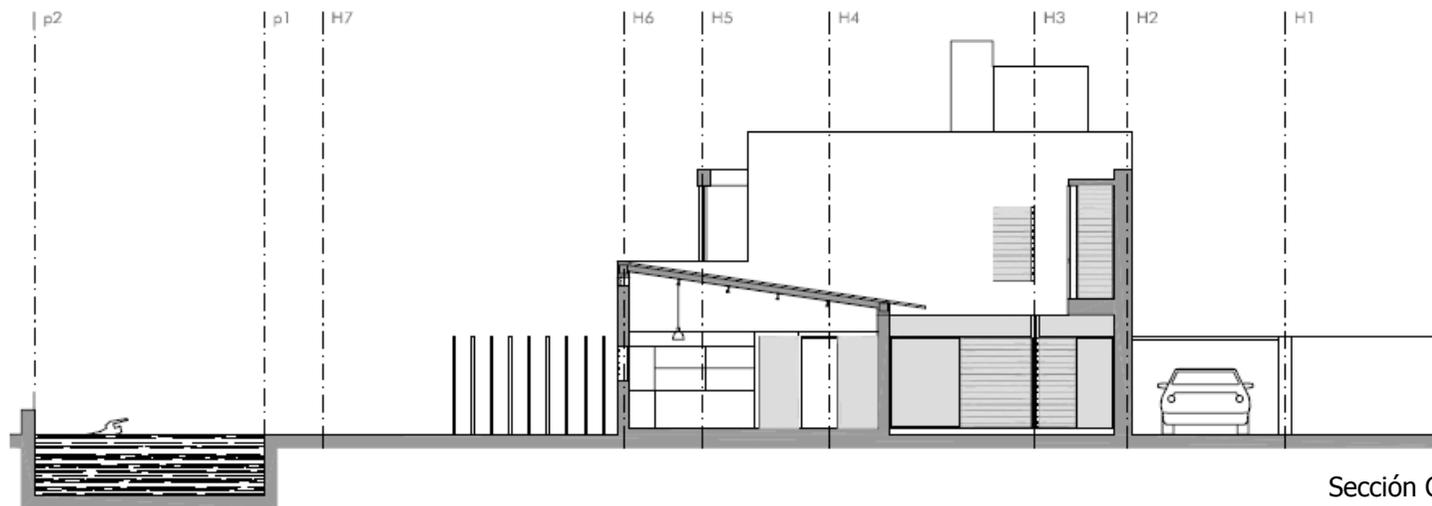
Imágenes C-3.9.2



Sección AA'



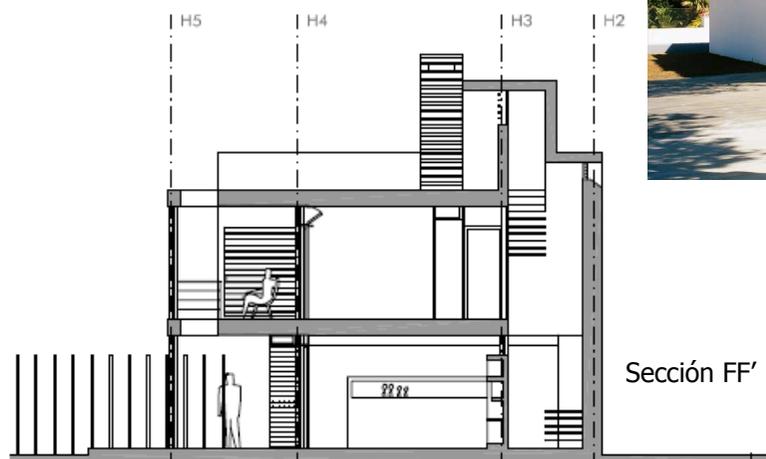
Sección BB'

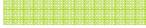


En la franja septentrional, se producen las circulaciones, tanto de personas como de vehículos (totalmente separadas del uso prioritario establecido en el área de espacios servidos, vinculados al espacio verde frente al conjunto edificado), buscando los distintos accesos a las habitaciones.



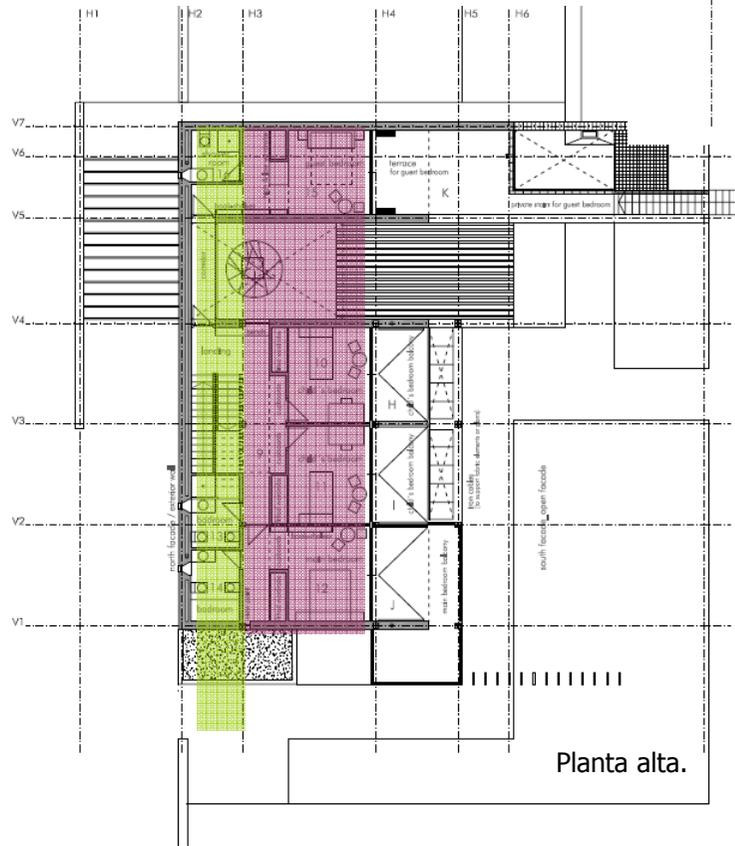
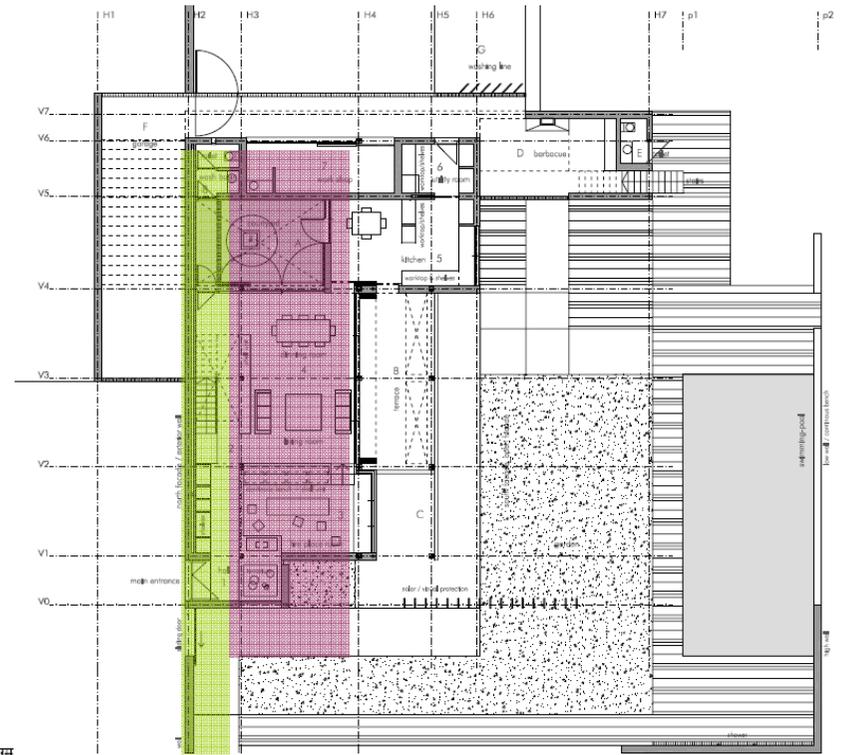
Imágenes C-3.9.3



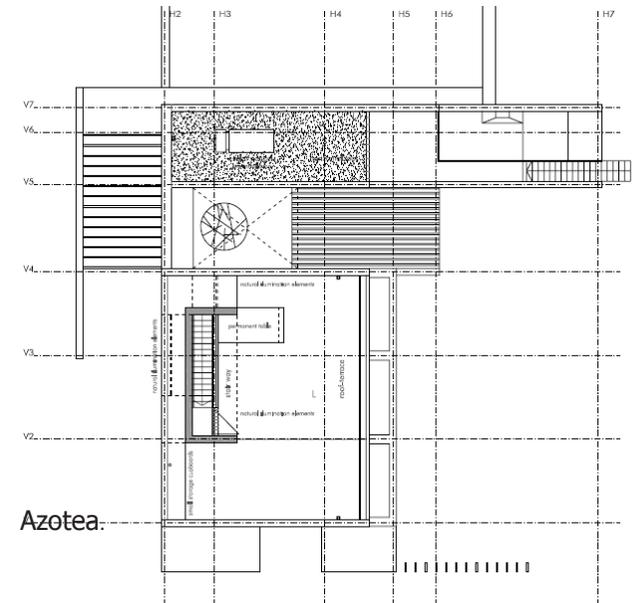
-  Espacios "sirvientes" a Norte.
-  Espacios "servidos" a Sur.

Espacios según el uso:

- Zona de "día" en planta baja.
- Zona de "noche" en planta alta.

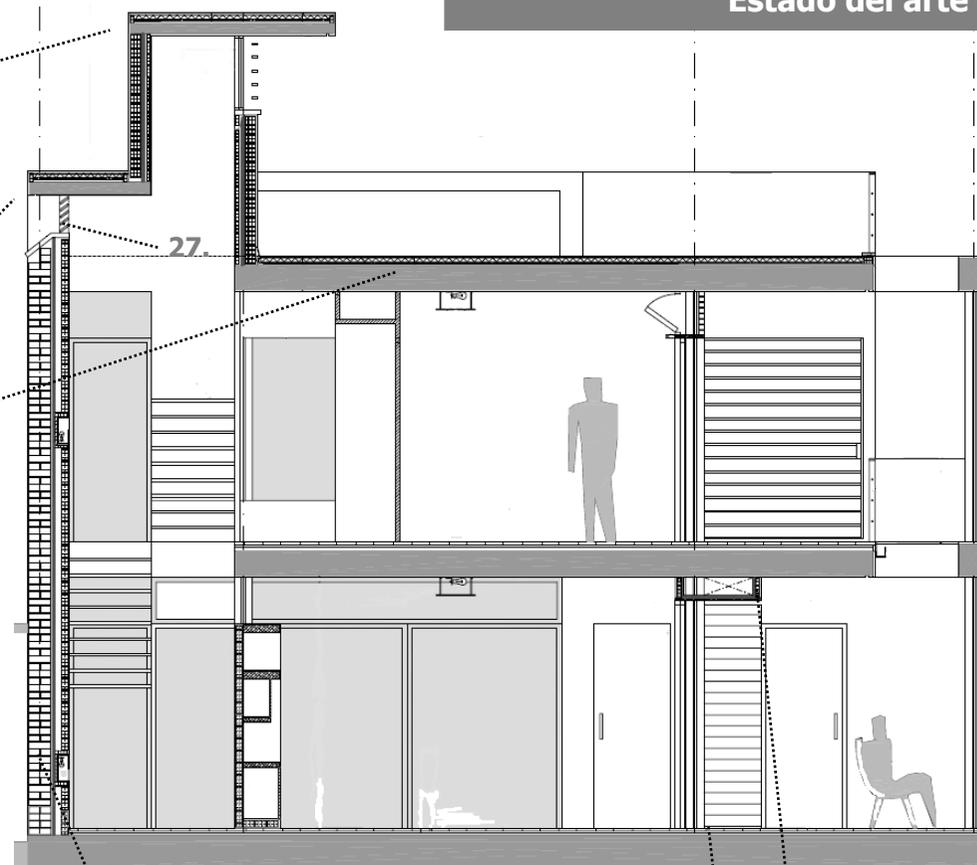


Planta alta.



Azotea.

- 04.** Formación de lucernario:
 a- losa apoyada en cerramiento (en tres lados del perímetro).
 b- formación de "cubierta plana" sobre dicha estructura.
- 06.** Revestimiento exterior: Aplanado de cemento sobre malla de fibra de vidrio para evitar desprendimientos; pintura pétreo: blanca.
- 05.** Formación de cubierta plana transitable:
 a- Forjado de viguetas auto resistentes + capa de compresión= 25 cm+5 cm.
 b- Barrera de vapor formada pro 1.5 kg./m2 de oxiasfalto.
 c- Capa de hormigón aligerado con pendiente del 3%, con espesor mínimo = 9 cm. y espesor medio= 14 cm.
 d- Capa de mortero de cemento y arena de río de 2 cm. de espesor.
 e- Lámina antipunzonamiento e impermeabilizante.
 f- Lámina de separación, tipo "velo 100".
 g- Aislamiento térmico, poliuretano proyectado, espesor= 5 cm, densidad 50 kg/m3 .
 h- Mortero de cemento y arena de río de dosificación 1:8, espesor= 2.5 cm armado con malla galvanizada.
 i- Ladrillo prensado 14x28 cm, tipo bonares, tomado con mortero 1:6.
- 10.** Ptos. de luz en el interior:
 a- Lámpara incandescente 100 w.
 b- Portalámpara atornillada a eje.



- 08.** Cerramiento tipo "c2":
 (en orden de exterior a interior).
 a- Aplanado espesor =1.5 cm. en ext.
 b- Fábrica de 1 pie de ladrillo perforado
 c- Mortero de cemento hidrófugo e=1 cm.
 d- Aislamiento poliuretano proyectado e=3 cm.
 e- Tabicón de ladrillo hueco doble e=7 cm.
 f- Aplanado de mortero de cemento e=1,5 cm.
- 13.** Solado: baldosas de terrazo de grano fino de, 40 x 40 cm tomadas con mortero.
- 16.** Cajón para instalaciones (luz y sonido), formado por ladrillo aplanado y pintado, con aislamiento térmico, sobre chapa.
- 27.** Lamas móviles para ventilación (plano de carpintería).

Módulos industrializados para vivienda plurifamiliar que optimizan el uso de la energía:

Propuesta de modulación, industrialización y optimización del rendimiento energético en el campo de la vivienda plurifamiliar, planteamiento que muestra el uso de un "modelo tipológico" organizado a partir de una "espinas técnica-industrializada" y de una "banda" que, a modo de patio canaliza la diferencia de potencial energético entre las orientaciones Norte y Sur del edificio que permite adaptabilidad espacial.



Geometría + Modulo técnico + Zona habitable + Galería-patio = Vivienda bloque Edificio habitacional

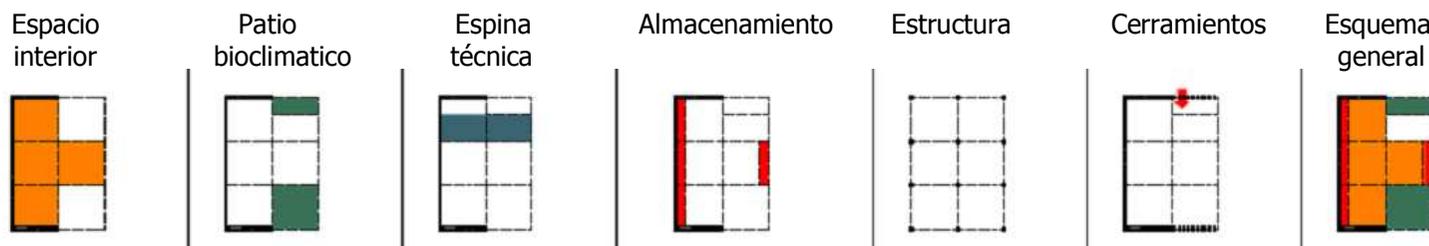
Imágenes C-3.9.4

El sistema constructivo general pretende adaptarse a las demandas personalizadas de los propietarios, con flexibilidad espacial e instalaciones bioclimáticas que se desarrollan en un sistema industrializado de varias fases combinables.

Flexibilidad- La configuración se compone de tres módulos que permiten:

- Modulo de espacios habitables (sala de estar, comedor, dormitorios).
- Modulo de espacios bioclimáticos (galería Sur y patio Norte) que acondicionan térmicamente la vivienda.
- Modulo técnico de instalaciones que agrupan las zonas húmedas.

Las posibilidades de combinación de estos módulos permiten obtener viviendas de una planta y duplex, de 1 dormitorio, de 2 dormitorios, y de tres dormitorios.



Vivienda 1 dormitorio.
Vivienda 1 dormitorio.

Espacio interior

Patio bioclimatico

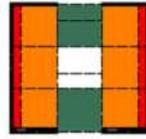
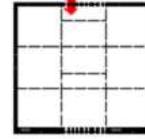
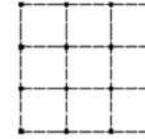
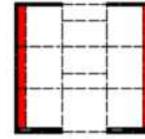
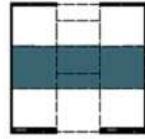
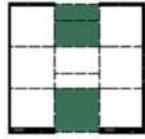
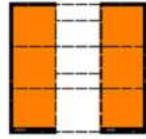
Espina técnica

Almacenamiento

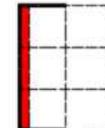
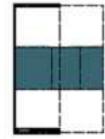
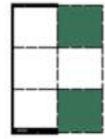
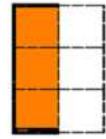
Estructura

Cerramientos

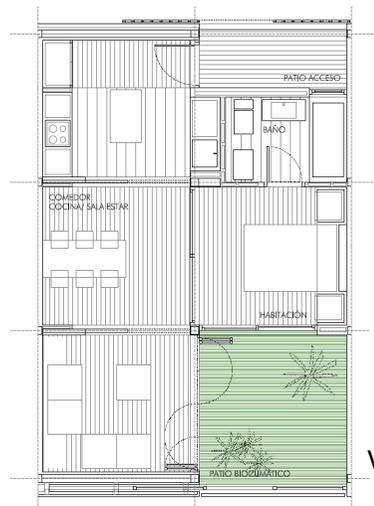
Esquema general



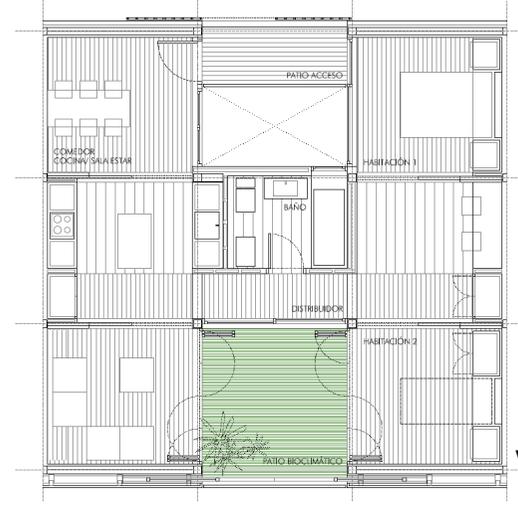
Vivienda 2 dormitorios.



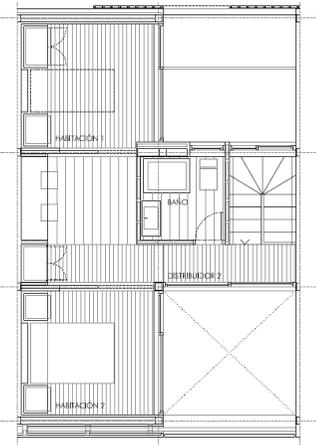
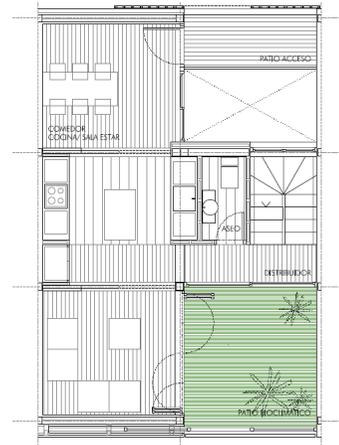
Vivienda duplex, 2 dormitorios.



Vivienda 1D.



Vivienda 2D.



Vivienda duplex 2D.

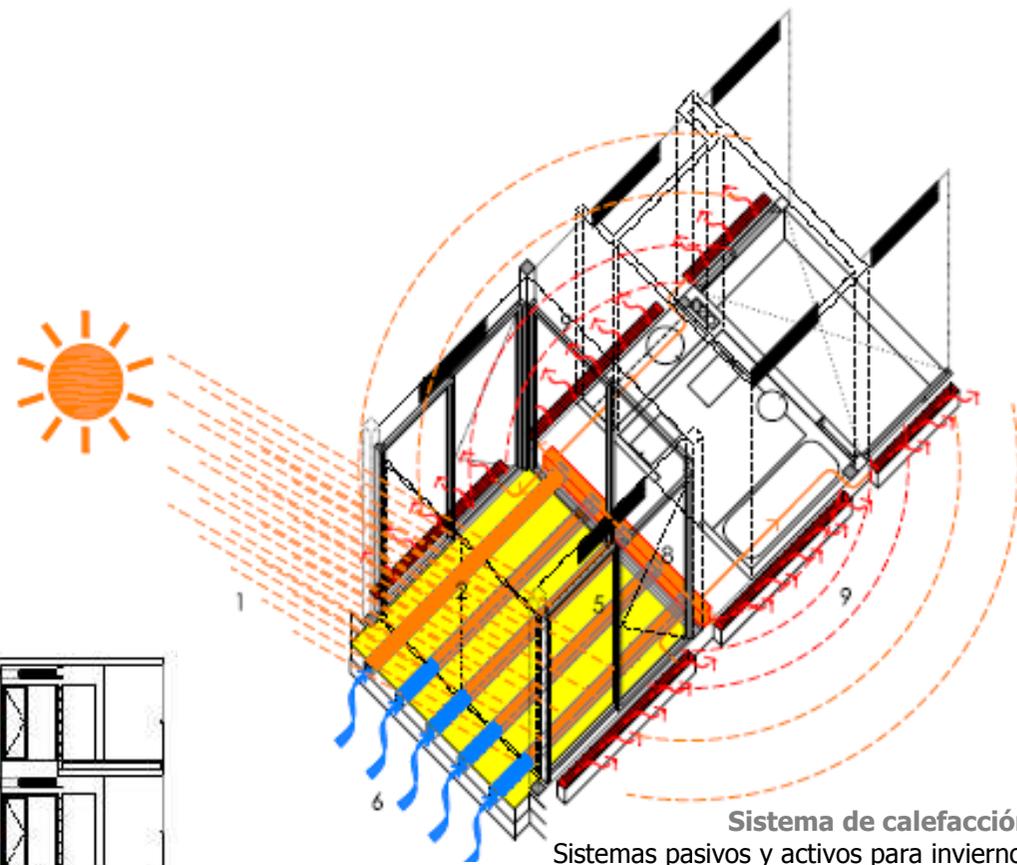
Imágenes C-3.9.5

Energética- La vivienda contiene dos espacios bioclimáticos; una galería acristalada al Sur que capta el soleamiento de invierno y un patio vegetal al Norte que incorpora humedad y viento en verano

- A.** Galería solar como caldera térmica natural.
1. Captación de radiación solar.
 2. Calentamiento de aire con efecto invernadero.
 3. Distribución del aire caliente mediante aireadores
 4. Evacuación del aire viciado.



Imágenes C-3.9.6

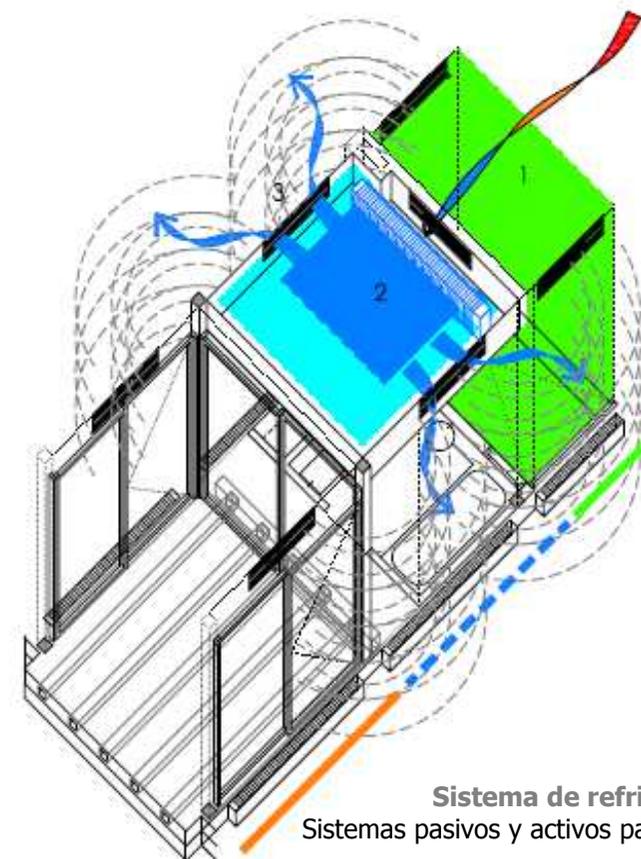
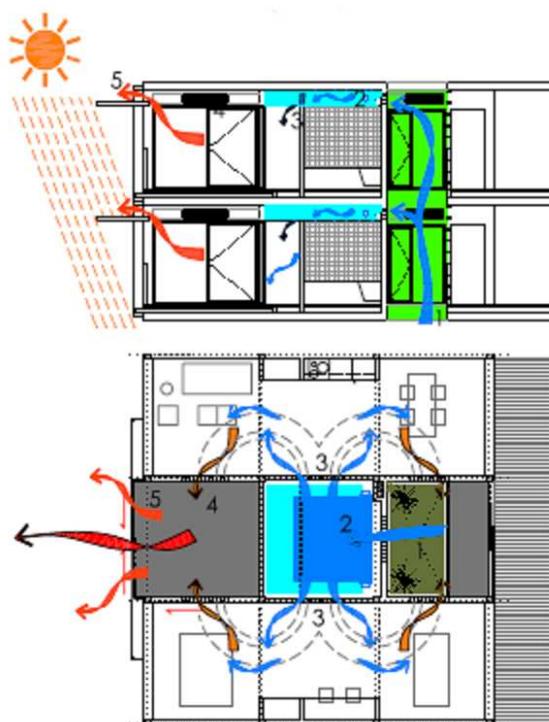


Sistema de calefacción
Sistemas pasivos y activos para invierno.

- B.** Pre calentamiento natural del aire del sistema calefactor.
5. Acumulación de calor aprovechando la inercia térmica del forjado.
 6. Captación del aire exterior para renovación natural.
 7. Intercambio de calor.
 8. Red de distribución de aire pre-tratado.
 9. Calentamiento final mediante termo convectores.

Espina técnica:

- Galería bioclimática.
- - - Núcleo húmedo técnico.
- Patio verde.



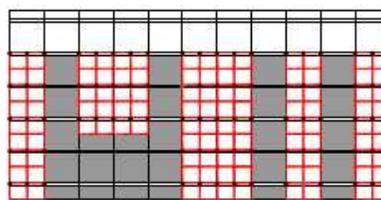
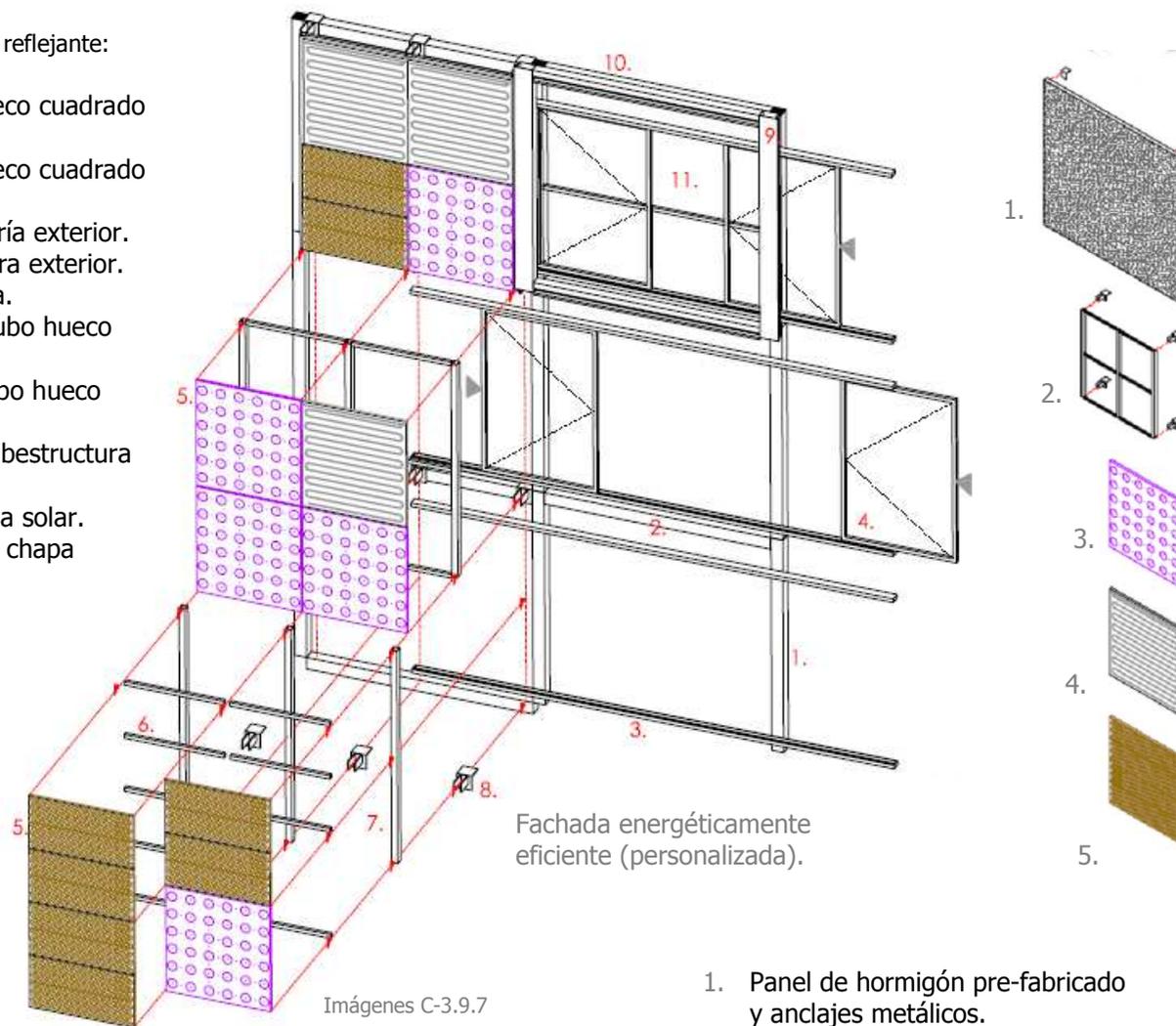
Sistema de refrigeración.
Sistemas pasivos y activos para verano.

1. Captación de aire enfriado del patio Norte.
2. Enfriamiento mediante máquina adiabática autónoma.
3. Impulsión de aire climatizado.
4. Extracción de aire caliente, vaciado a través de aireadores.
5. Extracción por tiro natural (chimenea solar).

La propuestas del despacho *Ruiz-Larrea y Asociados* (creadores del proyecto) además de la estrategia Bioclimática y de fácil modulación al interior para ahorro energético, también pretende la autosuficiencia de energía, colocando módulos contenedores de paneles térmicos para agua caliente sanitaria y fotovoltaicos coherentes con la radiación solar.

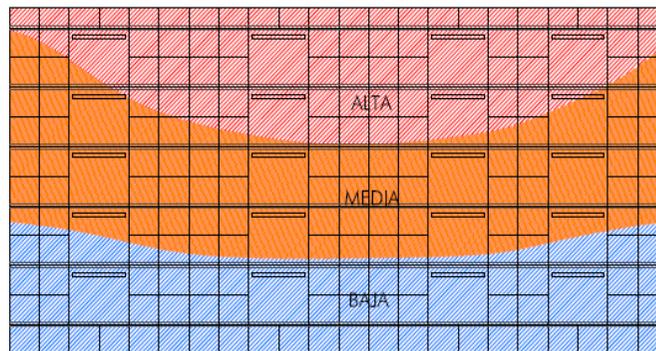
Techo de lamina ligera reflejante:

1. Pilar de tubo hueco cuadrado 160x160x8.
2. Viga de tubo hueco cuadrado 160x160x8.
3. Guía de carpintería exterior.
4. Ventana corredera exterior.
5. Panel de fachada.
6. Travesaños de tubo hueco 50x50x5.
7. Montantes de tubo hueco 100x80x5.
8. Anclajes de la subestructura de fachada.
9. Jamba- Chimenea solar.
10. Embellecedor de chapa plegada.
11. Galería solar.

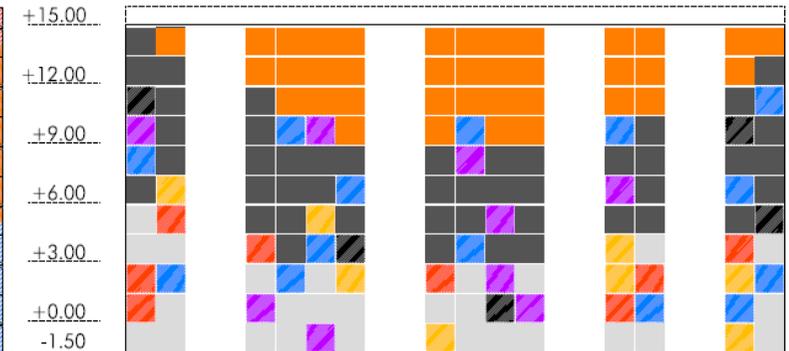




Alzado exterior Sur, Pieza Sur.



Mapa de radiación solar.



■ Fotovoltaicos.

■ Térmicos (ACS).
 ■ Cerámicos

■ Envoltente bioperfectible.



Sección longitudinal.

Casos donde se evalúan comparaciones en viviendas que integran técnicas constructivas para conseguir eficiencia térmica y energética.

Mejoramiento de una vivienda edificada en La Plata, Argentina:

Propuesta de mejoramiento a una vivienda existente ubicada en La Plata Argentina, proyecto supervisado por el asesor ambiental Arq. Jorge Czajkowski en el año 2006.

Características de la vivienda:

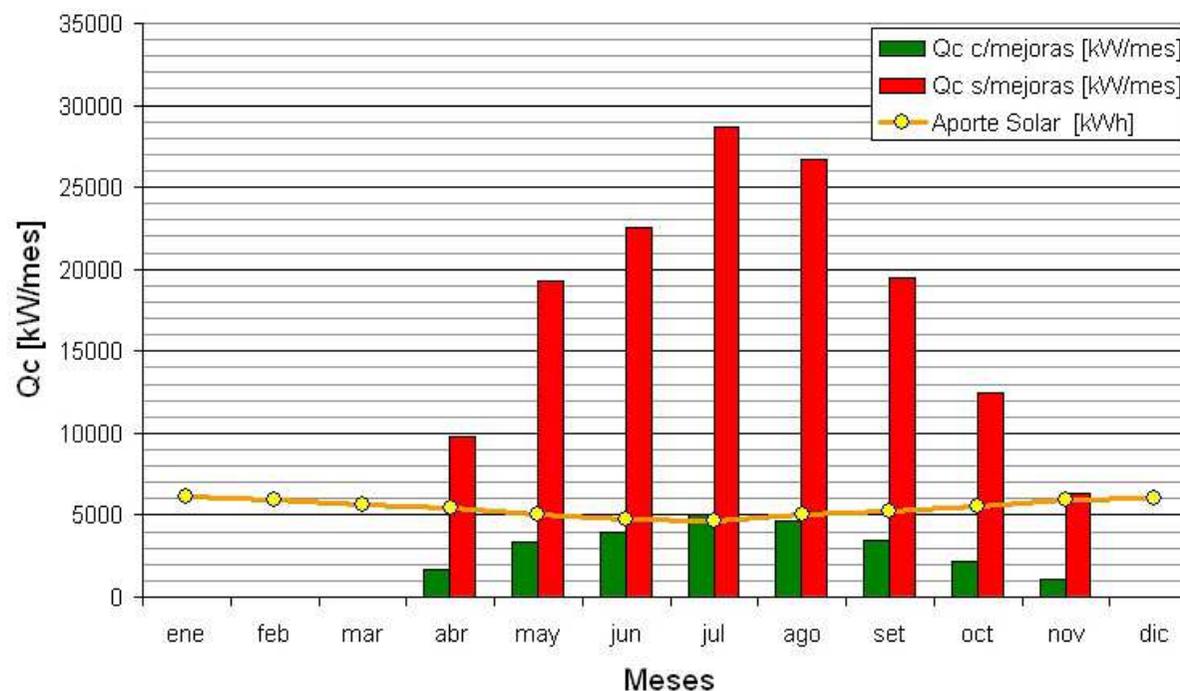
- Vivienda unifamiliar de 186 m² cubiertos.
- Terreno de 12 m x 60 metros.
- El partido es tipo U con patio central seco hacia el cual dan todos los locales principales.
- La planta alta con forma de L se orienta hacia el norte.

Soluciones constructivas:

- Techo chapa: 25 Mm. PUR 30 kg/m³, cámara de aire, lana de vidrio 50mm 11 kg/m³ con foil aluminio y placa yeso de roca 12 mm. [K= 0,40 W/m².K].
- Techo invertido: Losa de H^ºA^º, 80 Mm. de EPS 30 kg/m³ sobre la membrana hidráulica, 60 Mm. de arcilla expandida. [K= 0,33 W/m².K].
- Carpinterías de aluminio y DVH [K= 2,86 W/m².K].
- Se eliminaron puentes térmicos.
- Preparada para equipos agua caliente y electricidad solar.
- Poliuretano 25 Mm. proyectado sobre la chapa (lámina) de acero galvanizada.
- Poliestireno expandido 50 Mm. densidad 30 kg/m³.
- Doble muro de ladrillos huecos de 80 Mm. revocado en ambas caras.
- Lana de vidrio 50 Mm. con foil aluminio. galvanizada.



Comparación:



Imágenes C-3.9.9.1

La grafica expresa la demanda de energía para calefacción, en dos escenarios: sin mejoras, y con las mejoras implementadas.

El consumo comparativo de energía fue:

- Convencional: 1,027 Kwh/m²/año.
- Eficiente: 180 Kwh/m²/año.

El gasto anual real surgido de una auditoria energética fue de USD\$354, lo que muestra una diferencia de -1,43% con el calculado (sin descontar agua caliente sanitaria y cocción de alimentos; para una temperatura "confort" interior 20°C).

El ahorro en calefacción a lo largo de una vida útil estimada de 30 años sería de \$48,959USD y la inversión en aislamiento se amortiza en 3.6 años.

Presentación de vivienda ecológica para la Asociación Nacional de Energía Solar (ANES) en el Fraccionamiento "Hacienda las Torres", ciudad de Juárez, Chihuahua:

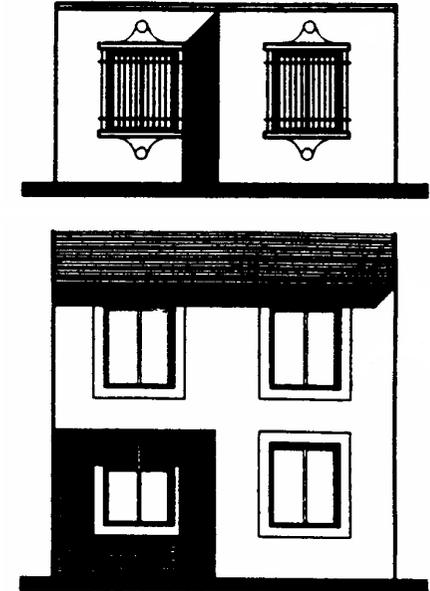
En el fraccionamiento "Las Torres" de ciudad Juárez en Chihuahua, México; se edificaron viviendas en donde se incorporan criterios constructivos que aprovechan las características del medio en el sitio para acondicionar el espacio interior.



El prototipo de la promotora repetido miles de veces en un clima con amplitudes térmicas promedio de hasta 27 °C (extremoso) en Ciudad Juárez, Chihuahua.



Como estrategias tecnológicas para ahorro energético, a las viviendas se integraron dispositivos ahorradores y paneles térmicos para agua caliente sanitaria.



Proyecto de cambio de fachada posibilidad de crecimiento a dos niveles.



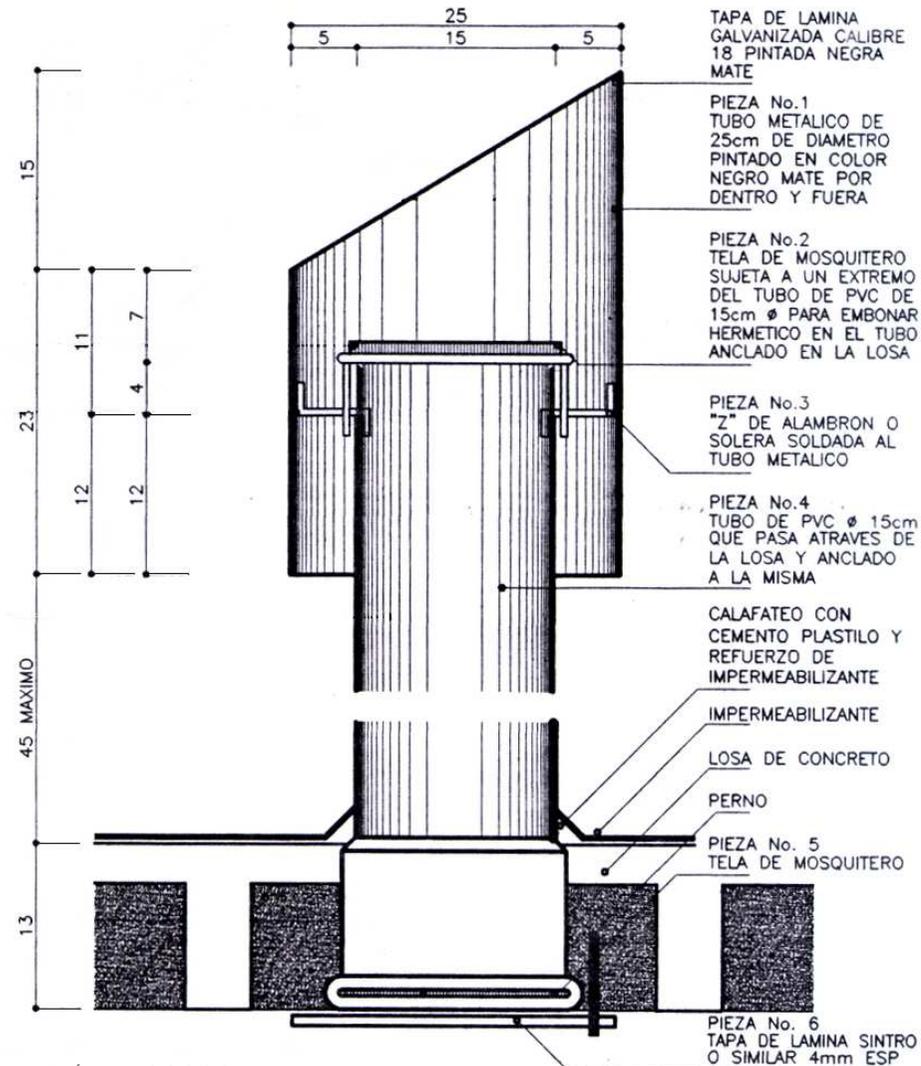
Imágenes C-3.9.9.2



Además de la disminución de energía a través de tecnología, la propuesta pretende proporcionar una sensación térmica mas cómoda para a el usuario sin recurrir al uso de aparatos activos convencionales.

La chimenea solar extrae el aire caliente de la casa en época de verano. La introducción de aire con la temperatura de subsuelo permite recibir ventilación con la temperatura media del sitio.

La introducción de aire con la temperatura de



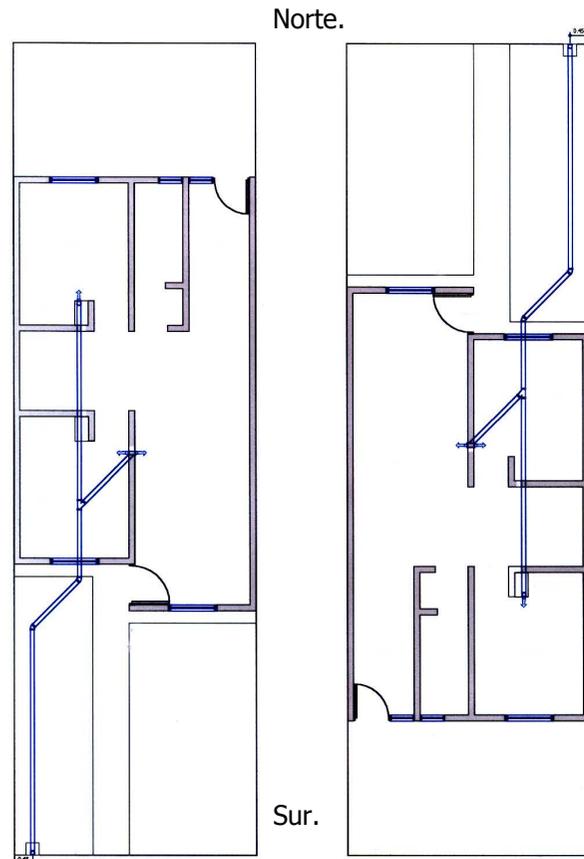
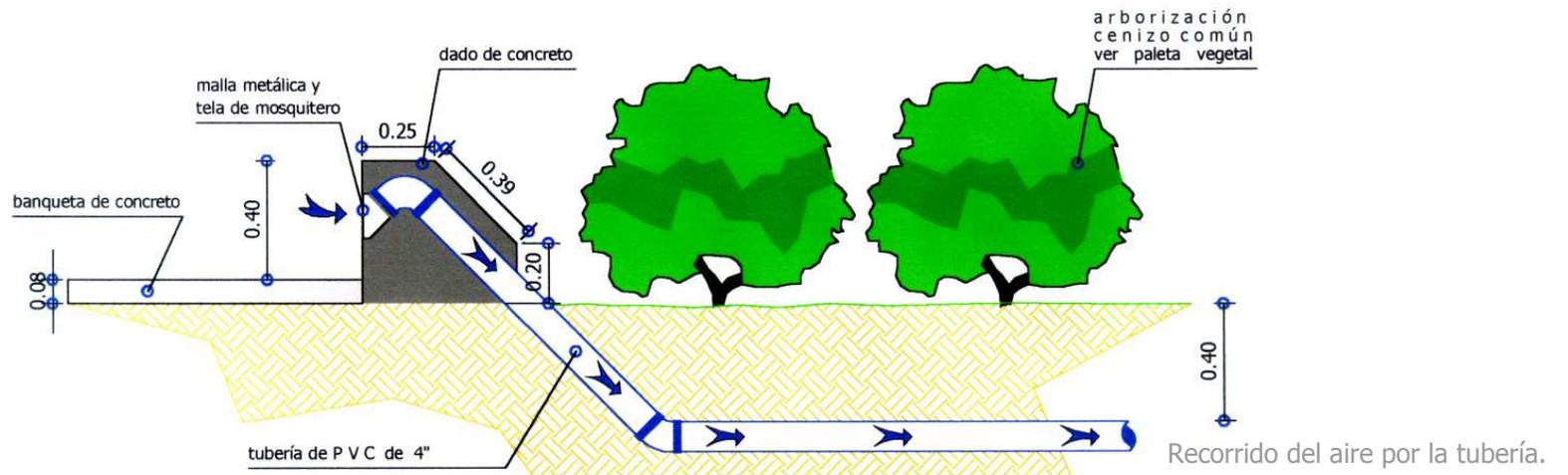
Imágenes C-3.9.9.3



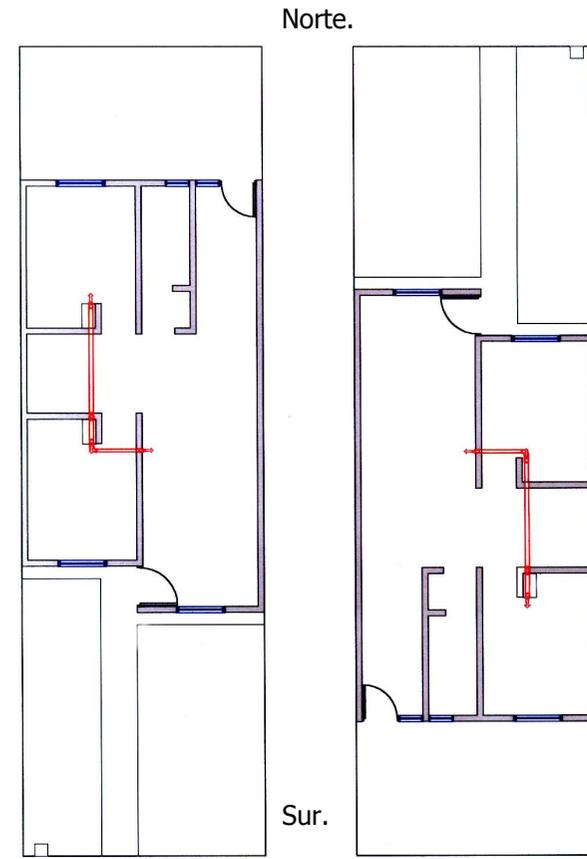
Chimenea solar.



Entrada de aire al subsuelo.



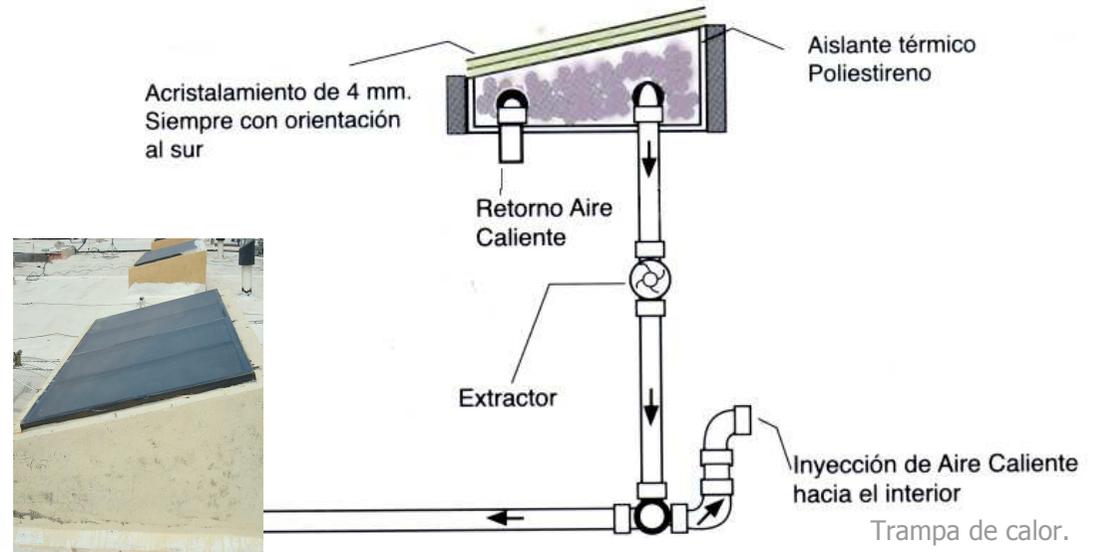
Planta de la vivienda con tubería para enfriamiento con ventilación inducida por convección.



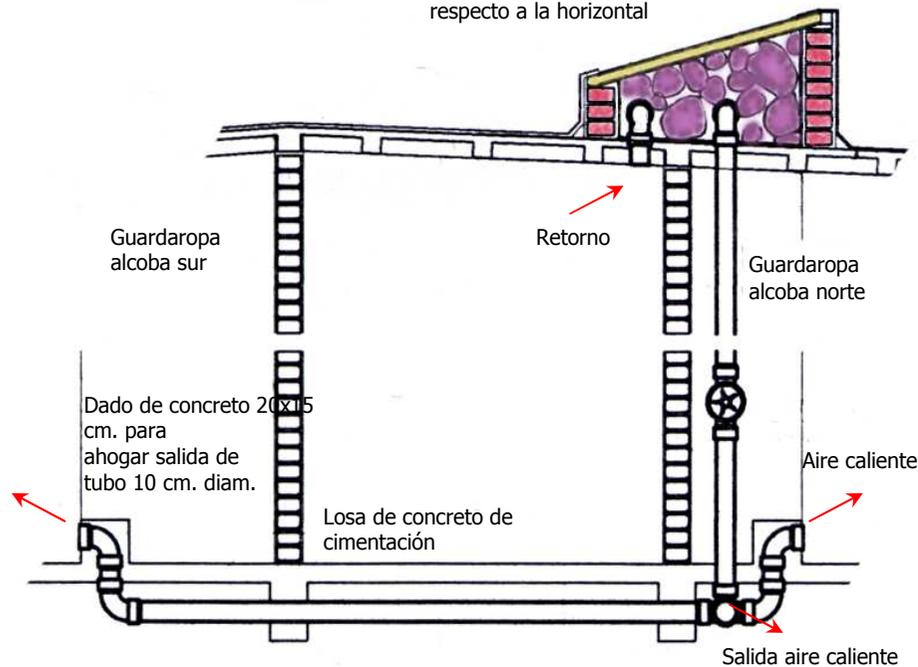
Planta de la vivienda con tubería para calentar por radiación y convección.



Detalle de tubería hacia trampa de calor y habitaciones:



Inclinación del cristal 15° respecto a la horizontal



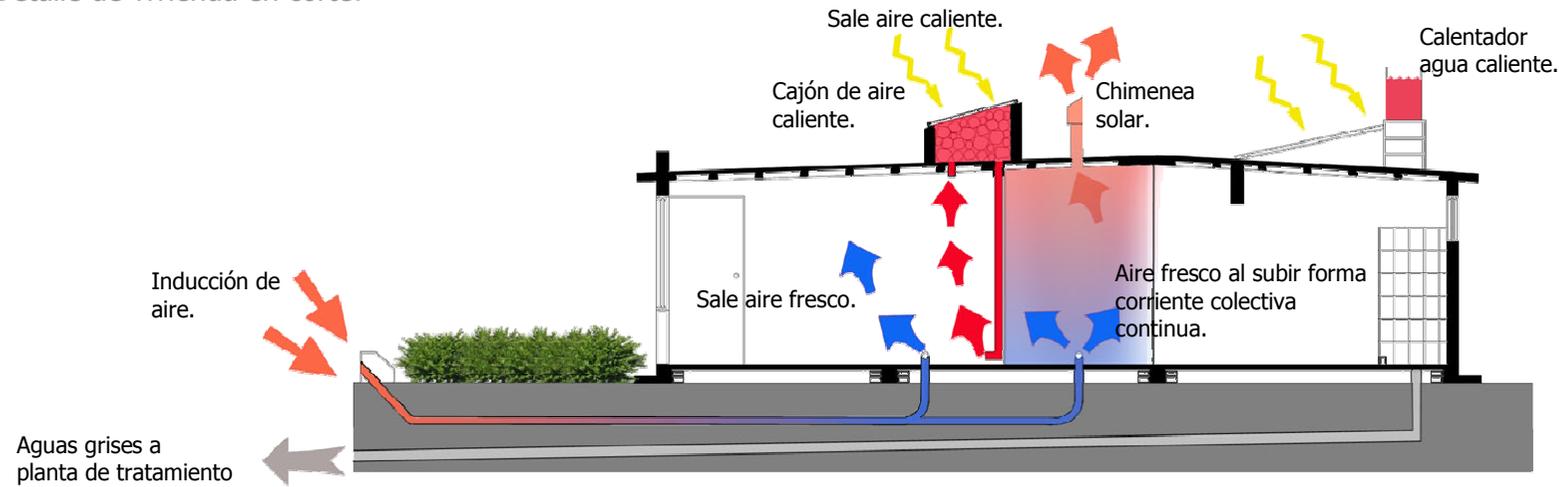
Imágenes C-3.9.9.5



Salidas y retornos.

Imágenes C-3.9.9.6

Detalle de vivienda en corte:



Análisis con acopio de datos en campo:



Imágenes C-3.9.9.7

Comparación de casas con la integración de estrategias constructivas.



Medición de temperaturas en sitio.

Para comprobar el funcionamiento de las estrategias utilizadas en las viviendas se visitó una casa; según la información recabada en sitio en entrevista con el habitante. El usuario comenta que el sistema hace aproximadamente un año está estropeado, aunque previo al deterioro, el sistema se accionaba con un apagador convencional que permitía trabajar un extractor eléctrico. Una vez accionado, y pasado un periodo entre los 10 a 15 min. en época estival la vivienda empezaba a refrescar (según palabras del usuario) y se mantenía así mientras el extractor permaneciera encendido.

En época invernal la vivienda utiliza un pequeño calefactor de radiantes a gas, ubicado en la zona de la estancia, según lo mencionado: "aunque el sistema de calefacción este encendido es insuficiente, y solo mantiene calida una sección de la vivienda, sin embargo, cuando permanecían encendidos ambos sistemas la vivienda se mantenía calida de manera uniforme".

El habitante se manifestó en el hecho de que no existía la sensación de un flujo de aire caliente que ingresara al interior por las rendijas, haciendo hincapié en que no trabajaba introduciendo aire al interior, sino que: "únicamente mantiene el calor o el frío según la temporada".

Simulación para análisis térmico en la unidad básica de vivienda edificada en Chihuahua, México:

La unidad básica de vivienda (UBV) de protección social, conocida comúnmente en México como vivienda progresiva o "pie de casa", es una vivienda que se financia a través de políticas públicas con aportaciones federales y estatales. El costo aproximado es de hasta 80 veces el salario mínimo mensual, esta dirigida a las familias con ingresos menores a 3 salarios mínimos.

La unidad básica de vivienda edificada por el Instituto de la Vivienda en el Estado de Chihuahua, cubre una superficie total de 23.76 mts.2, en un terreno con la superficie mínima que establece la normativa de Chihuahua (120 mts.2). Se pretende que el propietario crezca gradualmente la superficie de la casa.

Con la asesoría del Dr. Luís Carlos Herrera Sosa, el postulante para Arquitecto Héctor Edel Olivas Flores presenta como tesis de grado el resultado de un análisis térmico comparativo, en donde describe el sistema constructivo tradicional y algunos materiales de la UBV y los reemplaza para obtener mayor retraso térmico entre el exterior y el interior.

Se sustituye la envolvente la vivienda compuesta por block hueco de concreto y de block simple en pretilas, por muros de tabique de barro rojo cocido (ladrillo) con una cámara de aire, además reemplaza la losa de cimentación de cemento y acero (hormigón) por zapatas aisladas de concreto, (en la propuesta se respeta la dimensión construida, distribución de espacios, superficie del lote, orientación y acabados de la UBV).

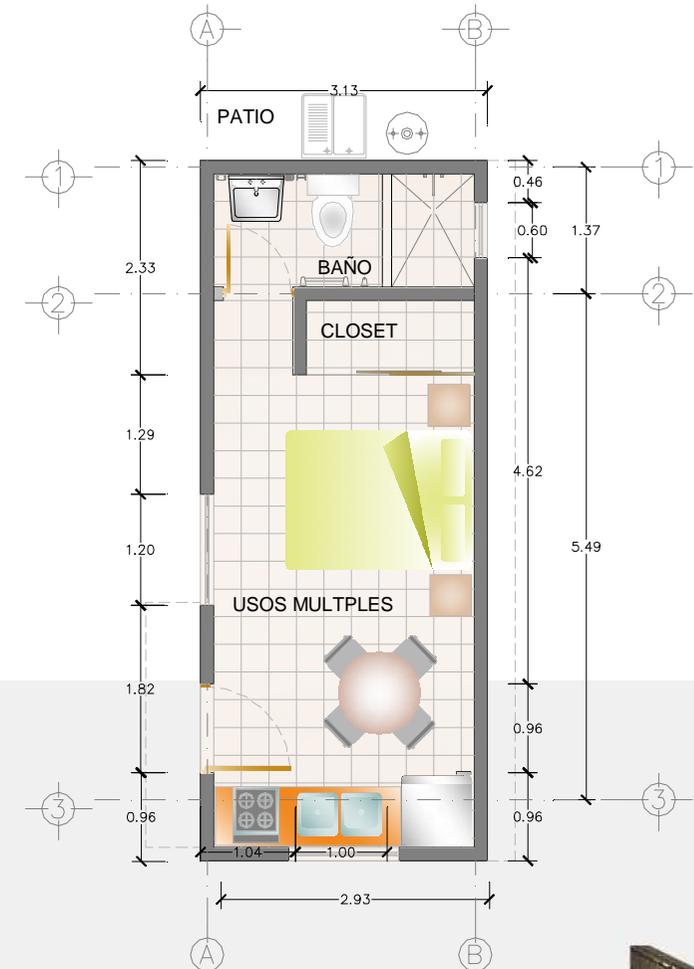
Construcción tradicional:

- Losa de cimentación de concreto armado de 10 cm. de esp. con concreto $f'c = 200 \text{ kg/cm}^2$ incluye: acero con varilla corrugada $f_y = 4,200 \text{ Kg/cm}^2$ de 3/8" y armadura prefabricada tipo 15x15-3 en muros de carga y perimetralmente de 5 cm.
- Muro de block de concreto hueco de concreto de 15 cm. de espesor, asentado con mortero cemento-arena 1:4, acabado a paño en ambas caras.
- Castillo ahogado en block de concreto de 15 cm. de espesor armado con 1 varilla de 3/8", $f'c = 4200 \text{ kg/cm}^2$ y relleno concreto $f'c = 150 \text{ Kg/cm}^2$.
- Cerramiento de block "know-out" de concreto sección de 15 x 20 x 40 cm. con armadura de 15x15-2 $f'y = 5000 \text{ kg/cm}^2$ y relleno de concreto $f'c = 150 \text{ Kg/cm}^2$.



Edificación tradicional con muros sencillo de block.

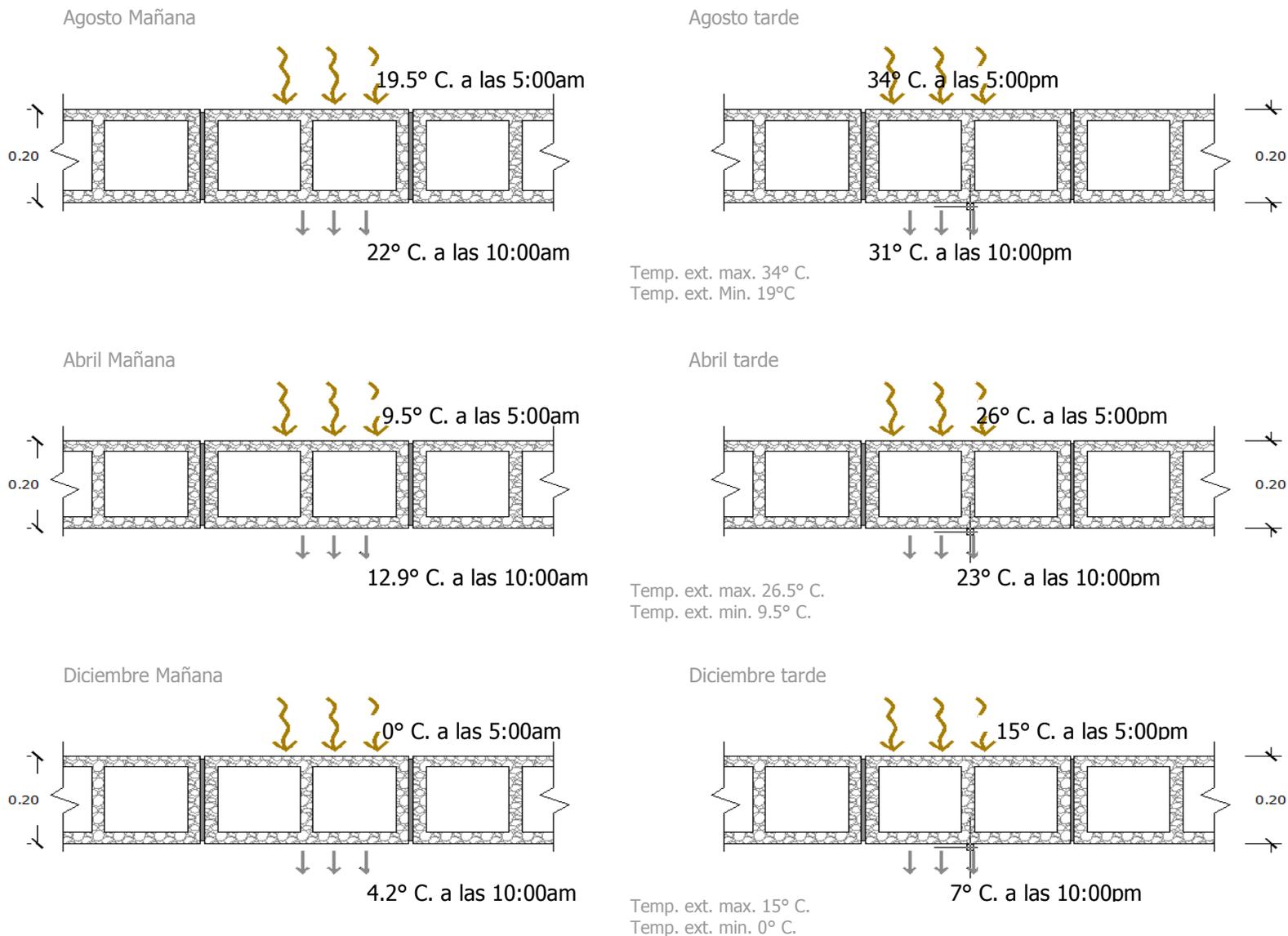
- Enrase de muro de block de concreto 15x20x40 cm. asentado con mortero cemento-arena prop. 1:4.
- Losa aligerada con casetón de poliestireno expandido de 7 x 50 x 60 cm., peralte de 12 cm. incluye cimbra aparente, reforzado con acero No. 3 (3/8") $f'_{y}=4,200 \text{ kg./cm}^2$ y concreto premezclado $f'_{c}=200 \text{ kg/cm}^2$ y agregado máx. de 3/4".
- Pretel de block de concreto de 15x20x40, asentado con mortero cem-arena 1:4; relleno de concreto de $f'_{c}=100 \text{ kg/cm}^2$, chaflán de 15x15 cm. de pedacería de block de concreto asentado con mortero cemento-arena 1:4.
- Ventanearía con carpinteras de aluminio sin anodizar, perfil de 1-1/2" tipo corrediza, con vidrio simple opaco y mosquitero, sellado a base de silicón.
- Puerta exterior metálica modular de 90x206 cm. tipo multipanel lisa.
- Aplanado en exteriores, con mortero cemento-arena 1:4, de 2.0 cm. de espesor, hasta una altura de 3.00 m.
- Yeso en muros interiores y plafones.
- Piso de duela vinílica de 2 mm. de espesor de 60.9 x 10.8 cms.
- Pintura vinílica en muros interiores y exteriores de la vivienda.



Sección A-A'

Para determinar el amortiguamiento de la temperatura en los materiales se analiza el paso del calor en un segmento del muro durante los meses de Agosto, Abril y Diciembre.

Muro de block hueco (utilizado en la edificación tradicional de la UBV):



La investigación compara varias disposiciones del tabique rojo cocido (ladrillo) durante los mismos periodos, muro simple de ladrillo (producido y utilizado comúnmente en Chihuahua), con cámara de aire rellena de concreto, con cámara de aire rellenos de arena, hasta considerar la propuesta de tabique rojo con cámara de aire.

Muro doble de tabique rojo "ladrillo" con cámara de aire rellena de concreto:

	Mañana:	Tarde:
Agosto -	19.5° C. a 21° C.	34° C. a 30° C.
Abril -	9.5° C. a 12° C.	26° C. a 24° C.
Diciembre-	0° C. a 3° C.	15° C. a 6.3° C.

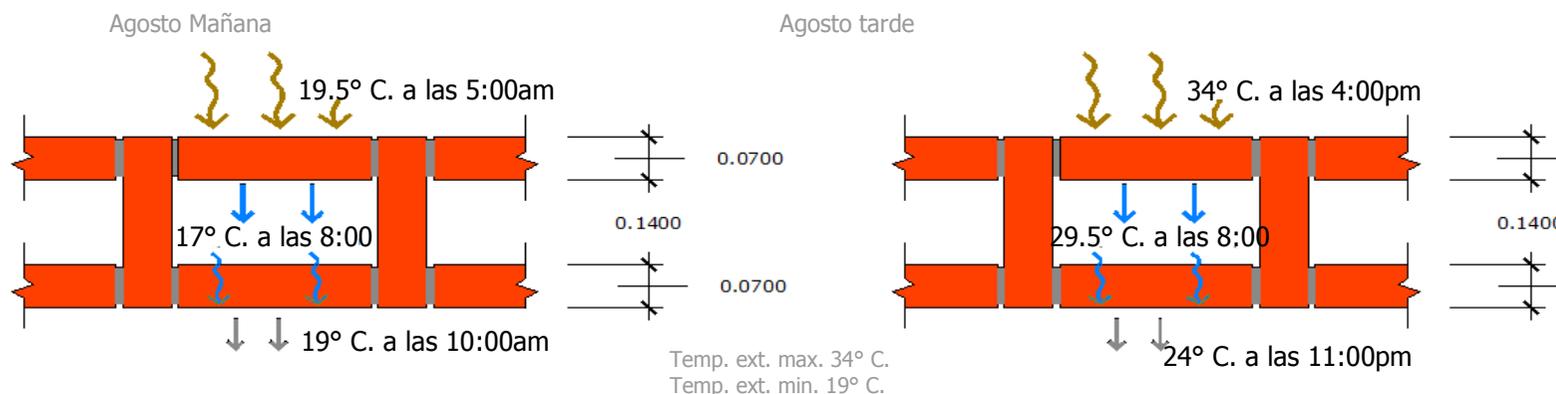
Muro doble de tabique rojo "ladrillo" con cámara de aire rellena de concreto:

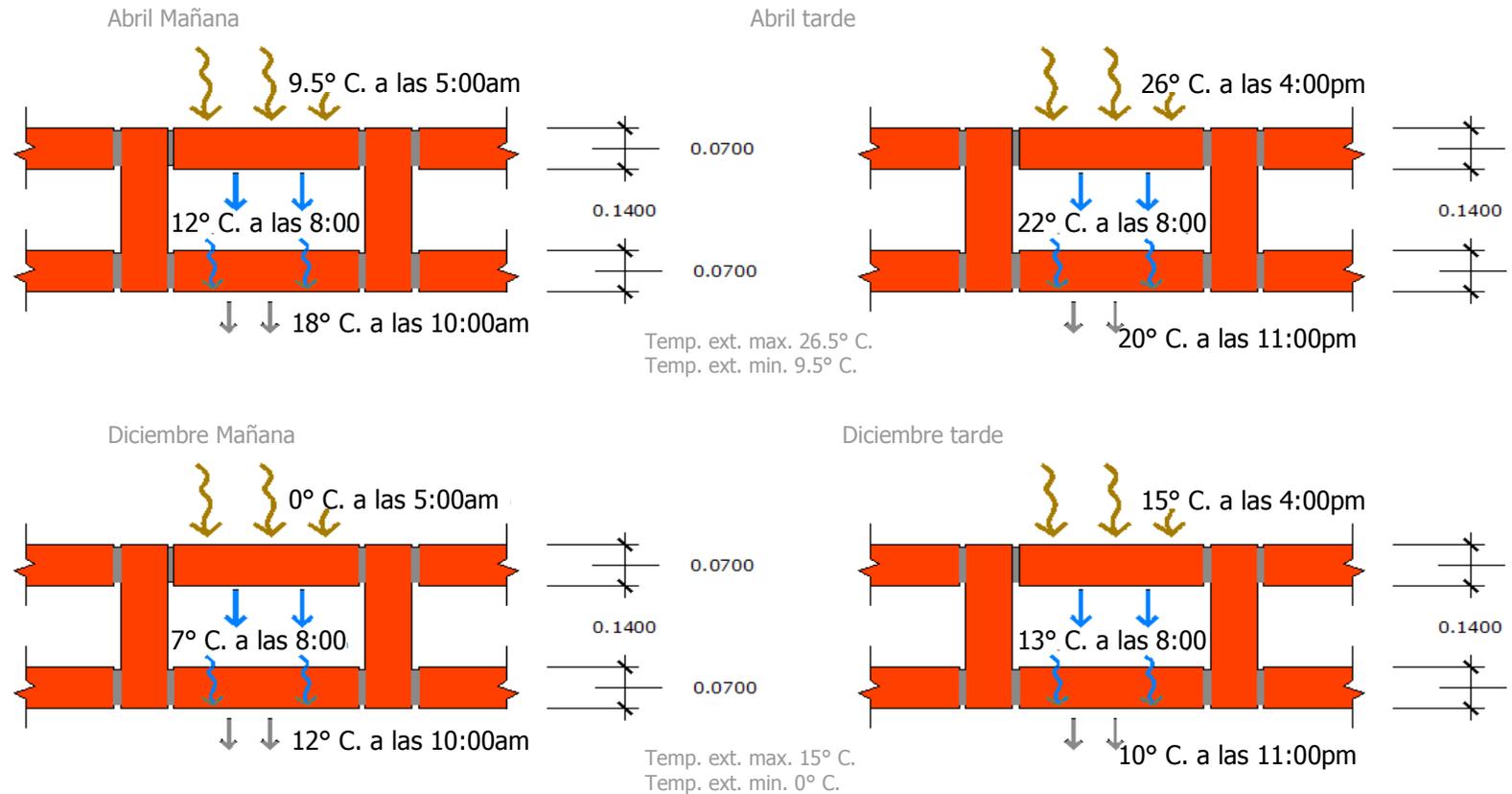
	Mañana:	Tarde:
Agosto -	19.5° C. a 16.8° C.	34° C. a 23° C.
Abril -	9.5° C. a 19° C.	26° C. a 19° C.
Diciembre-	0° C. a 11° C.	15° C. a 11.5° C.

Muro doble de tabique rojo "ladrillo" con cámara de aire rellena de arena:

	Mañana:	Tarde:
Agosto -	19.5° C. a 16° C.	34° C. a 22.8° C.
Abril -	9.5° C. a 21.1° C.	26° C. a 21° C.
Diciembre-	0° C. a 14° C.	15° C. a 11.4° C.

Propuesta: muro doble de tabique rojo "ladrillo" con cámara de aire:





Para la comparación térmica entre la vivienda existente y la propuesta, se utilizó el software de simulación "Desing Building" que incorpora la herramienta "Energy Plus". La simulación por software integra un mayor número de factores, pretendiendo un resultado mas objetivo.

La metodología para la evaluación requiere agregar los datos del sitio: temperaturas de bulbo seco y de rocío exterior, velocidad y dirección del viento, elevación y acimut solar, presión atmosférica, radiación normal directa y difusa; y los periodos de tiempo:

- Del 11 al 17 de Abril.
- Del 11 al 17 de Agosto.
- Del 11 al 17 de Diciembre.

Así mismo, se han incorporado para cada vivienda y en cada periodo de tiempo: humedad relativa y temperaturas del aire, radiante y operativa para valorar la temperatura "confort". Para análisis de las ganancias internas de la vivienda se considero la iluminación general, la ocupación y las ganancias solares por ventanas exteriores (datos en Kw/m.2); se integraron elementos constructivos y parámetros de ventilación para considerar las renovaciones de aire y el balance térmico del edificio (acristalamiento, muros, suelos sobre terreno, particiones, cubiertas, puertas y rejillas, ventilación natural al interior, aire exterior, y suma de la ventilación natural mas la infiltración).

Como resultado del análisis grafico en la vivienda tradicional o de block:

Abril- Con la vivienda únicamente con block, en opción diaria o semanal del 11- 17 se observa que la temperatura máxima registrada es de 27° C. vs. 18.5° C. como la mínima. Las ganancias registradas por el muro en esta temporada son de .04 Kw./m2 y las perdidas de -.01 Kw./m2.

Agosto- Con la vivienda de block y un sistema de refrigeración diario en la simulación, en la opción diaria o semanal del 11- 17, se observa que la temperatura máxima registrada es de 27.5° C vs. 24.8° C como la mínima. Las ganancias registradas por el muro en esta temporada con de .06 Kw./m2 y las perdidas de -.02 Kw./m2.

Diciembre- Con la vivienda de block y un sistema de calefacción diario, en la opción diaria o semanal del 11- 17, se observa que la temperatura máxima registrada es de 21.2° C vs. 18.5° C como la mínima. Las ganancias registradas por el muro en esta temporada con de .00 Kw./m2, mientras que las perdidas son de -.09 Kw./m2.

Propuesta:

Sustitución material y cimentación:

- Zapata aislada ZC-1 de concreto armado de 15x60cms.; con 3 var. #3 y 1 var. #3 @ 20 cms y concreto simple $f'c=200k/cm^2$.
- Muro doble de ladrillo de 7x14x28 cm., con cámara de aire de 13 cm de espesor, con acomodo cuatrapeado y rotando un ladrillo 90` cada 3 hiladas.



- Enrase de ladrillo regular 7x14x28 cm. asentado con mortero cemento-arena prop. 1:4 acabado a paño en exterior e interiores.
- Pretil de ladrillo 7x14x28 asentado con mortero cem.-arena 1:4; con relleno de concreto de $f'c=100 \text{ kg/cm}^2$, chaflán de 15x15 cm. de pedacería de ladrillo asentado con mortero cemento-arena 1:4 y remate de ladrillo tipo cerámico o industrial.



Los ladrillos para construcción empleados en Chihuahua se fabrican de manera artesanal; con una mezcla de arcilla, materia orgánica (aserrín, virutas o paja) y agua; para formar una pasta homogénea y plástica que se moldea en bloques rectangulares de 7 x 14 x 28 cm.

Resultado del análisis grafico de la propuesta:

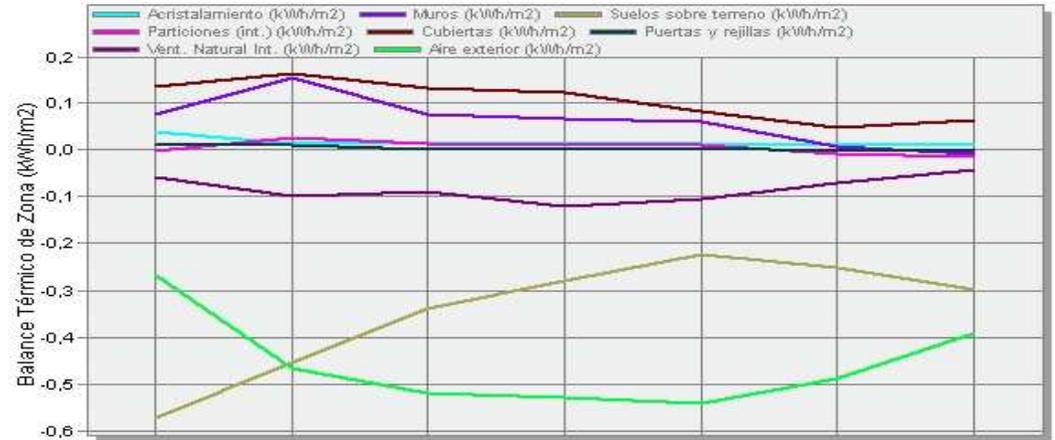
Abril- Después de observar las comparaciones de las gráficas en la modificación de ladrillo con cámara de aire en la opción diaria o semanal del 11-17, se observo que la temperatura máxima registrada es de 25.3° C.vs. 19.4° C como la mínima.

Las ganancias registradas por el muro en esta temporada son de .025 Kw./m2 y las pérdidas de -.02 Kw./m2.

Agosto- En la simulación con cámara de aire de ladrillo y refrigeración, con la opción diaria o semanal del 11- 17, se observó que la temperatura máxima registrada es de 27.3° C vs. 21.7° C. como la mínima. Las ganancias registradas por el muro en esta temporada son de .02 Kw./m2 y las perdidas de -.01 Kw./m2.

Diciembre- Con cámara de aire de ladrillo y calefacción, en la opción diaria o semanal del 11- 17, la temperatura máxima registrada es de 21° C vs. 19.1° C. como la mínima. Las ganancias registradas por el muro en esta temporada son de .015 Kw./m2, mientras que las pérdidas son de -.02Kw/m2.

Abril:



EnergyPlus.

Agosto (con refrigeración):



EnergyPlus.

Diciembre (con calefacción):



EnergyPlus.

Imágenes C-3.9.9.9

La variación de utilizar el tabique rojo o ladrillo con una cámara de aire, resulto un sistema constructivo con un mayor retraso térmico al interior, lo que permite reducir la utilización sistemas activos en verano e invierno.

	Abril:		Agosto:		Diciembre:	
Horario	Block	Tabique con cámara aire	Block con refrigeración	Tabique c/aire refrigeración	Block con calefacción	Tabique c/aire calefacción
	Máx. / Min.	Máx. / Min.	Máx. / Min.	Máx. / Min.	Máx. / Min.	Máx. / Min.
Temperatura	28 / 19 ° C	25 / 20 ° C	27 / 25 ° C	27 / 24 ° C	21 / 18 ° C	21 / 19 ° C
Const. y vent. muro	.055 / -.03 Kwh/m2	.03 / -.02 Kwh/m2	.06 / -.02 Kwh/m2	.02 / -.01 Kwh/m2	.09 / .00 Kwh/m2	.15 / -.02 Kwh/m2
Cubierta	.02 / -.01 Kwh/m2	.01 / .00 Kwh/m2	.01 / -.01 Kwh/m2	.01 / .00 Kwh/m2	.00 / -.02 Kwh/m2	.05 / -.01 Kwh/m2
Diario						
Temperatura	26 / 22 ° C	23.5 / 21 ° C	25 / 26 ° C	25 / 25.5 ° C	20 / 19 ° C	20 / 19 ° C
Const. Y vent. muro	.60 / .18 Kwh/m2	.15 / .01 Kwh/m2	.72 / .30 Kwh/ m2	.10 / .03 Kwh/ m2	1.44 / -.12 Kwh/m2	.00 / -.01 Kwh/ m2
Cubierta	.20 / .03 Kwh/m2	.16 / .05 Kwh/ m2	.14 / .01 Kwh/ m2	.14 / .03 Kwh/ m2	.01 / -.16 Kwh/ m2	.05 / -.15 Kwh/ m2

Prevalece una variación tanto en las temperaturas como en las ganancias y pérdidas de energía (alrededor de 3° C), con una eficiencia del tabique con cámara de aire del 23% con respecto al block. La diferencia en el costo de la propuesta es de \$4,906.33 pesos*, equivalente a 250.83 €, un gasto que al considerar la disminución en el uso de los sistemas mecánicos para acondicionamiento térmico en invierno y verano es posible amortizar en tres años.

* Catálogos de costos al mes de Julio del 2008 del Instituto de la Vivienda de Chihuahua.

Remodelación de casa para mejorar la calidad arquitectónica y disminuir el consumo energético:

Intervención en vivienda unifamiliar tipo residencial en la ciudad de Chihuahua, la intervención pretende modificar las características constructivas y remplazar el sistema para climatización. El objetivo es mejorar la calidad arquitectónica y disminuir el consumo de energía.

En la propuesta, sugerida y supervisada por el Arq. Mario Echanove García en el año 2008 a causa del cambio de propietarios, se modifican las características de la envolvente, la compartimentación de la planta baja, y se incorpora un sistema activo radiante para calentar en invierno el espacio interior.

Vivienda antes de la intervención.



Para propiciar mayor retraso térmico de la envolvente se colocaron placas de poliestireno extruido de alta densidad.

El aumento en la dimensión en algunas perforaciones mejora la iluminación al interior, lo que además permitió sustituir los cristales simples por cristales dobles con cámara de aire que disminuyen la pérdida de energía por puentes térmicos.

Obra en proceso.





Colocación de poliestireno extruido de alta densidad en muros expuestos (el aislante aumenta la inercia térmica de la envolvente).

Conjuntamente con la modificación de las perforaciones, se modifican la conexión y la esbeltez interior del proyecto original para favorecer la renovación y estratificación del aire dentro del edificio.

Altura.

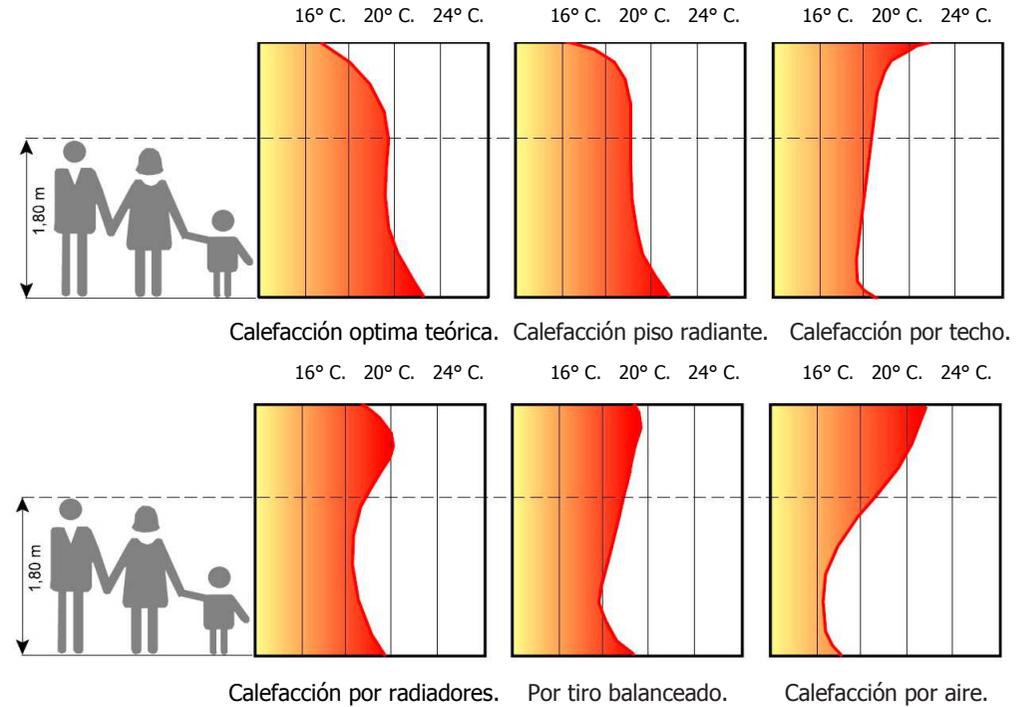
Perforaciones.



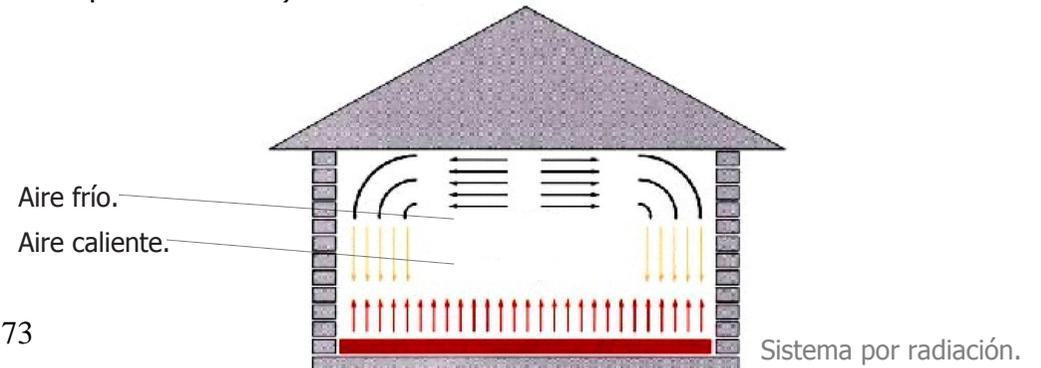
Para mejorar el desempeño del sistema activo para calefacción se comparo previamente la distribución de calor por diferentes sistemas.

El comportamiento de un sistema de distribución de calor con respecto a la temperatura hidrotérmica, responde a varios factores: La temperatura ambiente y la curva de distribución de calor, la temperatura media e radiación en el local, la velocidad del aire y la humedad relativa.

La optima combinación supone que el 95% de los individuos se encuentren en temperatura agradable (confort higrotérmico).



El sistema activo para calefaccionar por convección es sustituido por un sistema radiante (la emisión por radiación representa el 60%; y el 40% restante se emite por convección).



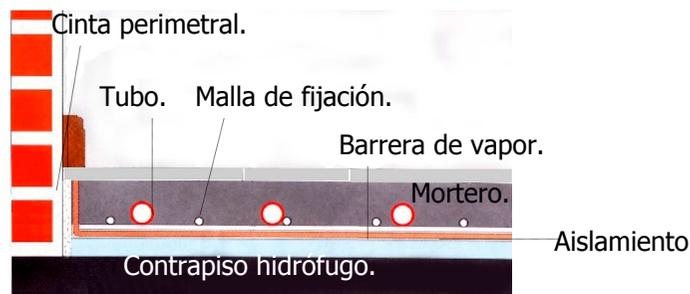
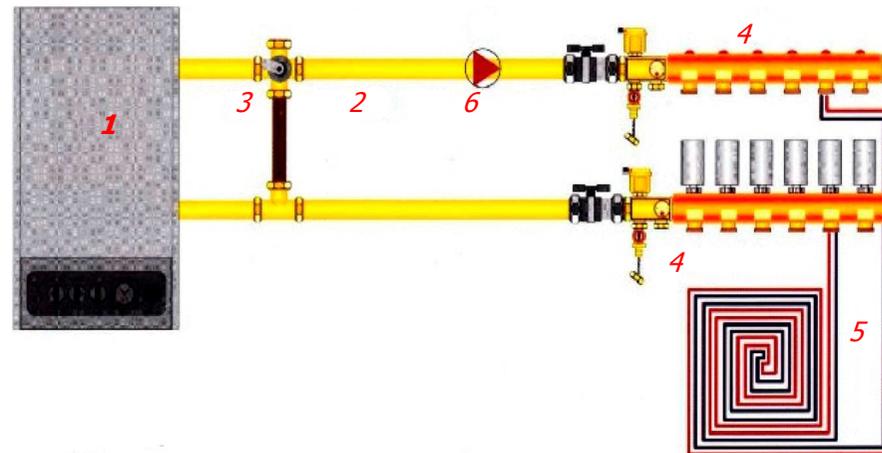
Para disminuir el consumo de gas natural para calentamiento de agua del sistema de radiación por piso, se incorporan paneles térmicos solares.



Paneles solares para calentamiento de agua del sistema de calefacción.

Diagrama general de la instalación del piso radiante:

1. Fuente de energía (caldera termo central), con bomba impulsora incorporada.
2. Tubería colectora de polímero para Sistemas de calefacción combinados (piso y radiador).
3. Válvula mezcladora de 3 vías.
4. Tubería colectora de distribución para suelo radiante.
5. Tubos de polietileno reticulado para Paneles radiantes.
6. Malla de acero para sujeción del tubo.



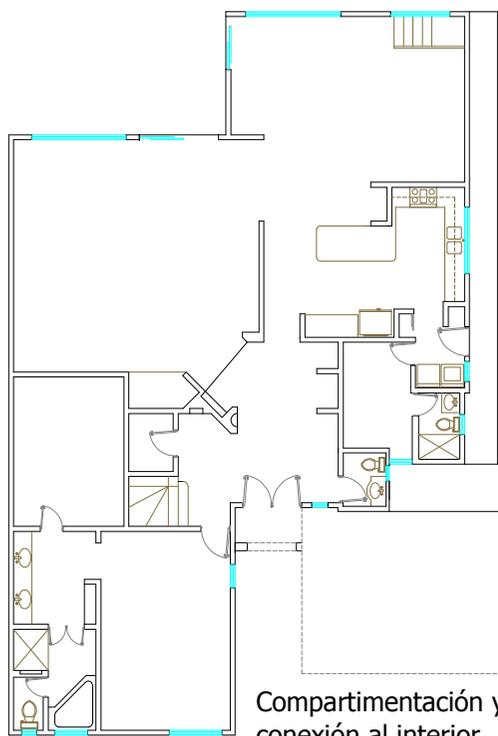
Esquema de instalación de la tubería plástica en el contrapiso.

- Caldera con 90% de eficiencia.
- El agua caliente se distribuye por tubería aislada.
- El sistema radiativo transporta 3400 veces mas calor que el tradicional convectivo por que reduce pérdidas.





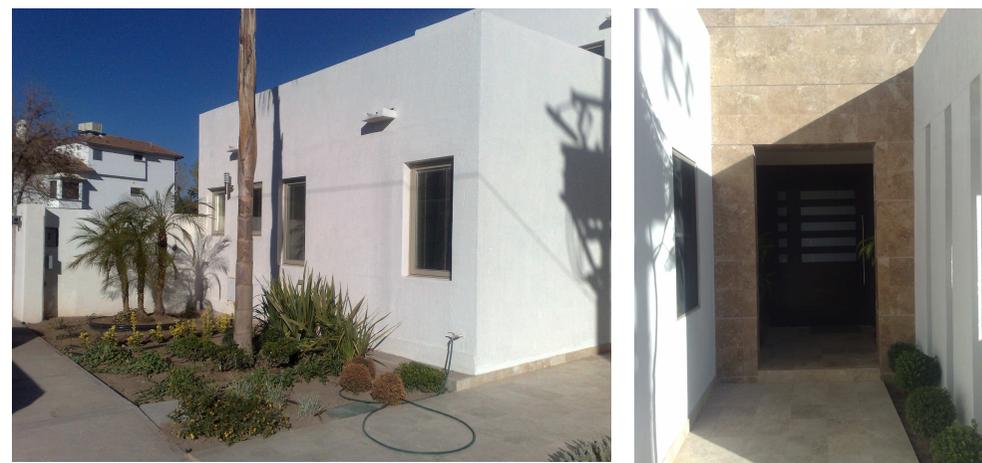
Con temperatura de 1 a 3°C. en el exterior, el sistema de piso radiante muestra temperaturas entre los 22 a 25°C. al interior.



Compartimentación y conexión al interior.



Remodelación concluida.



El color claro favorece el reparto energético y disminución de irradiación al interior en época estival. El pórtico del acceso favorece la disminución de temperatura en el cambio exterior – interior.

Con el sistema radiante por piso que combina la utilización de panel termico-gas, la sustitución de cristales para evitar pérdidas por filtraciones y el aislamiento de cerramientos; el ahorro energético aproximado en época invernal es 37%.

Geografía y clima.

Consideraciones básicas del entorno.

Situación geográfica del sitio:

La región de Chihuahua es uno de los Estados que forman a la república mexicana, tiene una extensión de 247,087 kilómetros cuadrados y ocupa el 12.6% del área total de la nación. Se estructura en 67 municipios conformados por 12,000 localidades, colinda al norte con los Estados de Nuevo México y Texas, con una franja fronteriza de 938 kilómetros, lo que representa un 30% de la frontera con los Estados Unidos de América.

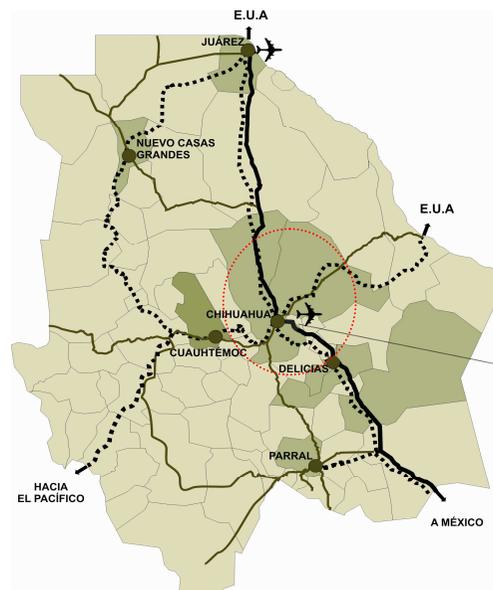
El territorio Chihuahuense es la entidad más grande de la república, su fisiografía abarca dos de las quince provincias que conforman México. La primera, Sierra Madre Occidental, ocupa la mitad del territorio chihuahuense; la segunda, Sierras y llanuras del Norte, ocupa el otro 50%. El relieve se puede dividir en tres zonas naturales: Mesa Central o Altiplano, Sierra Madre Occidental y Zona Desértica®.



Ubicación de Chihuahua en México.
Imagen C-4.1

La ciudad de Chihuahua es la capital del Estado con el mismo nombre, esta ubicada a una distancia norte de 1,250 Km. de la ciudad de México (Capital del País). Fundada a una altura de 1,423 metros (casco antiguo) sobre el nivel del mar, en Latitud Norte de 28° 38', y Latitud Oeste de 106° 05', con una Longitud de -106°.

Ubicada en la zona centro del Estado, con 896,000 habitantes*, las principales actividades económicas son: La actividad comercial, industrial y turística*.



Estado de Chihuahua.

Imágenes C-4.2



Ciudad de Chihuahua.

Fuente: Centro de información económica y social, Secretaria de Desarrollo Social del Estado de Chihuahua.

Con la ubicación geográfica de la ciudad de Chihuahua, el diseño morfológico de la vivienda mas eficiente se considera orientando la vivienda con el eje más corto al Norte-Sur y el eje largo al Este-Oeste (reduccion de las superficies porosas al Este y Oeste, y aumento de superficies con la característica de porosidad al Sur).

Básicamente la orientación Sur es donde el sol suministra mayor radiación desde que sale hasta que se oculta, y al estar con mayor altura en verano y menor en invierno permite considerar elementos constructivos para propiciar ganancia o perdidas de radiación solar directa, climatizando la casa según las necesidades estacionarias.

* Instituto Nacional de Geografía e informática 2006
 * Doing Business in Chihuahua.

Zonas ecológicas y generalidades climáticas:

Para conseguir un desempeño energético eficiente a partir del diseño, es necesario conocer el comportamiento del clima (factores meteorológicos), y las formas en las que el calor se propaga en el espacio habitable.

En la mitad oriental del Estado el clima es desértico semicálido y muy extremo, semiseco a templado en gran parte de la Sierra Madre Occidental. Las temperaturas llegan a los 45°C en el verano y a los -20°C en la temporada invernal.

-  Sub grupo de climas calidos.
-  Sub grupo de climas semicalidos.
-  Sub grupo de climas templados.
-  Sub grupo de climas semifrios.
-  Tipos de clima semisecos.
-  Tipos de climas seco.
-  Tipos de clima muy seco.



Imágenes C-4.3

Para las diversas zonas ecológicas, se identifican tres tipos de bioclimas; semi-frío, templado y cálido; los cuales derivan en función de la humedad ambiente en: Seco, semi-húmedo y húmedo; la zona donde se ubica el Municipio de Chihuahua presenta un bioclima cálido seco. ^

En el bioclima cálido seco que caracteriza a la zona, la temperatura media y mínima se encuentran por debajo de los rangos considerados de confort, excepto en verano cuando los sobrepasa; la máxima sobrepasa los rangos, excepto en invierno. La oscilación diaria es entre 10° y 20° C. La humedad relativa es baja en primavera y media en el periodo de lluvias, con una precipitación pluvial anual menor a 600 mm. anuales. Los vientos dominantes son calientes en verano y fríos en invierno. ^

^ Uso eficiente de la energía en la vivienda, guía CONAFOVI.

Los requerimientos elementales para climatización de las viviendas en este bioclima son: En los meses fríos (Diciembre-Marzo) calentamiento directo por la mañana e indirecto por las tardes, inercia térmica de la envolvente, evitar infiltraciones, evitar vientos fríos de invierno; en meses en transición (Abril, Mayo y Noviembre) ventilación adecuada para el control higrométrico y humidificación por las tardes; y en los meses de calor (Julio a Octubre) evitar ganancias solares, directas e indirectas, propiciar espacios enterrados, semienterrados y taludes, formas compactas y contiguas, áreas exteriores protegida (microclimas con patios), y ventilación natural con tratamiento previo (enfriamiento y humidificación).

En el Municipio de Chihuahua, el clima se considera calido seco extremo, con lluvias escasas, y con inviernos fríos con nevadas ocasionales.

La temperatura máxima promedio es de 38° C. y la mínima promedio es de 2° C, con una media anual de 19.4° C., lo que ocasiona una oscilación de temperatura media anual de 15.2° C.

En los últimos años estas condiciones atmosféricas han tenido variaciones, durante el 2008 la máxima registrada en el mes de Julio fue de 43° C. y las mínimas en Diciembre de hasta -2° C.

Requerimientos de energía en la región por las características del medio:

Es importante, para efectos de la presente investigación mencionar que: En México más de dos terceras partes de la superficie presenta condiciones de clima cálido (seco en el norte y húmedo en las costas), lo que demanda mayor energía para climatización, ocasionando que en estas zonas el uso de energía ocupe el segundo lugar nacional de consumo*.

Los rasgos geográficos y de clima en la región, propician la utilización de sistemas activos para acondicionar térmicamente a las viviendas en los periodos de verano e invierno, para lo que es necesario el uso de gran cantidad de energía. Paradójicamente, las políticas públicas no obligan a considerar estrategias y parámetros que permitan aprovechar al máximo los beneficios que ofrece el clima de la zona.

La comparación entre el número de usuarios del sector eléctrico y las ventas reales indica que la región norte, a la que pertenece el Estado de Chihuahua, demanda mayor cantidad de energía.

* Datos de la Comisión Federal de Electricidad.

Ventas de eléctrica por región.	
(Mega watts-hora)	
Reales mensual Enero /2009	
VENTAS TOTALES	16,945,888.00
LUZ Y FUERZA DEL CENTRO	2,394,217.00
COMISIÓN FEDERAL DE ELECTRICIDAD	10,583,450.00
Baja California	782,171.00
Bajío	1,172,093.00
Centro Occidente	660,597.00
Centro Oriente	600,748.00
Centro Sur	520,842.00
Golfo Norte	1,652,637.00
Jalisco	875,168.00
Noroeste	951,137.00
Norte	1,051,255.00
Sureste	546,043.00
Peninsular	540,124.00
Oriente	733,976.00
Golfo Centro	588,849.00

Fuente: Sistema de Información Energética.

Usuarios de energía eléctrica por región.	
(Numero de usuarios)	
Reales mensual Enero /2009	
USUARIOS TOTALES	32,101,655.00
LUZ Y FUERZA DEL CENTRO	5,879,192.00
COMISIÓN FEDERAL DE ELECTRICIDAD	26,338,672.00
Baja California	1,358,333.00
Bajío	3,193,172.00
Centro Occidente	1,754,986.00
Centro Oriente	1,721,633.00
Centro Sur	1,797,702.00
Golfo Norte	2,627,704.00
Jalisco	2,403,219.00
Noroeste	1,695,838.00
Norte	1,853,508.00
Sureste	2,775,045.00
Peninsular	1,267,142.00
Oriente	2,355,869.00
Golfo Centro	1,534,521.00

Fuente: Sistema de Información Energética.

El incremento de las temperaturas durante la época estival, provoca un mayor consumo de energía eléctrica en la región Norte, consecuencia del uso de aparatos para refrigeración.

Ventas de energía eléctrica por tarifa.	
(mega watts-hora)	
Reales-mensual Enero/2009	
Consumo domestico con tarifa de 1 a 150 Kw.h con temperatura media mínima en verano de 25° C.	168,340.00
Consumo domestico con tarifa de 1 a 225 Kw.h con temperatura media mínima en verano de 28° C.	434,046.00
Consumo domestico con tarifa de 1 a 300 Kw.h con temperatura media mínima en verano de 30° C.	970,264.00
Consumo domestico con tarifa de 1 a 400 Kw.h con temperatura media mínima en verano de 31° C.	301,004.00
Consumo domestico con tarifa de 1 a 750 Kw.h con temperatura media mínima en verano de 32° C.	470,675.00
Consumo domestico con tarifa de 1 a 1200 Kw.h con temperatura media mínima en verano de 33° C.	656,470.00

Fuente: Sistema de Información Energética.

Circunstancias específicas del medio.

Análisis climático de Chihuahua:

El análisis de clima tiene por objetivo la visualización de datos climáticos y su comparación con las condiciones de temperatura deseables a fin de seleccionar recursos apropiados de diseño bioambiental.

Estación
Chihuahua

Latitud	Longitud	Altura
28 38 N	106° 05' W	1440

Temperatura, °C.:

Mes	Máxima	Media	Mínima	Oscilación
Enero	19.0	9.2	2.0	17.0
Febrero	22.2	12.4	5.1	17.1
Marzo	24.6	14.5	7.0	17.6
Abril	28.5	18.1	10.3	18.2
Mayo	32.3	22.6	15.4	16.9
Junio	33.7	25.3	19.0	14.7
Julio	32.4	24.5	18.6	13.8
Agosto	31.2	23.9	18.5	12.7
Septiembre	30.0	22.1	16.3	13.7
Octubre	27.6	18.1	11.0	16.6
Noviembre	22.5	12.7	5.4	17.1
Diciembre	18.5	9.3	2.5	16.0

Humedad relativa, %:

Máxima	Media	Mínima
84	49	14
85	48	10
73	42	10
79	43	8
72	41	9
82	48	13
79	48	17
80	49	18
88	53	18
87	50	13
86	50	15
87	50	13

Precipitación, mm.:

Mensual	
Enero	11
Febrero	6
Marzo	5
Abril	7
Mayo	17
Junio	48
Julio	109
Agosto	83
Septiembre	68
Octubre	21
Noviembre	11
Diciembre	12
TOTAL	397

Fuente: Normales climatológicas de la red sinóptica básica de superficie y estaciones climatológicas de primer orden.

Temperaturas en un día típico: Chihuahua

HORAS	2.00	4.00	6.00	8.00	10.00	12.00	14.00	16.00	18.00	20.00	22.00	24.00	Promedio
Enero	4.19	2.80	2.00	3.43	9.97	16.60	19.00	17.69	13.47	9.30	7.06	5.37	9.24
Febrero	7.31	5.91	5.10	6.54	13.12	19.78	22.20	20.88	16.64	12.44	10.19	8.49	12.38
Marzo	9.27	7.83	7.00	8.48	15.25	22.11	24.60	23.25	18.88	14.56	12.24	10.49	14.50
Abril	12.65	11.16	10.30	11.84	18.84	25.93	28.50	27.10	22.58	18.11	15.72	13.91	18.05
Mayo	17.58	16.20	15.40	16.83	23.33	29.91	32.30	31.00	26.81	22.65	20.43	18.75	22.60
Junio	20.90	19.69	19.00	20.24	25.89	31.62	33.70	32.57	28.92	25.31	23.38	21.92	25.26
Julio	20.38	19.25	18.60	19.76	25.07	30.45	32.40	31.34	27.91	24.52	22.71	21.34	24.48

Agosto	20.14	19.10	18.50	19.57	24.46	29.40	31.20	30.22	27.07	23.95	22.28	21.02	23.91
Septiembre	18.07	16.95	16.30	17.46	22.73	28.06	30.00	28.95	25.55	22.18	20.38	19.02	22.14
Octubre	13.14	11.78	11.00	12.40	18.79	25.25	27.60	26.32	22.20	18.13	15.94	14.30	18.07
Noviembre	7.61	6.21	5.40	6.84	13.42	20.08	22.50	21.18	16.94	12.74	10.49	8.79	12.68
Diciembre	4.56	3.25	2.50	3.85	10.00	16.24	18.50	17.27	13.30	9.37	7.26	5.68	9.32

Fuente: Centro de Investigación Hábitat y Energía. Facultad de Arquitectura, Universidad de Buenos Aires.

Amplitud y Media:			Humedad absoluta:		Humedad abs. máx.:		Humedad absoluta, gm/kg.:			
Mes	Amp	Prom	Mes	Media	100 máx.	100 min.	Mes	Máxima	Media	Mínima
Enero	17.0	9.2	Enero	3.5	13.2	4.4	Enero	3.7	3.5	1.8
Febrero	17.1	12.4	Febrero	4.2	15.9	5.5	Febrero	4.6	4.2	1.6
Marzo	17.6	14.5	Marzo	4.1	18.3	6.2	Marzo	4.5	4.1	1.8
Abril	18.2	18.1	Abril	5.4	22.9	7.7	Abril	6.0	5.4	1.8
Mayo	16.9	22.6	Mayo	6.6	28.2	10.6	Mayo	7.6	6.6	2.5
Junio	14.7	25.3	Junio	9.0	30.3	13.2	Junio	10.7	9.0	4.1
Julio	13.8	24.5	Julio	8.7	28.3	12.8	Julio	10.2	8.7	4.7
Agosto	12.7	23.9	Agosto	8.6	26.5	12.8	Agosto	10.2	8.6	4.7
Septiembre	13.7	22.1	Septiembre	8.4	24.8	11.2	Septiembre	9.8	8.4	4.4
Octubre	16.6	18.1	Octubre	6.2	21.7	8.0	Octubre	7.0	6.2	2.8
Noviembre	17.1	12.7	Noviembre	4.5	16.2	5.6	Noviembre	4.8	4.5	2.4
Diciembre	16.0	9.3	Diciembre	3.6	12.8	4.5	Diciembre	4.0	3.6	1.7
PROM	16.0	17.7	PROM	6.1						

Humedad de saturación (al 100% HR), g/kg.:				Temperatura de bulbo húmedo, °C.:				Presión, h.p.:	
Mes	Máxima	Media	Mínima	Mes	Máxima	Media	Mínima	Mes	Media
Enero	13.7	7.9	4.4	Enero	8.7	6.3	1.2	Enero	773.9
Febrero	16.9	9.7	5.5	Febrero	10.6	8.3	4.2	Febrero	773.7
Marzo	19.6	11.2	6.2	Marzo	12.2	9.3	5.1	Marzo	773.3
Abril	24.9	14.1	7.8	Abril	14.6	11.4	8.6	Abril	773.7
Mayo	31.3	18.7	10.9	Mayo	17.4	14.6	12.6	Mayo	773.9
Junio	34.0	21.8	13.8	Junio	19.2	18.2	17.0	Junio	773.9
Julio	31.5	20.7	13.4	Julio	18.8	18.4	16.4	Julio	773.8
Agosto	29.3	19.9	13.3	Agosto	18.1	18.4	16.4	Agosto	773.8
Septiembre	27.3	17.9	11.6	Septiembre	17.2	17.8	15.2	Septiembre	773.9
Octubre	23.6	14.0	8.2	Octubre	14.8	13.9	10.0	Octubre	773.7
Noviembre	17.2	9.9	5.6	Noviembre	11.4	9.2	4.6	Noviembre	773.8
Diciembre	13.3	7.9	4.6	Diciembre	8.4	6.7	1.9	Diciembre	773.5

Fuentes: Normales climatológicas de la red sinóptica básica de superficie y estaciones climatológicas de primer orden.
Centro de Investigación Hábitat y Energía. Facultad de Arquitectura, Universidad de Buenos Aires.

Presión de vapor (estimada), kPa.:

Mes	Máx.	Media	Mín.
Enero	0.3	0.7	0.6
Febrero	0.3	0.8	0.8
Marzo	0.3	0.7	0.7
Abril	0.3	0.7	1.0
Mayo	0.4	0.9	1.3
Junio	0.7	1.5	1.8
Julio	0.8	1.6	1.7
Agosto	0.8	1.6	1.7
Septiembre	0.7	1.7	1.6
Octubre	0.5	1.2	1.1
Noviembre	0.4	0.8	0.8
Diciembre	0.3	0.7	0.6

Temperatura de punto de rocío, °C.:

Mes	Máxima	Media	Mínima
Enero	-9.7	1.1	-0.3
Febrero	-11.1	2.3	2.9
Marzo	-9.4	1.8	2.6
Abril	-9.5	2.6	6.8
Mayo	-4.6	5.8	10.4
Junio	2.0	12.7	15.8
Julio	4.0	14.0	14.9
Agosto	3.9	14.5	15.0
Septiembre	2.8	14.6	14.3
Octubre	-3.4	9.6	8.9
Noviembre	-5.7	4.2	3.3
Diciembre	-10.4	2.2	0.7

Viento:

Mes	Dirección dominante	Velocidad media
Enero		
Febrero	Nor Este	2 m/s.
Marzo	Suroeste/NE	6 m/s.
Abril	Sur Oeste	7 m/s.
Mayo	Sur Oeste	6 m/s.
Junio	Sur Oeste	5 m/s.
Julio	Nor Este	2 m/s.
Agosto	Nor Este	2 m/s.
Septiembre	Nor Este	2 m/s.
Octubre	Nor Este	2 m/s.
Noviembre	Nor Este	2 m/s.
Diciembre	Nor Este	2 m/s.
PROM	Norte	3.3 m/s.

Fuentes: Datos calculados por el Dr. Eduardo González Cruz para la Cd. De Chihuahua. Atlas del agua de la República Mexicana. SARH

Nubosidad

Mes	Días despejados	Días medio nublados	Días nublados
Enero	14.0	11.1	5.5
Febrero	13.4	10.4	4.3
Marzo	13.4	12.4	4.7
Abril	8.7	15.6	5.1
Mayo	6.1	15.7	8.6
Junio	2.3	10.8	16.2
Julio	0.6	9.3	20.3
Agosto	0.5	11.5	18.2
Septiembre	1.2	9.2	18.5
Octubre	5.4	11.0	13.5
Noviembre	8.7	13.8	6.9
Diciembre	10.0	13.4	7.2
PROM	84.3	144.3	128.9

Fuente: Normales climatológicas de la red sinóptica básica de superficie y estaciones climatológicas de primer orden.

Radiación solar, (máximos a las 0:00 hr. solar) W/m.2:

Mes	Total	Directa	Difusa	Insolación
Enero	701.9	474.0	225.9	178.2 hrs.
Febrero	846.6	603.4	235.9	201.6 hrs.
Marzo	894.9	638.1	248.2	216.1 hrs.
Abril	837.4	560.2	268.4	186.2 hrs.
Mayo	833.4	563.5	260.6	184.0 hrs.
Junio	809.6	542.5	257.8	138.6 hrs.
Julio	776.2	499.5	267.9	135.2 hrs.
Agosto	792.9	512.7	271.6	147.8 hrs.
Septiembre	753.0	472.7	272.7	118.9 hrs.
Octubre	854.6	606.9	240.0	151.0 hrs.
Noviembre	819.1	591.2	221.1	170.1 hrs.
Diciembre	739.2	517.1	216.2	150.5 hrs.
PROM	804.9	548.5	248.9	1,978.2 hr

Fuente: Calculo de la Radiación Solar Instantánea en la Republica Mexicana. Datos actualizados con software de Isocad radiación de la empresa Isofotón, S.A.

Los datos calculados en formato Meteo por el software Meteonorm versión 5.1. para Chihuahua son:

Ene.	Ta	Ta min	Ta dmin	Ta dmax	Ta max	RH
Ene.	10.5	-8.8	1.6	19.0	25.8	50
Feb.	12.7	-5.8	3.6	20.7	26.8	45
Mar.	15.2	-3.0	6.2	23.5	28.1	36
Abr.	19.0	0.1	9.5	26.4	31.4	36
Mayo	22.6	5.4	14.0	30.4	34.0	33
Jun.	26.5	12.5	18.4	32.4	36.5	37
Jul.	25.4	12.2	18.6	31.5	36.2	53
Ago.	24.8	13.5	18.0	30.7	34.8	57
Sept.	22.6	7.8	15.0	28.5	33.0	52
Oct.	18.5	0.8	10.2	26.4	31.7	51
Nov.	12.9	-4.9	4.3	20.6	26.5	49
Dic.	9.9	-8.0	1.7	17.9	25.1	52
Año	18.4					46

Donde:

Ta- Temperatura del aire.
 Ta min.- 10 años mínimo (aprox.).
 Ta dmin- Media de las mínimas diarias Ta.
 Ta dmax- Media de las máximas diarias Ta.
 Ta max- 10 años máximo (aprox.).
 RH- Humedad relativa.

Ene.	H_Gh	SDm	SDd	SD astr.	RR	RD	FF	DD
Ene.	128	252	8.1	10.4	5	2	3.3	23
Feb.	144	260	9.3	11.1	10	2	4.0	270
Mar.	190	323	10.4	11.9	8	2	4.1	270
Abr.	205	344	11.5	12.7	5	1	4.8	270
Mayo	225	380	12.3	13.4	5	1	3.6	270
Jun.	220	381	12.7	13.8	43	2	3.6	135
Jul.	214	358	11.6	13.7	91	5	3.2	135
Ago.	198	334	10.8	13.0	94	6	3.0	135
Sept.	168	302	10.1	12.2	84	5	2.9	360
Oct.	166	297	9.6	11.4	23	3	3.3	360
Nov.	130	255	8.5	10.6	13	2	3.5	23
Dic.	118	243	7.8	10.2	10	2	3.4	23
Año	2107	3728	10.0		391	33	3.6	324

Donde:

RD- Días con precipitación.
 SD- Duración de la insolación.
 SD ast.- Duración de la insolación, astronómico.
 H_Gh Irradiación de la radiación global horizontal.
 RR- Precipitación.
 FF- Velocidad del viento.
 DD- Dirección del viento.

Datos calculados por software Meteonorm versión 5.1.:
 Lugar: Chihuahua, México.
 Situación: Libre.
 Horizonte: Astronómico.
 Calculo: 21/11/2007.

Asimismo, la NASA (Nacional Aeronautics and Space Administration) a través del Centro de información aeroespacial muestra los datos de meteorológicos y de energía solar para Chihuahua.



NASA Surface meteorology and Solar Energy - Available Tables



At Latitude **28** and Longitude **-107**

Documento generado: **Ju. 10 de Abril 18:32:11 2008.**

Parameters for Solar Cooking:

Monthly Averaged Insolation Incident On A Horizontal Surface (kWh/m²/day)

Lat 28 Lon -107	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
10-year Average	3.41	4.34	5.63	6.43	6.88	6.53	5.69	5.30	5.14	4.65	3.89	3.26

Parameters for Sizing and Pointing of Solar Panels and for Solar Thermal Applications:

Monthly Averaged Insolation Incident On A Horizontal Surface (kWh/m²/day)

Lat 28 Lon -107	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Annual Average
10-year Average	3.41	4.34	5.63	6.43	6.88	6.53	5.69	5.30	5.14	4.65	3.89	3.26	5.09

Minimum And Maximum Difference From Monthly Averaged Insolation (%)

Lat 28 Lon -107	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Minimum	-17	-7	-7	-9	-6	-13	-11	-8	-11	-7	-6	-11
Maximum	13	7	5	6	8	11	11	11	10	9	5	12

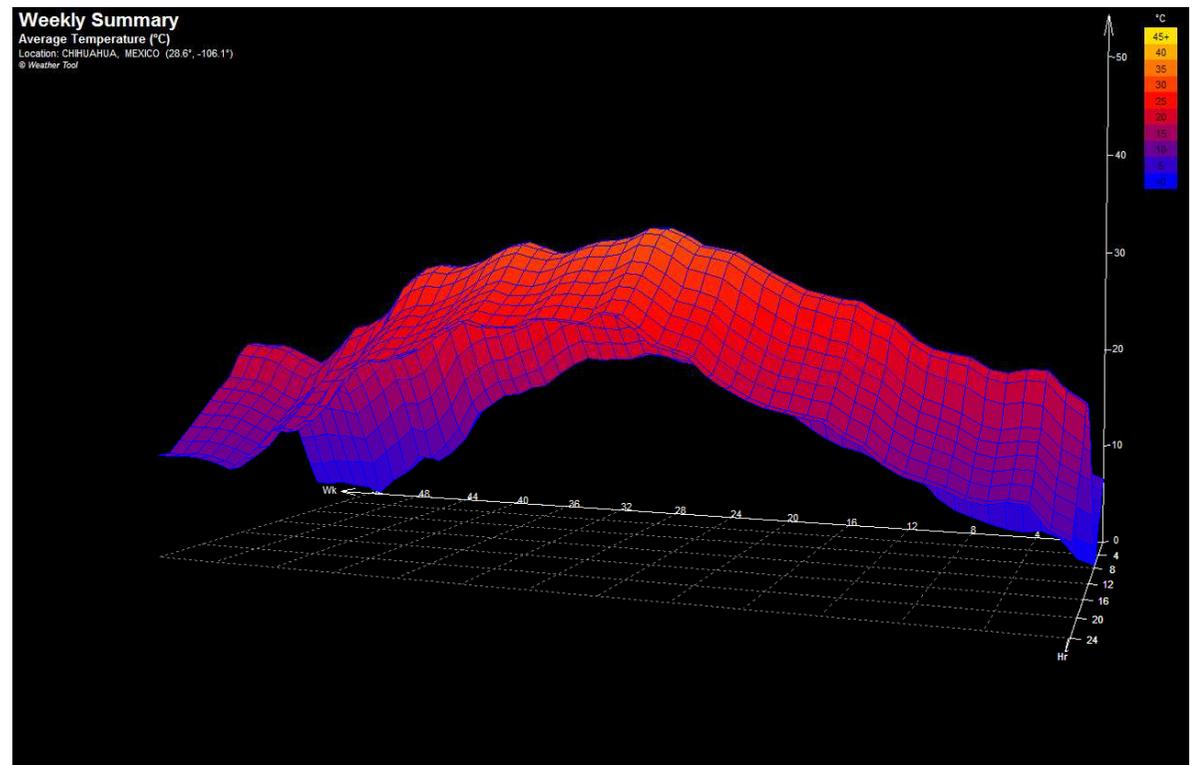
Monthly Averaged Clear Sky Insolation Clearness Index (0 to 1.0)

Lat 28 Lon -107	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
10-year Average	0.65	0.66	0.67	0.68	0.67	0.67	0.66	0.65	0.65	0.66	0.66	0.64

Temperaturas:
 Máxima- 38.7° C.
 Junio.
 Mínimas- 2.7° C.
 Enero.

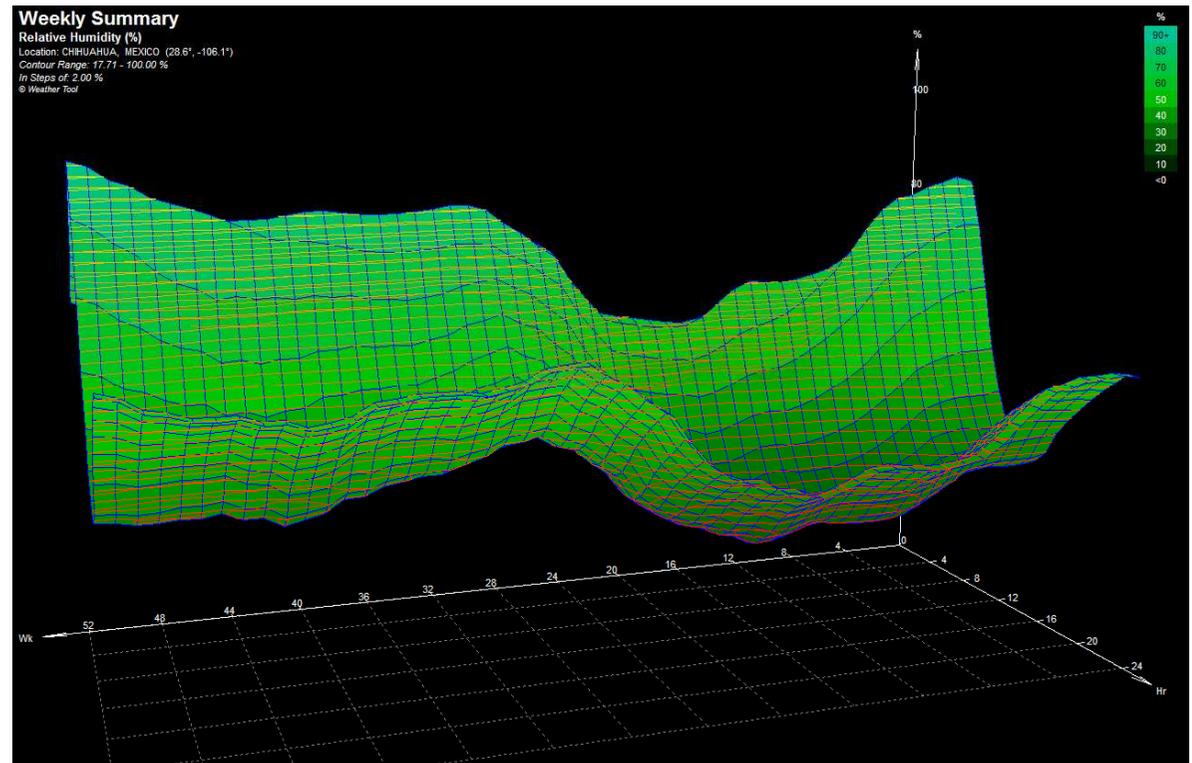
Oscilación térmica:
 Máxima- 18.2° C.
 Abril.
 Mínima- 12.7° C.
 Agosto.

Temperatura promedio.
 Wk- Semanas.
 Hr- Distribución horaria.
 °C- Grados Centígrados.



Humedad relativa:
 Máxima- 88 %
 Septiembre.
 Mínima- 8 %
 Abril.
Media anual- 47%

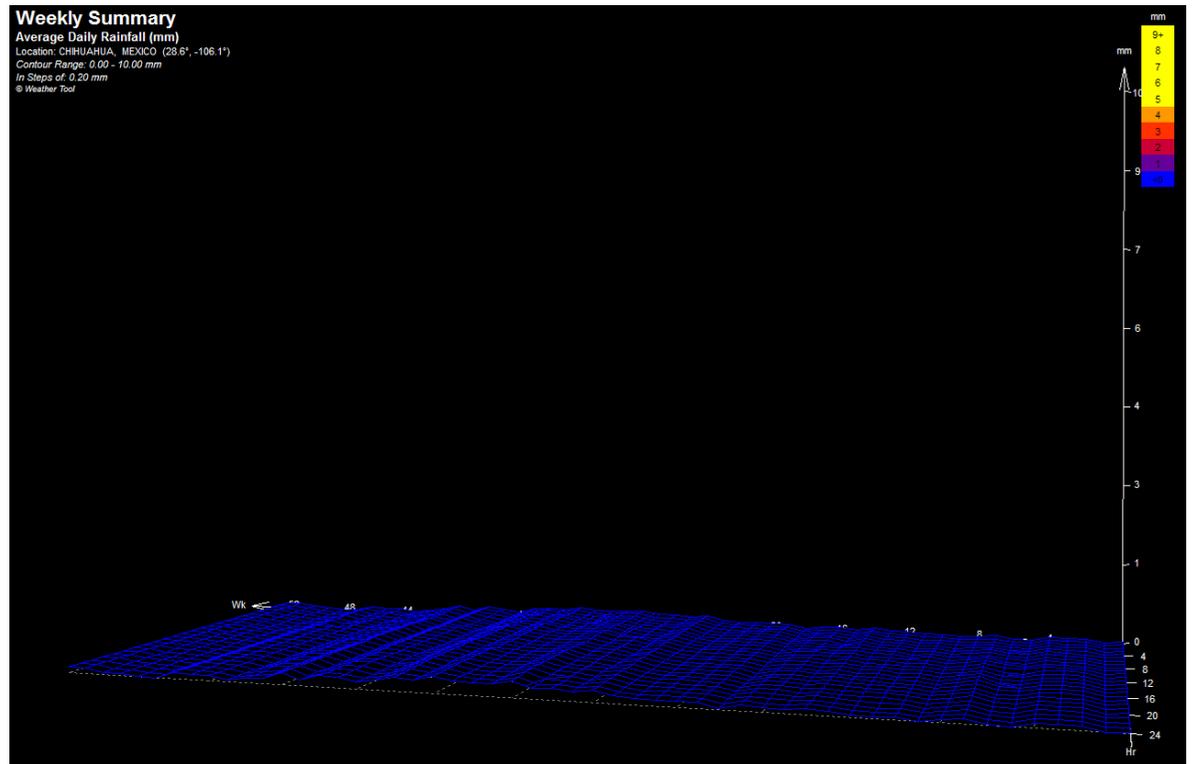
Humedad relativa.
 Wk- Semanas.
 Hr- Distribución horaria
 %- Porcentaje B.H.



Graficas climáticas para Chihuahua elaboradas con la utilería Weather Tool, del Software Ecotect.

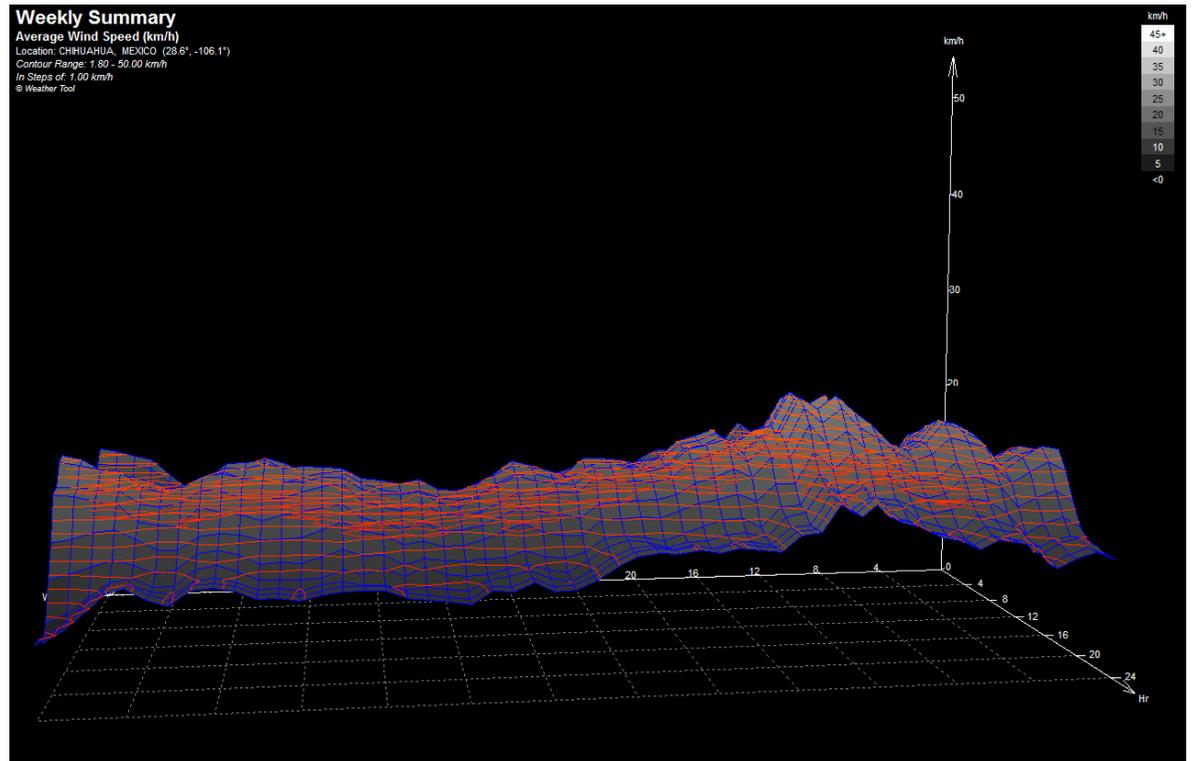
Precipitación:
 Máxima- 112 mm.
 Julio.
 Mínima- 7mm.
 Marzo.
Total anual- 409mm.

Precipitación fluvial.
 Wk- Semanas.
 Hr- Distribución horaria.
 Mm- Milímetros.



Velocidad del viento:
 Máxima- 22 km/h.
 Abril.
 Mínima- 8.5 km/h.
 Septiembre.
Anual- 15.2 km/h.
Vel. prevalente prom. anual- 3.33 m/s.

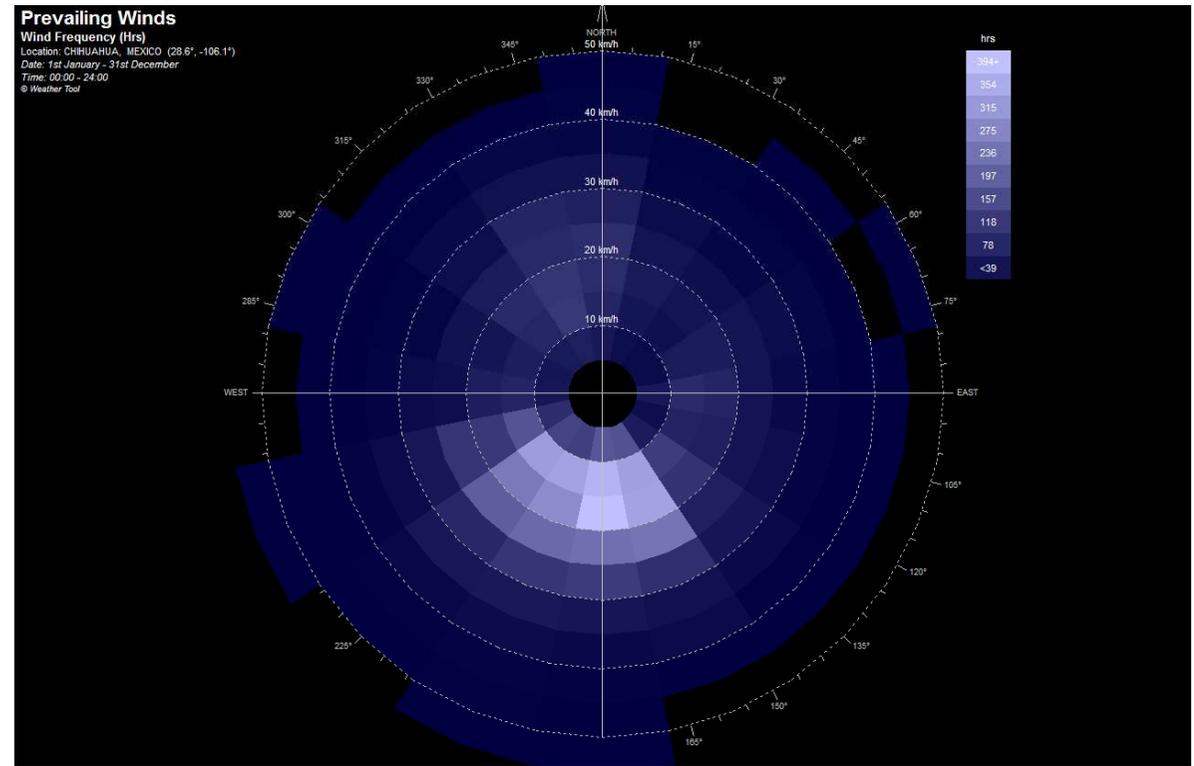
Velocidad del viento.
 Wk- Semanas.
 Hr- Distribución horaria.
 Km/h- Kilómetro/hora.



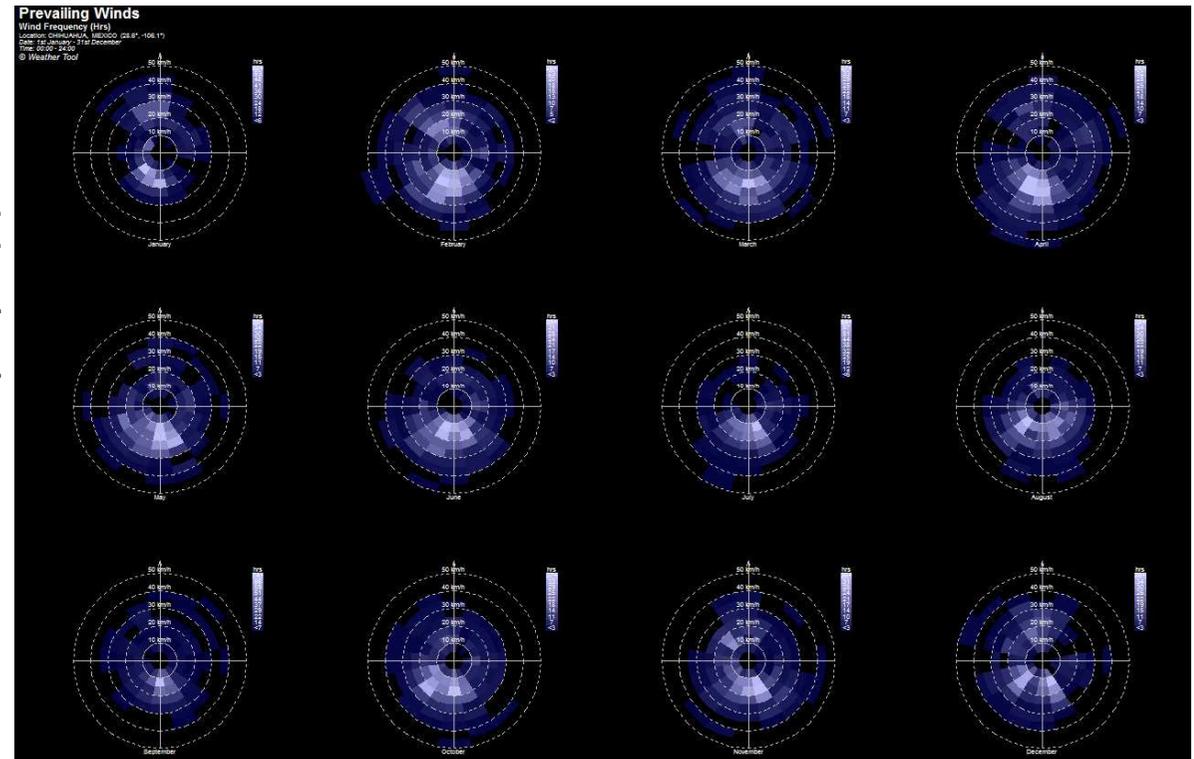
Graficas climáticas para Chihuahua elaboradas con la utilería Weather Tool, del Software Ecotect.

Trayectoria vientos:
 Mayor recurrencia-
 Sur-suroeste.
 Sur.
 Sur-sureste.

Predominancia de viento
 Hrs- Distribución horaria:
 Km/h- Kilómetro/hora.

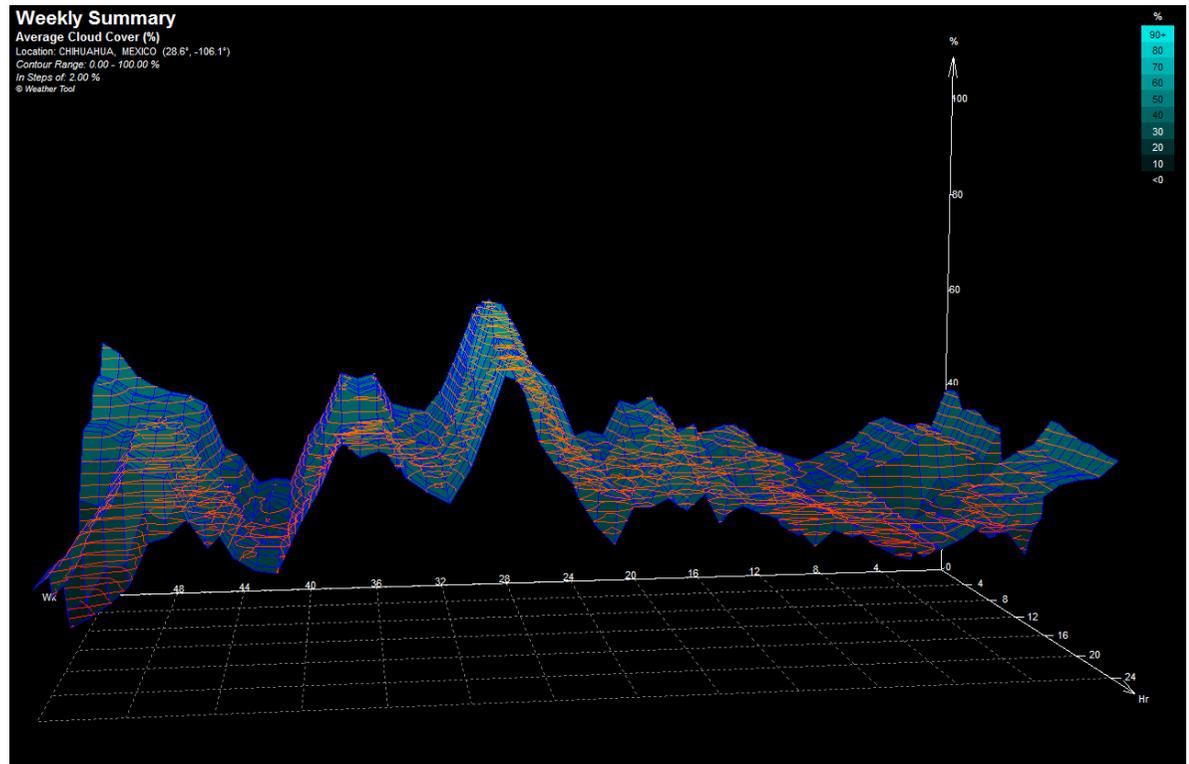


Trayectoria mensual
 de vientos:
 Enero- Sur-suroeste.
 Febrero- Sur-suroeste.
 Marzo- Sur.
 Abril- Sur-suroeste.
 Mayo- Sur-sureste.
 Junio- Sur-suroeste.
 Julio- Sur-Oeste.
 Agosto- Sur-Este
 Septiembre-Sur.
 Octubre- Sur-Oeste.
 Noviembre- Sur-sureste.
 Diciembre- Sur-Este-
 Oeste.



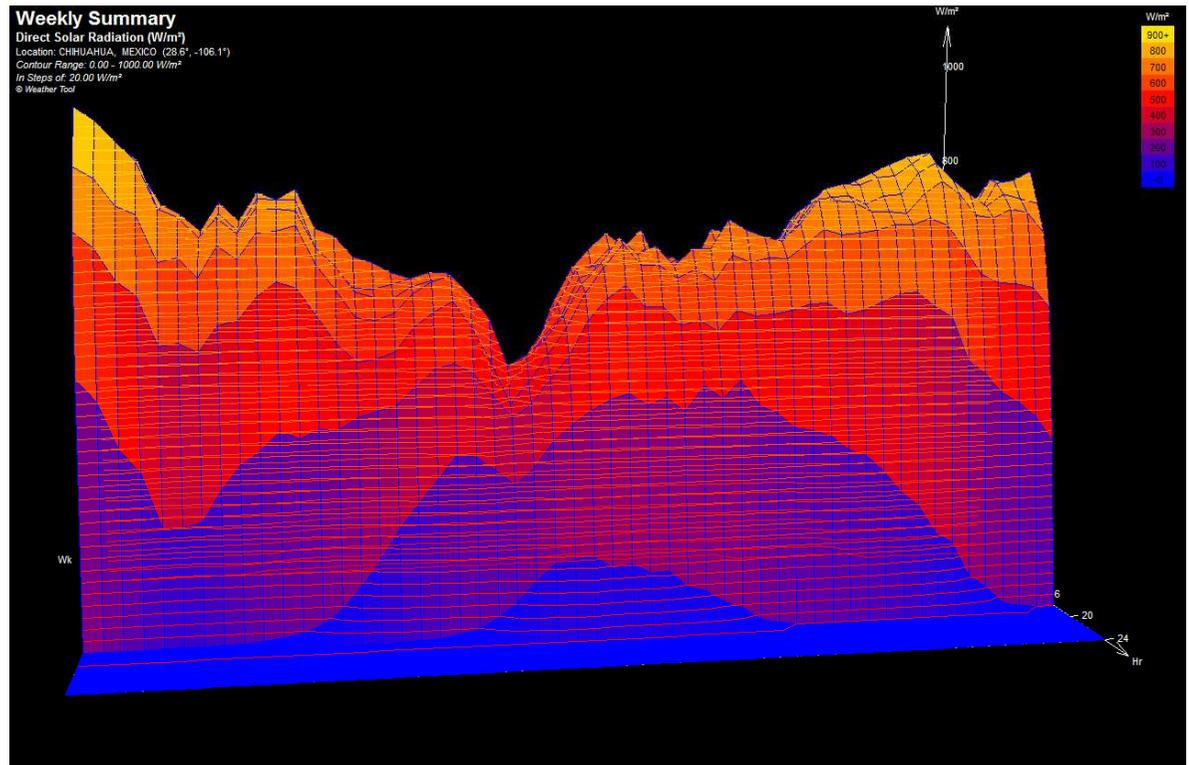
Nubosidad:
 Maxima- 63%
 Agosto.
 Minima- 5%
 Diciembre.
Anual- 15.2 km/h.

Velocidad del viento.
 Wk- Semanas.
 Hr- Distribución horaria.
 %- Porcentaje.



Radiación directa
 A las 12:00 hrs.
 11:08 hr. solar:
 Máxima- 643 w/m2.
 Marzo.
 Mínima- 470 w/m2.
 Enero.

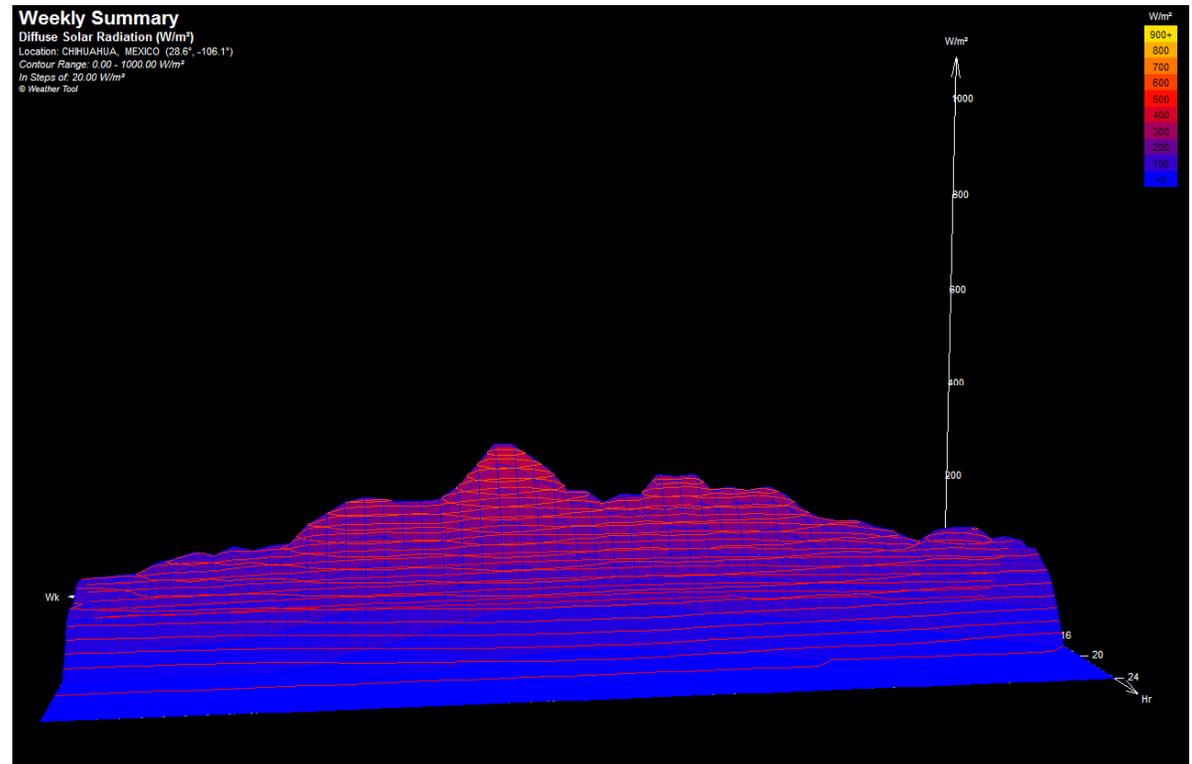
Radiación directa
 Wk- Semanas.
 Hr- Distribución horaria.
 W/m2- Watt/metro2.



Graficas climáticas para Chihuahua elaboradas con la utilería Weather Tool, del Software Ecotect.

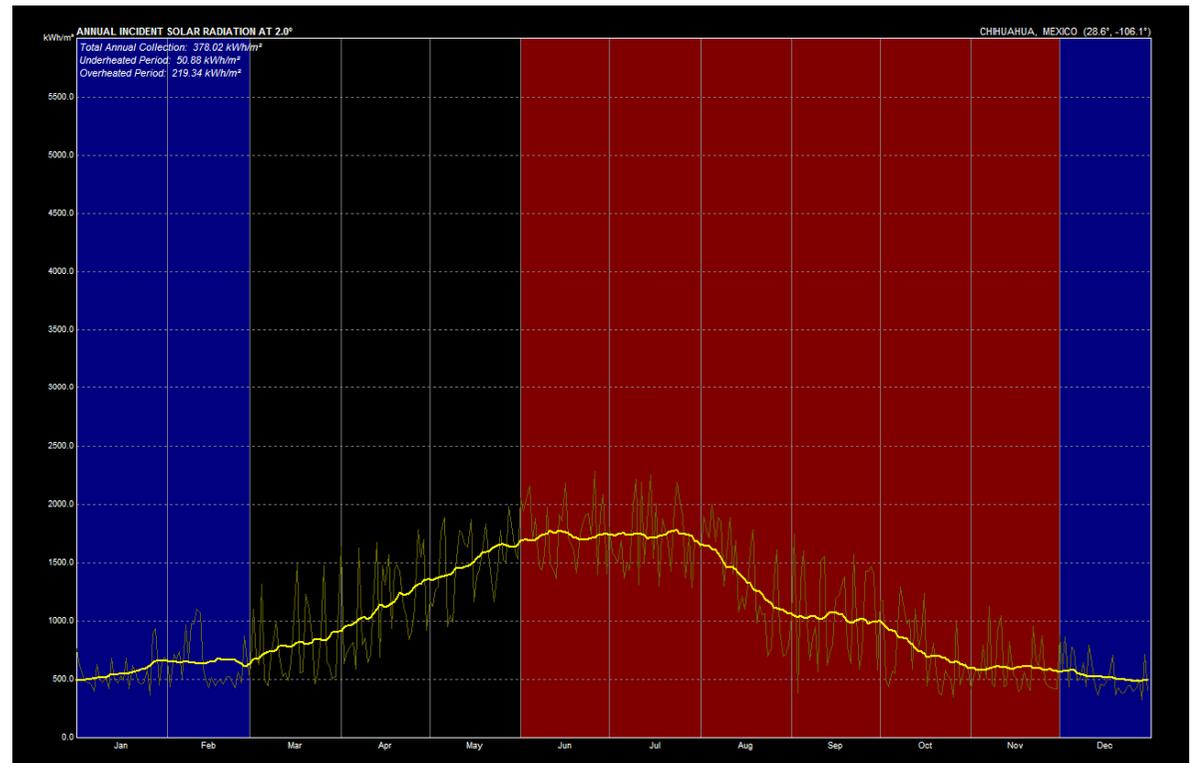
Radiación difusa
 A las 12:00 hrs.
 11:08 hr. solar:
 Máxima- 273 w/m2.
 Septiembre.
 Mínima- 216 w/m2.
 Diciembre.

Radiación directa
 Wk- Semanas.
 Hr- Distribución horaria.
 W/m2- Watt/metro2.



Radiación global
 A las 12:00 hrs.
 11:08 hr. solar:
 Máxima- 895 w/m2.
 Marzo.
 Mínima- 702 w/m2.
 Enero.

**Incidencia de
 de radiación (27°):**
 Máxima- 6.3 kwh/m2.
 Junio
 Mínima- 4.4 kwh/m2.
 Enero.
Total media anual:
 5.60 kwh/m2.



Graficas climáticas para Chihuahua elaboradas con la utilería Weather Tool, del Software Ecotect.

En la región noroeste, que abarca los estados de Sonora y Chihuahua se recibe la mayor irradiación global durante todo el año, con un mínimo de 3.41 Kw.h/m.2 en Diciembre y Enero, y un máximo registrado de 8.33 Kw.h/m.2 en Mayo y Junio.

En el caso específico de la ciudad de Chihuahua existe un gran potencial para el desarrollo de la energía solar como una fuente alternativa, ya que cuenta con una radiación promedio de alrededor de 5,6 Kwh./m2/día (5,600 Wh./m2/día); 1000 W/m2 durante más de 5 hrs. por día.

Parámetros de temperaturas recomendadas para el espacio interior en Chihuahua:

La vivienda energética y térmicamente eficiente, además de comprobar un ahorro de energía, debe mantener ciertas temperaturas entre el clima exterior y los ambientes interiores. Es elemental que la fluctuación del clima al interior garantice la comodidad del usuario.

En relación con el clima de la ciudad de Chihuahua se exponen temperaturas recomendadas en las cuales el ser humano siente comodidad.

Temperatura efectiva corregida (a 0.1 m/s), °C.:

Mes	Máxima	Media	Mínima
Enero	16.3	10.2	2.1
Febrero	18.4	12.8	5.2
Marzo	20.0	14.4	7.0
Abril	22.4	17.1	10.2
Mayo	24.8	20.3	14.8
Junio	25.9	22.7	18.4
Julio	25.3	22.4	17.9
Agosto	24.6	22.1	17.8
Septiembre	23.8	21.0	16.0
Octubre	22.1	17.7	10.9
Noviembre	18.8	13.1	5.4
Diciembre	15.9	10.2	2.6

Fuente: Datos calculados para Chihuahua por el Dr. Eduardo González Cruz, con la hoja de cálculo desarrollada en el laboratorio de investigaciones en Arquitectura Bioclimática del departamento de Medio Ambiente de la Univ. Autónoma Metropolitana desarrollada por Víctor Armando Fuentes Freixanet.

Diagrama Psicométrico, según Szokolay:
Temperatura neutra, °C

Mes	Temperatura neutra	Limite máximo de confort, +2.5	Limite mínimo de confort, -2.5
Enero	20.9	23.4	18.4
Febrero	21.8	24.3	19.3
Marzo	22.5	25.0	20.0
Abril	23.6	26.1	21.1
Mayo	25.0	27.5	22.5
Junio	25.8	28.3	23.3
Julio	25.5	28.0	23.0
Agosto	25.3	27.8	22.8
Septiembre	24.8	27.3	22.3
Octubre	23.6	26.1	21.1
Noviembre	21.9	24.4	19.4
Diciembre	20.9	23.4	18.4
PROM	23.5	26.0	21.0

Tablas de Mahoney

Mes	Grupo de humedad	Confort diurno		Confort nocturno	
		rango superior	rango inferior	rango superior	rango inferior
Enero	3.0	27 °C	21 °C	21 °C	14 °C
Febrero	2.0	29 °C	22 °C	22 °C	14 °C
Marzo	2.0	29 °C	22 °C	22 °C	14 °C
Abril	2.0	29 °C	22 °C	22 °C	14 °C
Mayo	2.0	29 °C	22 °C	22 °C	14 °C
Junio	2.0	29 °C	22 °C	22 °C	14 °C
Julio	2.0	29 °C	22 °C	22 °C	14 °C
Agosto	3.0	27 °C	21 °C	21 °C	14 °C
Septiembre	3.0	27 °C	21 °C	21 °C	14 °C
Octubre	3.0	27 °C	21 °C	21 °C	14 °C
Noviembre	3.0	27 °C	21 °C	21 °C	14 °C
Diciembre	3.0	27 °C	21 °C	21 °C	14 °C
PROM	2.0	28 °C	22 °C	22 °C	14 °C

Confort Higrométrico

Mes	Humedad superior de confort	Humedad inferior de confort
Enero	70.0%	30.0%
Febrero	70.0%	30.0%
Marzo	70.0%	30.0%
Abril	70.0%	30.0%
Mayo	70.0%	30.0%
Junio	70.0%	30.0%
Julio	70.0%	30.0%
Agosto	70.0%	30.0%
Septiembre	70.0%	30.0%
Octubre	70.0%	30.0%
Noviembre	70.0%	30.0%
Diciembre	70.0%	30.0%

El climograma de *Baruch Givoni* sintetiza las zonas de confort higrotérmico para invierno y verano sobre un diagrama psicrométrico, en el gráfico están reflejados los factores que definen el estado energético del aire, su temperatura y su contenido de agua en estado de vapor. En esta concepción el confort no es un valor fijo (por ejemplo: 39°C; 47% de humedad) sino que varía en un área delimitada por las temperaturas de entre 20 a 26°C y del 20 al 80% de humedad relativa. Esto es suponiendo un ambiente a la sombra, sin aportes adicionales de calor y para una persona con ropa liviana.

Las especificaciones de temperatura y humedad que determinan la zona de comodidad pueden modificarse o ampliarse para mayores porcentajes de humedad y distintas temperaturas, con varias técnicas.

Esas técnicas son:

- Ventilación cruzada.
- Inercia térmica y ventilación selectiva.
- Enfriamiento evaporativo y humidificación.
- Sistemas solares pasivos.

Para determinar la zona que garantice temperaturas de comodidad para la permanencia, en el diagrama psicrométrico intervienen varios parámetros:

- ↑ Humedad absoluta, (vapor de agua/ Kg. aire).
- Temperatura Seca, (°C.).
- ↗ Temperatura húmeda, (°C.).
- ↘ Humedad relativa, (%).

- Enfriamiento del aire: relación entre la condensación y el descenso de la temperatura.

- Evaporación de agua en el aire.

↔ Calor latente.

↕ Calor sensible.

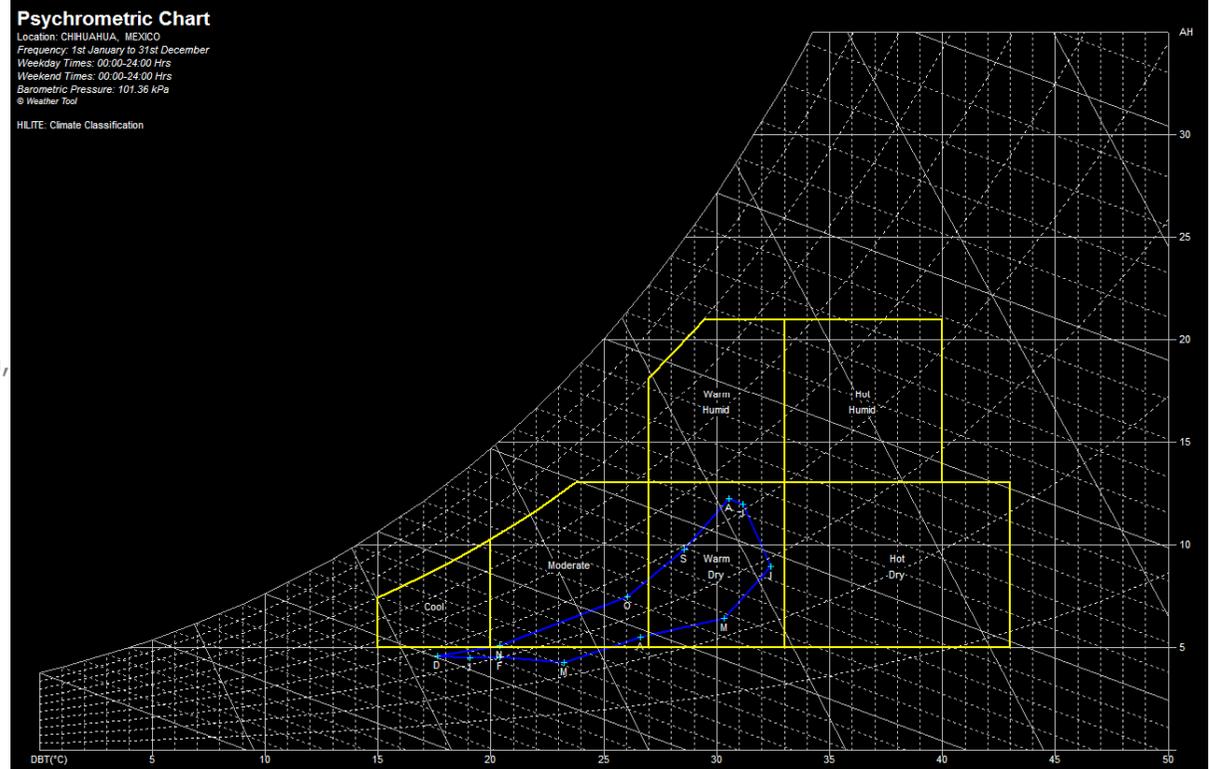
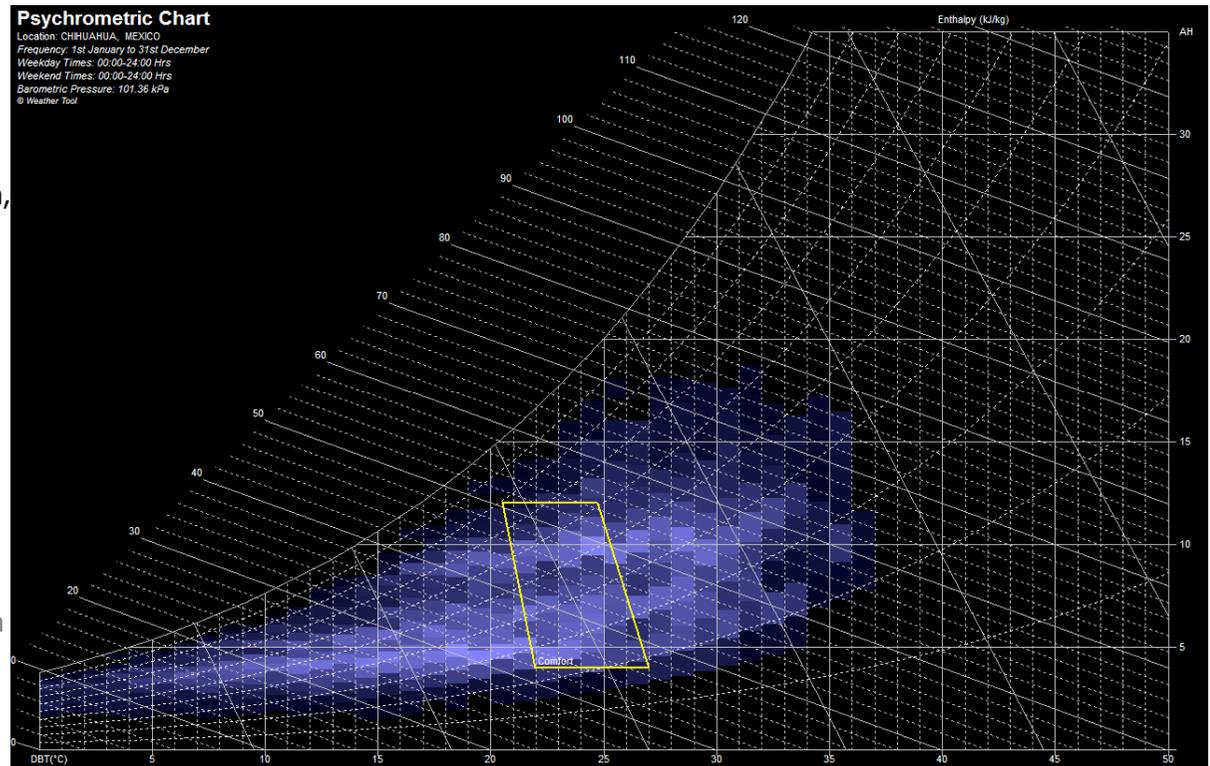
↘ Calor constante= entalpía, (entalpía en la saturación, Kcal/kg aire seco).

↘ Aires de la misma masa, (volumen específico, m3/Kg. aire seco).

- Factor de calor sensible. (calor sensible/calor total).

- Aire exterior y aire interior.

Graficas psicrométricas para confort en Chihuahua elaboradas con Weather Tool, del Software Ecotect.



Recomendaciones y estrategias.

Recomendaciones básicas para diseñar en clima calido seco.

Los espacios al exterior de la vivienda:

El clima como factor del medio, interviene para establecer las recomendaciones de diseño básico. En los espacios exteriores donde se disponen los conjuntos habitacionales en un bioclima calido seco, resulta favorable que a las agrupaciones de las viviendas se incorporen varios elementos:

- Plazas y plazoletas densamente arboladas con vegetación caducifolia.
- Vegetación perenne para el control de vientos fríos.
- Andadores con mínimas dimensiones, un mínimo de pavimento sombreado en verano y soleado en invierno.
- Acabados de pisos poco reflejantes y permeables.
- Humidificadores para el periodo de verano exclusivamente.

De la vegetación colocada en el exterior de la vivienda, los árboles de hoja caduca son adecuados para los andadores y sombrear las fachadas Sur, Este y Oeste; los de hoja perenne en sitios de estacionamiento, procurando que la distancia entre los árboles proporcione sombra continua; los arbustos funcionan como barreras de fríos (conviene que la vegetación que se considera se desarrolle con un mínimo requerimiento de agua).

La configuración del espacio exterior se diseña para generar un microclima que disminuya el intercambio de energía con los espacios interiores.

En las estructuras urbanas de trama rectangular, los frentes mas largos de las manzanas al Sur, y la orientación de los ejes viales Este-Oeste (con factor de corrección para evitar deslumbramiento a vehículos), beneficia el acceso del sol a los edificios.

Para agrupamientos habitacionales, se considera espaciamiento entre las edificaciones en el sentido Sureste–Noreste 1.7 veces la altura de la vivienda. La orientación de las viviendas cuando se conforme una crujía será preferentemente al Sureste, cuando es doble crujía la orientación viable es Norte–Sur, para procurar ganancias directas de calor en invierno.

La traza de las calles a 45° favorece la ventilación por los vientos dominantes para aprovechamiento durante verano en las horas nocturnas. Además se deben establecer las zonas de presión (+) y las de presión (-), para elegir aberturas.

Configuración, ubicación, y orientación de la vivienda:

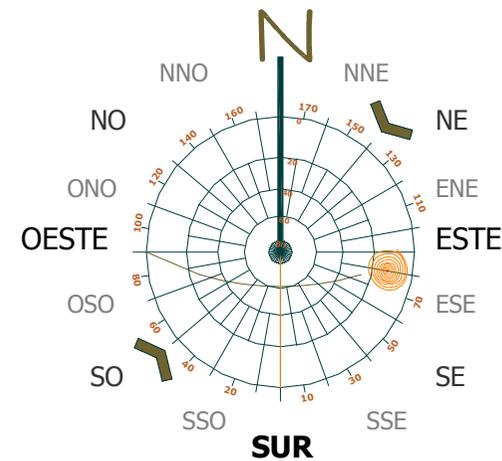
La configuración que ofrece mayor ventaja es la edificación compacta con patio, ubicando a la vivienda en una parcela con dimensiones mínimas recomendables de 8 a 10 mts. de ancho, y una profundidad entre los 12 y 14 mts. con tendencia a la proporción cuadrada para provocar patios, procurando que la vivienda quede adosada a otra vivienda o a la colindancia del lote (muro a muro).

Además, el desarrollo perimetral rectangular de poca profundidad, optimiza la ventilación y se expone poco al soleamiento del Oeste. La proporción óptima según Mayer es 1:2, aunque Olgyay recomienda de 1:1.7 a 1:3.

El diseño morfológico de la vivienda más eficiente se considera orientando la vivienda con el eje más corto al Norte-Sur y el eje largo al Este-Oeste (reducción de las superficies porosas al Este y Oeste, y aumento de superficies con la característica de porosidad al Sur). La orientación más favorable para la fachada principal es hacia el Sur, en el caso de la Norte las recomendaciones aplicaran en la fachada posterior (sur).*

En cada espacio de la vivienda según la actividad realizada es recomendable una orientación específica:

Zona	Requerimiento	Orientación recomendable.
De día:		
Cocina	Sombra	NO/N/NE
Tendedero	Sol	NO/NE
Lavadero	Sombra	NO/NE
Servicio	Sombra	N/NO/NE
Comedor	Sombra	SE/S/SO
Estancia	Sombra	SE/S/SO
Usos múltiples	Sombra	SE/S/SO
De noche:		
Recamara	Sombra	SE/S/SO
Baño	Sol	NO/ENE
Guardarropa	Sol	NO/ENE



Fuente: Guía CONAFOVI: "Recomendaciones bioclimáticas para el bioclima cálido seco".

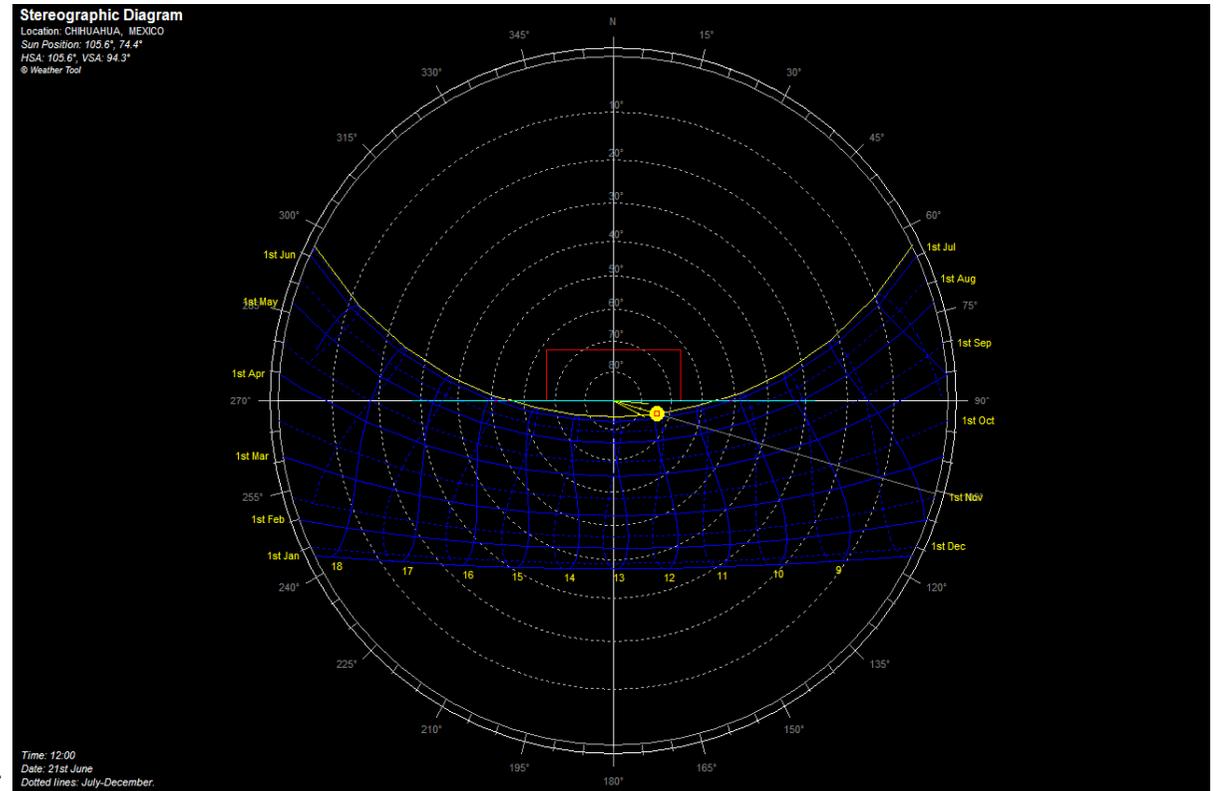
Generalmente la áreas de sala, comedor y recamaras se orientan al sureste, la cocina al norte o noreste y, los aseos y circulaciones al noroeste.

* Exposición, "Arquitectura Bioclimática", Dr. Luis C. Herrera Sosa.

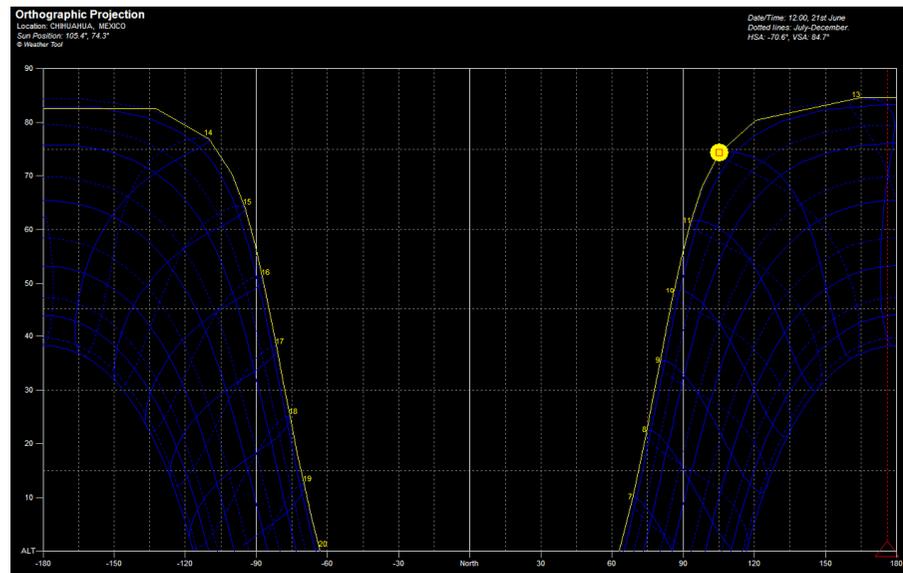
Para obtener una óptima orientación de la vivienda, es factible el uso de diagramas solares constituidos por códigos que permiten describir gráficamente las posiciones y trayectorias aparentes del sol en la bóveda celeste, sobre un plano. Las proyecciones pueden ser cilíndricas sobre un plano horizontal (ortográfica), sobre una curva (cilíndrica), o cónicas (estereográfica).

Diagrama de proyección estereográfica para la cd. de Chihuahua mostrando la posición solar en la máxima declinación meridional.

(Solsticio de verano, Junio 21 12:00 hrs.).



Proyección estereográfica con posición solar para latitud Norte de 28° 6', elaboradas con la utilería Weather Tool, del Software Ecotect.



Proyección ortográfica para Chihuahua en el Solsticio de verano (Junio 21 12:00 hrs.).

Proyección ortográfica con posición solar para latitud Norte de 28° 6', elaboradas con la utilería Weather Tool, del Software Ecotect.

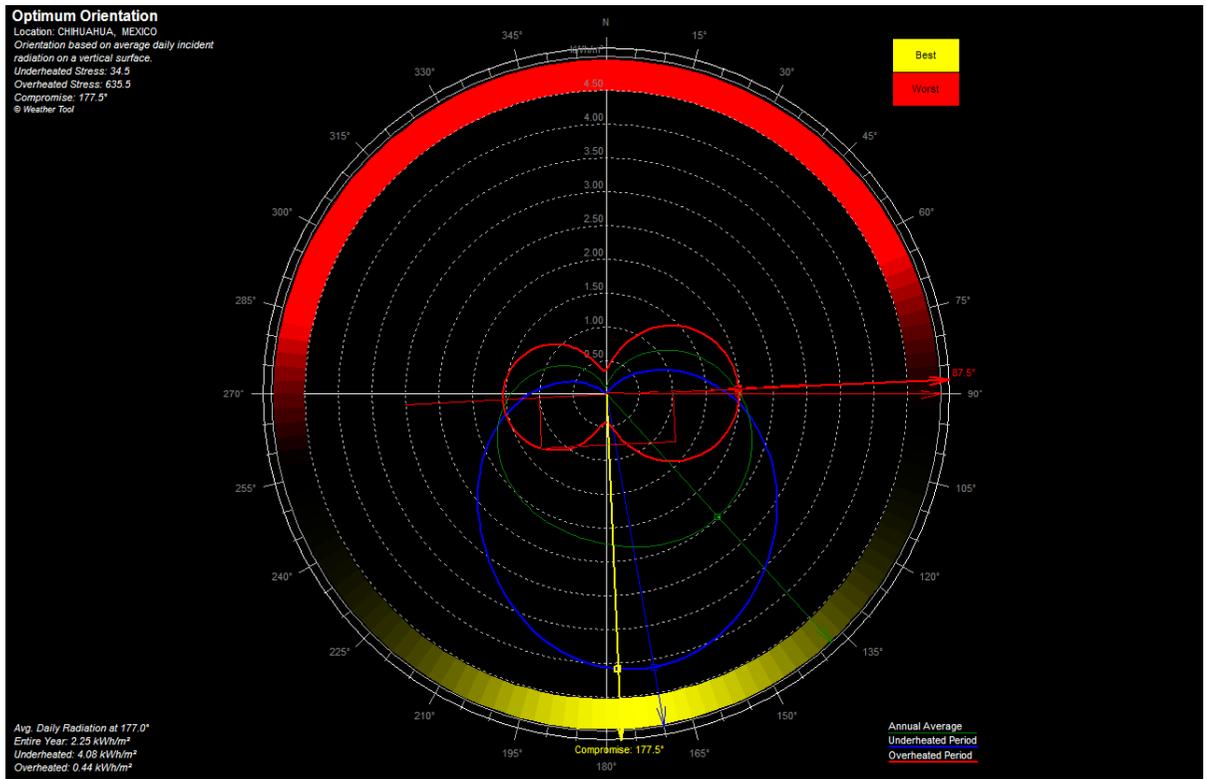
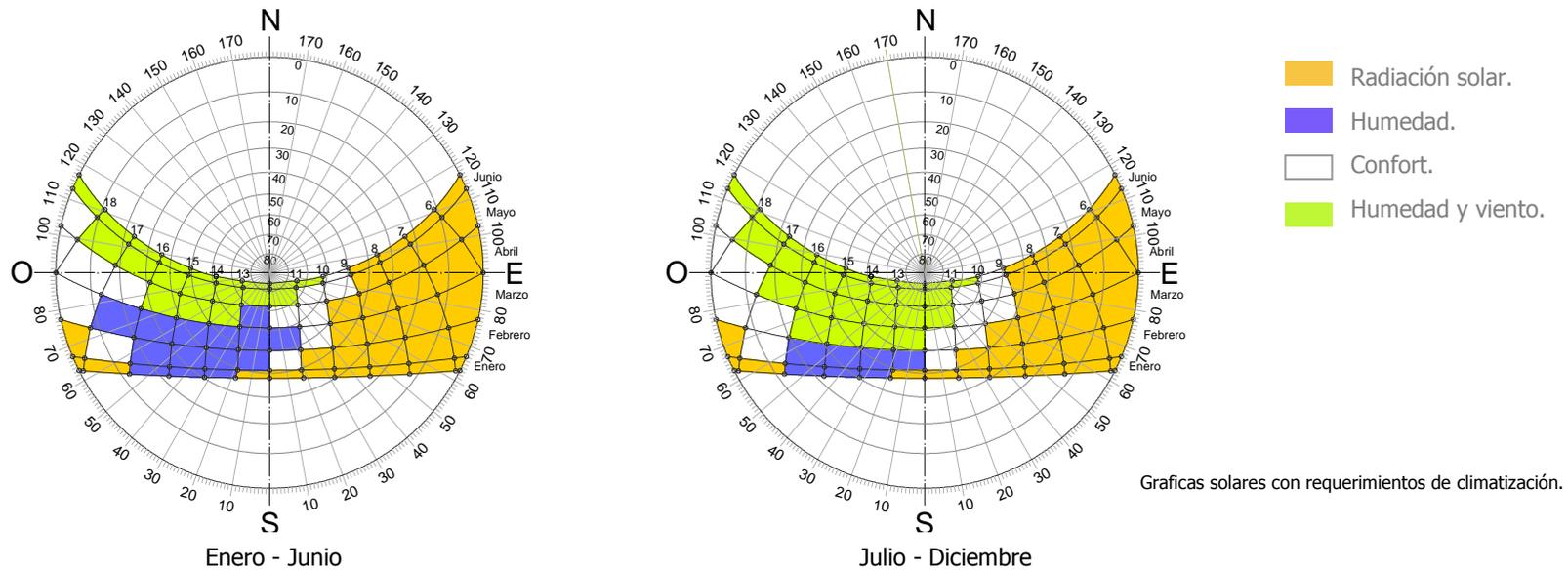


Diagrama de orientación óptima.

Para el calculo de la orientación optima representada en el diagrama se consideran los meses más calidos y más fríos (verano e invierno), resultado establecido con el promedio diario de la radiación incidente sobre una superficie vertical. [^]

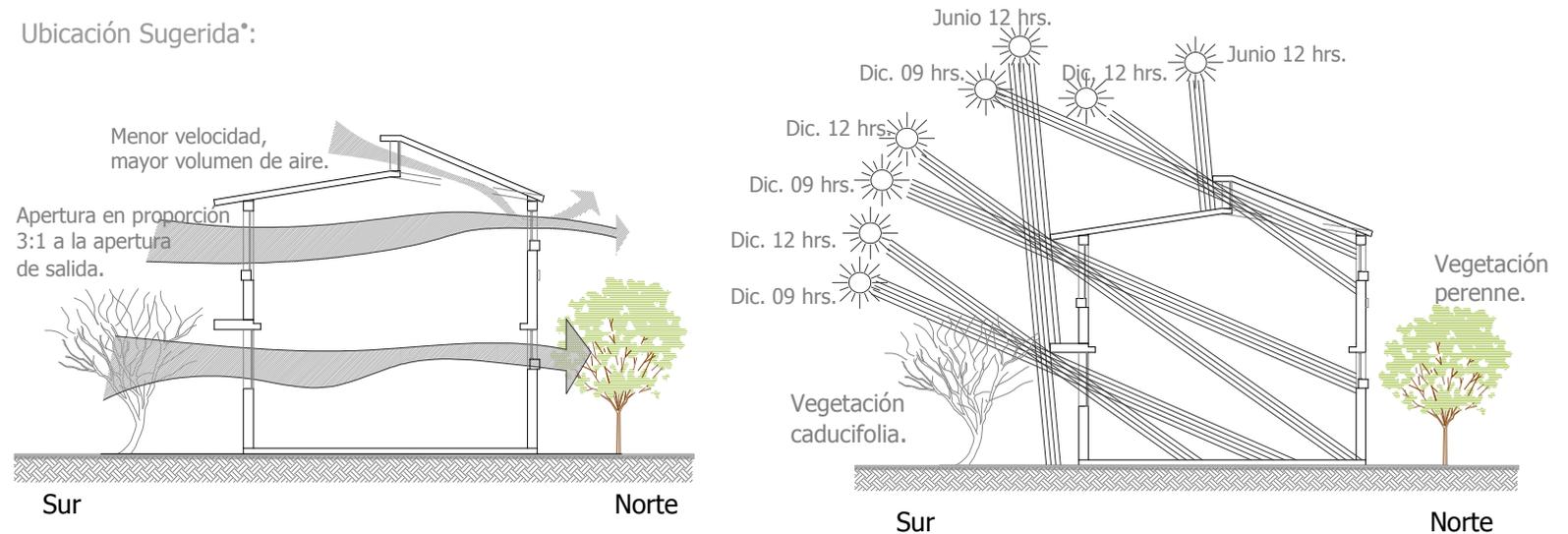


Graficas solares con requerimientos de climatización.

[^] Calculo de orientación para Chihuahua en software Ecotect.

Considerando los requerimientos de climatización y orientación óptima, además de emplazar a la vivienda Norte-Sur con una inclinación de 2.5° Este, considerar características de diseño que aporten o eviten la radiación solar.

Ubicación Sugerida*:



Estrategias de control para diseño en el sitio.

Criterios y pautas para climatización pasiva en clima calido seco:

La escasa previsión en la edificación implica temperaturas interiores que se regulan con excesos en los consumos de energía. La situación ecológica y económica obliga a considerar las características geográficas y climáticas para generar pautas de diseño que favorezcan proyectos más eficientes en relación con el medio.

Considerando los parámetros geográfico, ambiental y climático para el bioclima calido seco de Chihuahua, se definen criterios unidireccionales que alcancen calidad térmica y eviten el sobrecalentamiento o enfriamiento de los edificios.

La investigación resume los principales criterios:

- Aumentar la estanqueidad del edificio. (La estanqueidad del edificio no se debe únicamente a las ventanas).

* Esquemas elaborado por el Dr. Luís Carlos Herrera, para orientación de viviendas en Chihuahua.

- Controlar los caudales de ventilación en función de las necesidades reales de calidad de aire.
- Recuperación de la energía de extracción.
- Atemperación del aire impulsado mediante medios naturales.
- Evitar el calentamiento y provocar enfriamiento en verano.
- Dispersión de la radiación solar en invierno.
- Vegetación que no obstruya la ventilación, y que produzca sombra en los muros Sur, Este y Oeste.

Los dos primeros puntos solo tienen sentido si se implementan simultáneamente.

Los dos últimos no tienen sentido si no se implementan los dos anteriores.

Eficiencia energética en demanda régimen de refrigeración

	Reducir U	Reducir área solar sur equivalente.	Aumentar renovaciones / h. con baja temperatura exterior.	Aumentar factor de utilización de ventilación nocturna.
Ubicación.		Control solar (factor sombra).		
Forma.		Control solar (factor sombra).		
Situación relativa de aberturas en fachada y distribución interior.		Control solar (factor sombra).	X	
Obstáculos de fachada y elementos de sombra.		Control solar (factor sombra).		
Porcentaje acristalado.		X		
Orientación.		Orientación este y oeste.		
Aislamientos opacos.	Solo en cubiertas			
Calidad de las ventanas.	Neutro	X		
Inercia.				X

U- Transmitancia térmica (máx.) / flujo de calor por conducción, $U=1/RT$ (resistencia total) (w/m.2 k).

Eficiencia energética en demanda régimen de calefacción.

	Reducir U	Aumentar compacidad.	Aumentar área solar Sur equivalente.	Reducir renovaciones / h. innecesarias.	Aumentar factor de utilización.
Ubicación.			Acceso solar (factor de sombra).		
Forma.		X	Acceso solar (factor de sombra).		
Numero de plantas		X			
Porcentaje acristalado.	X				X
Orientación.			Área Sur equivalente.		X
Aislamientos en opacos.	X				
Calidad de las ventanas.	X		Área solar (se reduce)	Permeabilidad	
Calidad de la construcción.				X	
Inercia.					X

		Conducción.	Convección.	Radiación.	Evaporación.	
Estrategias de control.	Invierno.	Promover ganancia.			Promover ganancia solar.	
		Evitar pérdidas.	Minimizar pérdidas por conducción.	Minimizar flujo aire exterior.		
				Minimizar infiltración.		
	Verano.	Evitar ganancias	Minimizar pérdidas por conducción.	Minimizar infiltración.		
		Promover pérdidas	Promover enfriamiento hacia la tierra.	Promover enfriamiento convectivo.	Promover enfriamiento radiativo.	Promover enfriamiento evaporativo.
		Fuentes de calor		Aire.	Sol.	
Pozos térmicos	Tierra.	Aire.	Cielo.	Aire.		

Fuente: Tabla de estrategias pasivas de climatización sugeridas por el Dr. Eduardo González Cruz.

Estrategias y recomendaciones de diseño en Chihuahua:

Estrategias de diseño determinadas de acuerdo al triangulo de confort de Evans para Chihuahua:

Mes	Ganancia solar.	Ganancias internas.	Masa térmica.	Ventilación.	Ventilación selectiva.	Enfriamiento evaporativo.	Humidificación.	Masa térmica + Solar.
Enero								GS+MT
Febrero								GS+MT
Marzo								GS+MT
Abril			MT					
Mayo			MT					
Junio			MT		VS	EE		
Julio			MT		VS	EE		
Agosto			MT		VS	EE		
Septiembre			MT					
Octubre			MT					
Noviembre								GS+MT
Diciembre								GS+MT

Fuente: Datos calculados para Chihuahua por el Dr. Eduardo González Cruz, con la hoja de calculo desarrollada en el laboratorio de investigaciones en Arquitectura Bioclimática del departamento de Medio Ambiente de la Univ. Autónoma Metropolitana por Víctor Armando Fuentes Freixanet.

Estrategias de diseño determinadas de acuerdo a la carta bioclimática de Olgyay (revisada por Szokolay) para Chihuahua.

Mes	Radiación (w/m ²)			Sombreado			Ventilación			Humidificación		
	T. max.	T. med.	T. min.	T. max.	T. med.	T. min.	T. max.	T. med.	T. min.	T. max.	T. med.	T. min.
Enero	70-140	280-350	>490									
Febrero		210-280	420-490	S						H		
Marzo		140-210	420-491	S						H		
Abril		0-70	280-350	S						H		
Mayo			140-210	S	S					H		
Junio			0-70	S	S		V	V		H	H	
Julio			0-70	S	S		V			H		
Agosto			0-70	S	S		V			H		
Septiembre			70-140	S	S		V			H		
Octubre		0-70	280-350	S						H		
Noviembre		210-280	420-490	S						H		
Diciembre	70-140	280-350	>490									

Estrategias de diseño determinadas de acuerdo al diagrama Psicométrico según Szokolay, para Chihuahua.

Mes	Radiación solar			Sombreado			Ventilación			Enfriamiento evaporativo			Masa térmica inercial	
	T. max.	T. med.	T. min.	T. max.	T. med.	T. min.	T. max.	T. med.	T. min.	T. max.	T. med.	T. min.		
Enero	R	R												
Febrero		R		S										
Marzo		R	R	S						EE				Mi
Abril		R	R	S						EE				Mi
Mayo			R	S	S					EE				Mi
Junio			R	S	S		V	V		EE	EE			Mi
Julio			R	S	S		V			EE				Mi
Agosto			R	S	S		V			EE				Mi
Septiembre			R	S	S		V			EE				Mi
Octubre		R	R	S						EE				Mi
Noviembre		R		S						EE				
Diciembre	R	R												

Mes	Masa térmica			Masa térmica / ventilación nocturna			Calefacción convencional			Aire acondicionado			Confort		
	T. max.	T. med.	T. min.										Max.	Med.	Min.
Enero									CC						
Febrero									CC						
Marzo															
Abril															
Mayo		M												C	
Junio		M		M/V											
Julio	M	M												C	
Agosto	M	M												C	
Septiembre	M	M												C	
Octubre															
Noviembre									CC						
Diciembre									CC						

Fuente: Datos calculados para Chihuahua por el Dr. Eduardo González Cruz, con la hoja de calculo desarrollada en el laboratorio de investigaciones en Arquitectura Bioclimática del departamento de Medio Ambiente de la Univ. Autónoma Metropolitana por Víctor Armando Fuentes Freixanet.

Pautas de diseño bioambiental revisadas de acuerdo a los indicadores de Mahoney para Chihuahua.

Indicadores	Humedad	Movimiento de aire imprescindible.	0	meses.
		Movimiento de aire deseable.	0	meses.
		Protección de lluvia.	1	mes.
	Aridez	Inercia térmica.	12	meses.
		Ventilación selectiva.	9	meses.
		Meses secos.	6	meses.
	Frío	Meses días fríos.	2	mes.
		Meses noches fríos.	2	meses.
		Demanda de calefacción.	Ninguna	

Recomendaciones.	Distribución.	Orientación Norte-Sur, (eje largo E-O). Agrupamiento y configuración compactas. Exposición al Este para recibir sol matutino en invierno. Edificio con salientes al Oeste para evitar sol en verano. Edificio con rremetimientos al Este para evitar sol en verano. Formas abiertas a patios. Concepto de patio compacto.
	Espaciamento.	Mucho volumen en relación al área de piso. Altura mínima igual a 3.00 mts.
	Ventilación.	Protección de vientos en configuraciones extendidas. Habitaciones de una galería, ventilación constante. Habitaciones en doble galería, ventilación temporal. Ventilación selectiva.
	Tamaño de las aberturas respecto al área de muro de fachada.	40 - 60%, en fachada al Norte. 20 - 30%, en fachada al Sur. 10 - 15%, con fachada al Este.
	Posición de las aberturas.	En muros N. y S. a la altura de los ocupantes en barlovento.
	Geometría de las aberturas.	Rectangular horizontal al Norte y al Sur. Rectangular vertical al Este.
	Ubicación de la abertura en el muro.	Con muros al Norte, centrada. Con muros al Sur, esquinada hacia el Este. Con muros al Sur, esquinada hacia el Sur.
	Protección de las aberturas.	Sombreado total y permanente. Protección mínima contra la lluvia.
	Muros interiores.	Incorpora masa térmica. Peso estructural ligero, sin recibir directamente la incidencia solar. Acabados reflejantes con colores claros.

Fuente: Pautas de diseño calculados para Chihuahua por el Dr. Jorge Czajkowski. con la hoja de calculo desarrollada en el Centro de Investigación Hábitat y Energía de la Facultad de Arquitectura , Diseño y Urbanismo en la Universidad de Buenos Aires.

Muros exteriores.	Aislante $k < 1,1$. Arriba de 8 hrs. de retardo termico, (14 hrs. de retraso termico). Evitar insolación directa en verano. Tipo estructural medio, con acabados reflectivos. Evitar contacto con banquetas, aislamiento hasta de 40cm.(prof.).
Techos.	Aislante $K=0,5$. Ligero, poca capacidad calorífica y muy reflejante del infrarrojo. Falso techo ventilado con lamina reflejante al interior de la cámara. Arriba de 8 hrs. de retardo termico, (14 hrs. de retraso termico).
Geometría para techos.	Cúpula: Ideal. Bóveda de cañón: Favorable. Plano inclinado y plegadura: Buena.
Pisos interiores.	Aislante $K=0,5$. Tipo estructural denso, con sombra continua y buena admisibilidad. Colores claros o ligeramente óxidos.
Exteriores.	Espacios de uso nocturno al exterior. Lluvia mínima sin necesidad de protección. Necesidad de riego artificial. Expansiones visuales. Espacios exteriores confortables sin sol.

Estrategia general y elementos reguladores para clima calido seco:

SISTEMAS PASIVOS				OPCIONES DE DISEÑO ARQUITECTÓNICO												ELEMENTOS REGULADORES	
ESTRATEGIAS	SISTEMA	MECANISMO T.	ESTRATEGIA	Periodo:	Invierno			Primave			Verano			Otoño			
					ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE		DICIEMBRE
DESHUMIDIFICACIÓN	DIRECTA	R	Promover el calentamiento directo.	día noche													Ganancia solar directa por acristalamientos: ventanas, tragaluces lucernarios. Chimeneas o radiadores de alta eficiencia.
	INDIRECTA	Cd	Promover el calentamiento indirecto.	día noche													Inercia térmica de materiales, muro trombe, invernadero adosado o seco. Chimeneas o radiadores de alta eficiencia.
		Cv	Promover la ventilación natural o inducida.	día noche													Ventilación natural, colectores de aire, muro trombe, invernadero seco.

Mecanismos de transferencia:

- R= Radiación.
- Cd= Conducción.
- Cv= Convección.
- Ev= Evaporación.

HUMIDIFICACIÓN	DIRECTA	Ev	Promover sistemas evaporativos.	día noche		Espejos de agua, fuentes, cortinas de agua, albercas, lagos, ríos, mar, vegetación.
	INDIRECTA	Cv	Promover la ventilación inducida.	día noche		Dúctos eólicos, colectores de aire, muro trombe, invernaderos húmedo.
CALENTAMIENTO	DIRECTO	R	Promover la ganancia solar directa.	día noche		Elementos acristalados: ventanas, tragaluces, lucernarios.
			Promover las ganancias internas.	día noche		Personas, lámparas, equipos, chimeneas.
	INDIRECTO	Cd	Promover la ganancia solar indirecta.	día noche		Inercia térmica de materiales, radiación reflejada, muro trombe, invernaderos, sistemas aislados.
			Minimizar el flujo conductivo de calor.	día noche		Materiales aislantes, contraventanas.
		Cv	Minimizar el flujo de aire externo.	día noche		Protección contra el viento (barreras vegetales o arquitectónicas) Exclusas térmicas y hermeticidad.
			Minimizar la infiltración.	día noche		Exclusas térmicas, hermeticidad.
ENFRIAMIENTO	DIRECTO	R	Minimizar la ganancia solar.	día noche		Dispositivos de control solar: volados, aleros, partesoles, toldos, pergolas, celosías, orientación y vegetación.
		Cv	Promover la ventilación natural.	día noche		Ventilación cruzada.
		Ev	Promover el enfriamiento evaporativo.	día noche		Fuentes, vegetación, fuentes cortinas de agua, riego por aspersión.
	INDIRECTO	R	Promover el enfriamiento radiante.	día noche		Uso de materiales radiantes, "cubierta estanque".
		Cd	Minimizar el flujo conductivo de calor.	día noche		Materiales aislantes, contraventanas.
		Cd	Amortiguamiento térmico.	día noche		Inercia térmica de los materiales, ajardinados.
		Cd	Promover enfriamiento terrestre.	día noche		Materiales y sumideros de calor, casa enterrada o con taludes.
Cv	Promover la ventilación forzada o pre-tratada.	día noche		Extractores de aire, torres eólicas, muro trombe, colectores de aire, cámaras de aire, porticos.		
Ev	Promover el enfriamiento evaporativo indirecto.	día noche		Losa o muros húmedos (exterior)		

- Necesario.
- Parcialmente.
- Evitar.
- Restringir.

Fuente: Datos calculados para Chihuahua por el Dr. Eduardo González Cruz, hoja de cálculo hecha en el laboratorio de investigaciones en Arquitectura Bioclimática del departamento de Medio Ambiente de la U.A.M. por Víctor Armando Fuentes Freixanet.

Vivienda de referencia (V-r).

Análisis de la vivienda utilizada como referencia.

Selección y características generales:

Para determinar la unidad de vivienda utilizada como referencia en el estudio paramétrico comparativo, se consideró una tipología de casas que a partir del año 2004 se ha construido con mayor recurrencia en la ciudad de Chihuahua.

El aumento en la construcción de esta serie de viviendas que se incorpora al mercado inmobiliario como "vivienda media de interés social", de costes que van desde 300 hasta 500 veces el salario mínimo mensual, (entre \$470,000 y \$800,000 pesos, equivalente a 24,214 €. y 41,215 €), se origina principalmente por la factibilidad de un sector del mercado para aprobar un financiamiento.

Un mercado constituido principalmente por personas con nivel económico medio, que consiguen acceder a un crédito hipotecario a través de instituciones financieras o a través de prestaciones sociales, lo que resulta más conveniente para la iniciativa privada que promueve la vivienda.

El sector demandante se constituye regularmente de parejas jóvenes y/o núcleos familiares pequeños (un hijo o dos como máximo), que aumentan sus posibilidades crediticias al sumar sus ingresos para los pagos de una financiación, también de quienes tienen la oportunidad de comprobar ingresos durante un largo plazo, o de quienes han ahorrado a través de alguna prestación social para vivienda.

La tipología de vivienda seleccionada se caracteriza por su homogeneidad en el diseño, distribución de los espacios al interior, dimensiones, procedimiento constructivo y material.

El diseño y las dimensiones están relacionados con el costo (al que hay que ajustarse), las necesidades de los ocupantes (usualmente familias de tres o cuatro integrantes), y la obligación de respetar las restricciones mínimas habitacionales para construcción referidas en la normativa Municipal. (*"Particularidades de la vivienda" del C-2*)

Un procedimiento constructivo convencional, con materiales habitualmente utilizados por la mayoría de los promotores o constructores que edifican desde la unidad básica, hasta la vivienda media o de interés social.

No obstante que las edificaciones son realizadas por distintas empresas en puntos que abarcan cerca de la totalidad de la mancha urbana, no se contemplan consideraciones formales y probadas para aprovechar las alternativas que ofrece el

entorno y el medio para la climatización, son escasos los tratamientos a la envolvente para disminuir el consumo energético, y en la totalidad de los casos, el constructor asume que los habitantes deberán utilizar sistemas activos para climatizar los interiores sin suponer los costos ambientales y económicos que la vivienda genera durante su vida útil.



Serie de viviendas edificadas en Chihuahua con similitudes constructivas y espaciales dentro del contexto urbano.

Fotos de viviendas visitadas en fraccionamientos: Campo Bello, Los Claustros, Rinconada Taurina, Cerrada Robinsón, Los Huertos, Los Arquitos, Conjunto Santa Rita, Cafetales, Los Arroyos, El León y Quintas Sebastián.

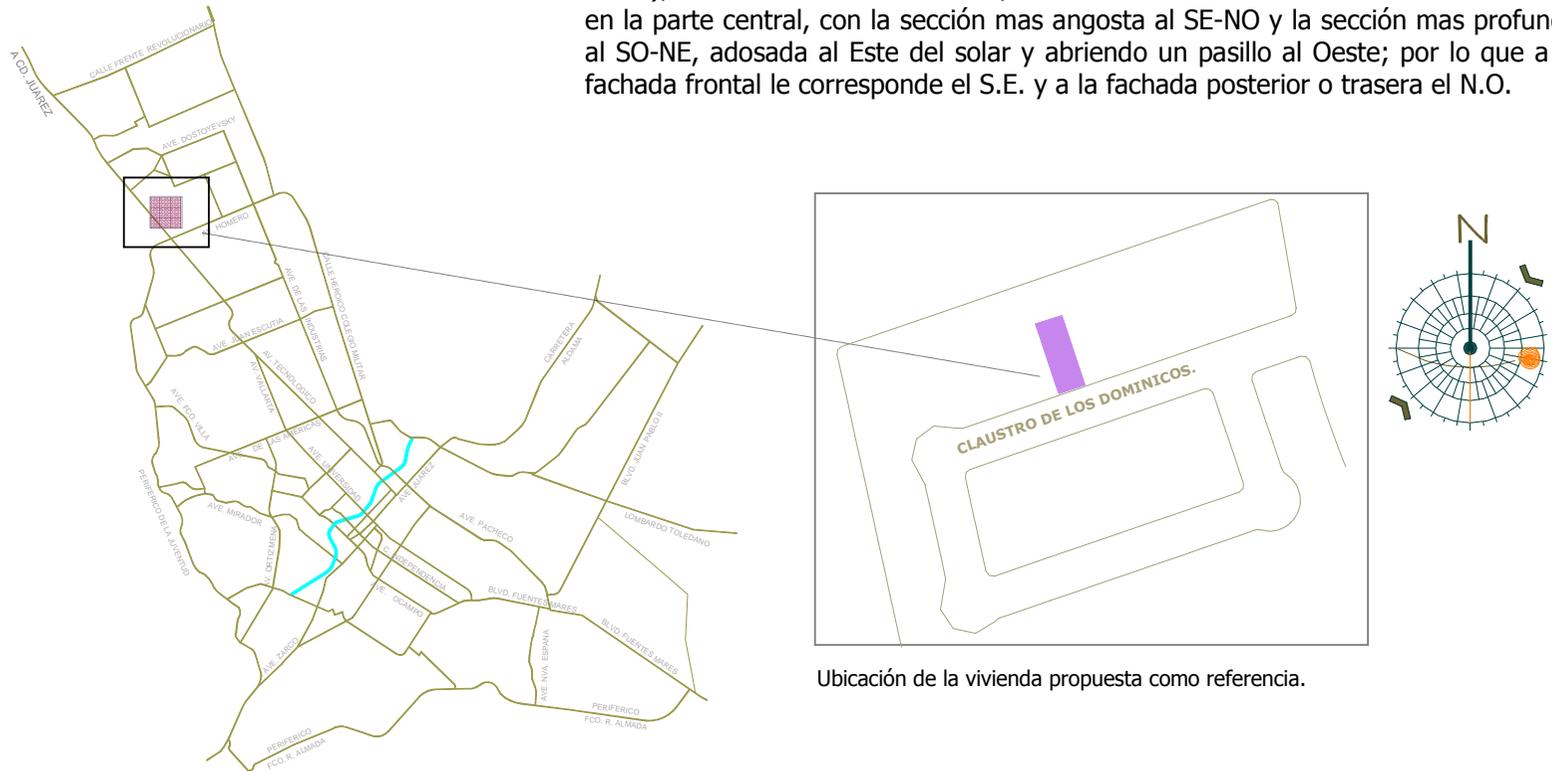
La similitud morfológica y constructiva de la serie de vivienda "media de interés social" en Chihuahua; justificada por las obligaciones normativas, económicas y necesidades básicas de la función, permiten que la descripción de una muestra sea utilizada como "la unidad de referencia".

Formato y elementos constructivos de la vivienda de referencia (V-r):

En la descripción específica de la vivienda que representa a la serie y que se expone como referencia se describen los recursos preestablecidos elementales de la edificación: El programa de espacios, la orientación geográfica en el entorno, la relación entre la superficie edificada y la superficie habitable, orientación y soleamiento del edificio, los materiales utilizados en la construcción, la forma (compacidad, esbeltez, porosidad), el interior (compartimentación, conexión, peso interior, textura interior, geometría) y el tratamiento de la piel o envoltente (transparencia-perforación, contactos: asentamiento-adosamiento, aislamiento-peso, tersura-textura, color).

Orientación geográfica en el entorno:

La vivienda esta construida en un terreno rectangular de 120.05 mts.2 (7.0 x 17.15), orientado Noroeste-Sureste, en donde la edificación de la vivienda se coloca en la parte central, con la sección mas angosta al SE-NO y la sección mas profunda al SO-NE, adosada al Este del solar y abriendo un pasillo al Oeste; por lo que a la fachada frontal le corresponde el S.E. y a la fachada posterior o trasera el N.O.



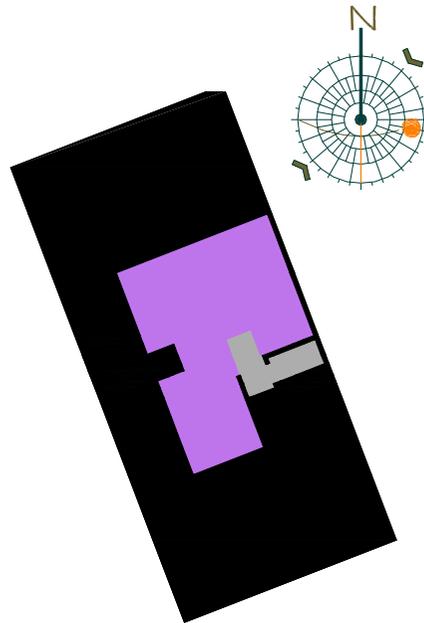
Ubicación de la vivienda propuesta como referencia.

Relación superficie edificada y habitable:

Superficie edificada:
91.28 mts.2 en dos niveles.

Superficie habitable:
78.23 Mts.2; de los que 35.75 mts.2 son de planta baja y 42.48 mts.2 de primer nivel o planta alta.

Programa y distribución de espacios:



Relación del área habitada en el lote.

En un lote de 120.05 mts.2, los espacios se organizan en: Zonas abiertas:
Patio posterior abierto al Noroeste de 36.27 mts.2 (tipo casa-jardín), un patio frontal al Sureste de 39.83 mts.2 donde el 50% se considera como espacio para el automóvil, y un área sirviente o de servicio al Oeste de 15.38 mts.2 utilizada como pasillo, donde se ubican una lavandería y un espacio de .70 mts.2 semi-abierto (techado por la losa del entrepiso) en donde usualmente se coloca el tanque para almacenar gas licuado de petróleo (aunque en este caso particular en el espacio se colocó un sistema de calefacción activa por convección dado que el tanque sobrepasa la dimensión del área).

Con un área de 2.62 mts.2 como pórtico que sirve de transición interior-exterior en el acceso principal cubierto por la losa del entrepiso que funciona como protección solar en época estival.

Espacios organizados al interior:
En la planta baja: Al Suroeste de la edificación se integra un espacio con 9.27 mts.2 para cocina, al Sureste un 1/2 baño para visitas con 1.61 mts.2, al Noroeste el comedor con 8.77 mts.2, al Noreste la sala o estancia con 10.41 mts.2, y entre el 1/2 baño y la estancia se considero el cubo para escaleras con 3.95 mts.2.
En el primer nivel o planta alta, al Suroeste de la edificación (fachada principal o frontal) se considera el espacio para el dormitorio principal con 11.70 mts.2 y un baño con 3.25 mts.2, y al Norte se aparean dos alcobas con 10.54 y 11.70 mts.2 respectivamente.



Materiales de construcción:



Estructura:

Losa (forjado) de cimentación de concreto armado de 10 cms. de espesor con concreto premezclado $f'c= 200 \text{ kg./cm}^2$, reforzada con acero tipo varilla corrugada $f_y= 4,200 \text{ Kg/cm}^2$ de 3/8" o No. 3.

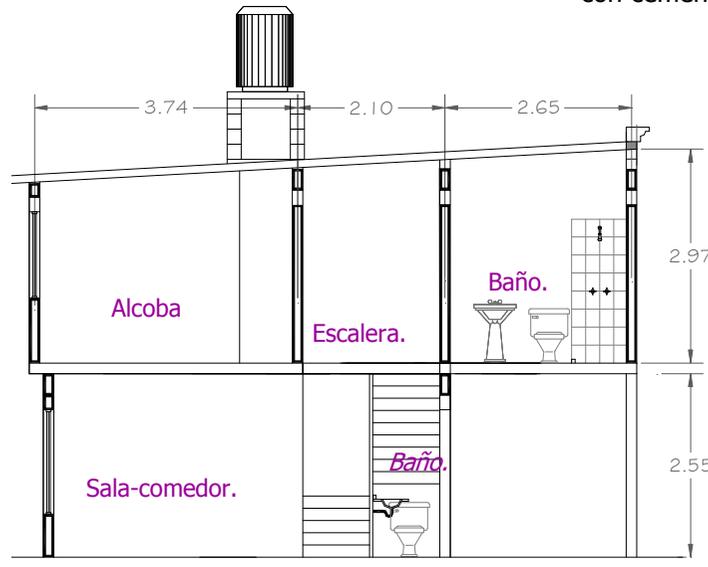
Muros de tabique de barro rojo cocido de 7x14x28 cms. asentados con mezcla de mortero o mezcla de cemento-arena proporción 1:5. y castillos de concreto $f'c=150 \text{ Kg/cm}^2$. con armex 11x11-3 cms.

Cerramiento (daldas) a una altura de 2.1 mts. de concreto reforzado de $f'c=150 \text{ Kg/cm}^2$. con armex 11 x 11 -3 cms.

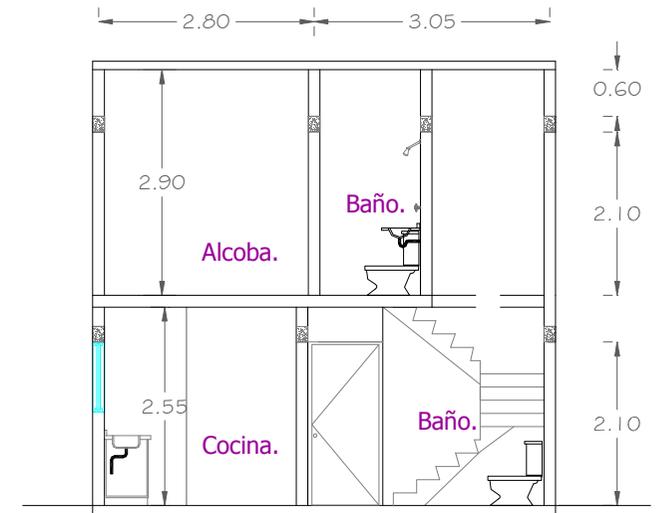
Losa de entepiso de concreto premezclado de $f'c= 200 \text{ kg./cm}^2$, de 12 cms. de espesor tipo aligerada con casetón de poliestireno de 7x50x60 cms., con entrecalles de 10 cms. de ancho armado con varilla de 3/8" o No. 3.

Losa de azotea aligerada con casetón de poliestireno expandido de 7 x 50 x 60 cm., peralte de 12 cm. incluye cimbra aparente, reforzado con acero No. 3 (3/8") $f'y=4,200 \text{ kg./cm}^2$ y concreto premezclado $f'c= 200 \text{ kg/cm}^2$ agregado máx. 3/4".

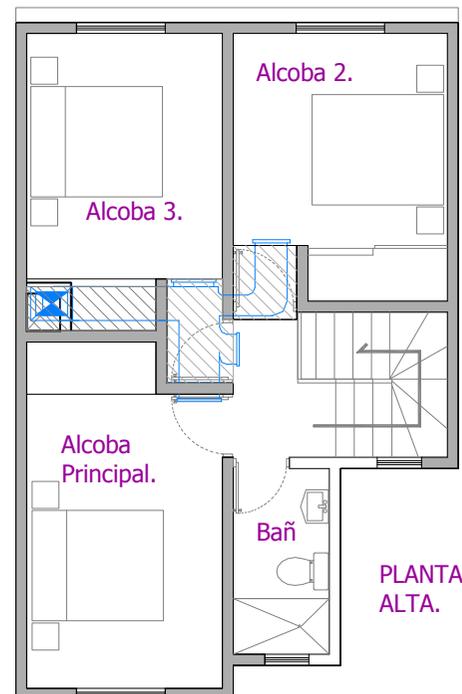
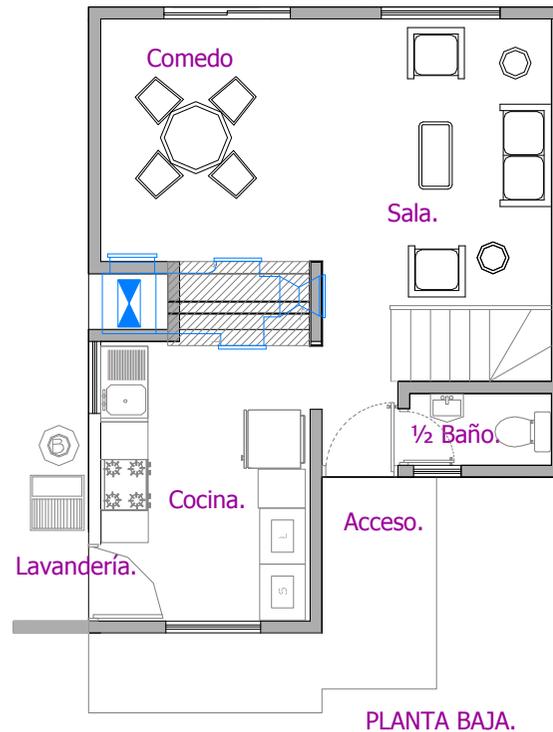
Barda medianera con block de concreto de 15x20x40 cms. a una altura de 1.05 mts., asentado con mezcla mortero-arena en proporción 1:5, mejorado en un 10% con cemento (no es muro de carga).



SECCION: ESTE-OESTE



SECCION: NORTE-SUR



Acabados:

Aplanado en muros exteriores a base de estuco con color integrado; en muros de fachada (únicamente) con mortero cemento-arena y pintura vinílica. Aplanado en muros interiores a base de estuco con color.

Lambrín de azulejo cerámico en el área de la regadera hasta una altura de 2.00 mts.

Acabado en techos a base de tiról "tipo gota"; y a base de yeso con pintura de esmalte en cocina y baños.

Piso de concreto acabado cerrado fino en toda la vivienda, cubierto con duela vinílica laminada de 2 mm. de espesor en las áreas de comedor y sala, en cubo o charola de la regadera cerámica de 30 x 30 cms., piso cerámico en área de cocina; zoclo vinílico en muros. En el primer nivel el piso de concreto esta cubierto con alfombra.

Instalaciones energía eléctrica y gas:

Red oculta de poliducto de 1/2" color naranja con cables libres del No. 12 y No. 14, los revestidos color marfil y el centro de carga QO-2 con 2 pastillas de 30 amperes. Ductos de lámina galvanizada y plafón.

Instalación para gas licuado de petróleo con líneas para red agua caliente sanitaria de Cobre tipo "L" con diámetros según proyecto.

Tanque para almacenamiento de gas L.P. (licuado de petróleo) con capacidad de 500 lts.

Instalaciones para climatizar:

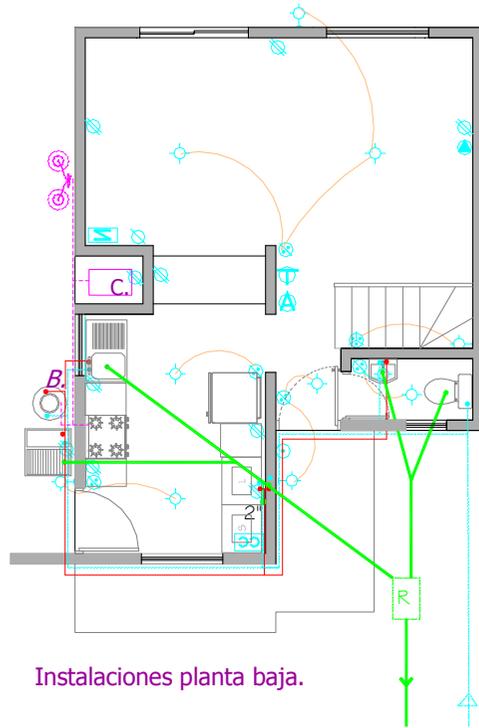
Ductos de aluminio de 0.6x0.6 cms. por techo para el clima (cubiertos o cerrados con falso plafón de yeso y pintura vinílica).

Instalaciones hidro-sanitarias:

Tubería de drenaje de P.V.C. de 2" y 4" con pendiente mínima del 2% conectada a la red general.

La red interior para suministro de agua potable esta compuesta con tubería de Cobre tipo "M" con diámetros según proyecto.

Tanque o tinaco para almacenamiento de agua potable, color negro con capacidad de 800 lts. Colocado sobre losa de azotea.



Instalaciones planta baja.

Regadera con brazo, cebolleta, chapetones, manerales y llaves en baños y lavabos.

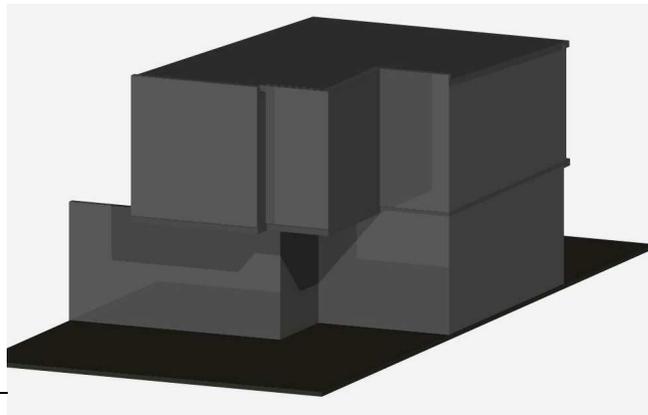
Carpinterías:

Puertas interiores de tambor (paneles de madera interior y exterior con cámara de aire) y contramarco metálico; puerta principal tipo multipanel mixta de 0.90 x 2.03 mts. (panel de aluminio al exterior y de madera al interior con una cámara rellena de poliuretano) y contramarco metálico. Puerta exterior en cocina tipo multipanel lisa de 0.90 x 2.03 mts. con contramarco metálico.

Ventanearía con carpinteras de aluminio natural anodizado, perfil de 1 1/2", mosqueteros y vidrio semidoble translucido de 63-3mm. con mosquetero sellado a base de silicón. Puerta corrediza con perfiles de aluminio natural anodizado de 1.60 x 2.03 mts. en área de comedor.

Características arquitectónicas particulares:

La Forma:



Compacidad:

Relación entre la superficie que rodea al edificio y su volumen. "A mayor compacidad y/o volumen de un edificio, menor intercambio energético (climático, lumínico, acústico, etc.)"; La compacidad máxima de un edificio será igual a 1 (la esfera).®

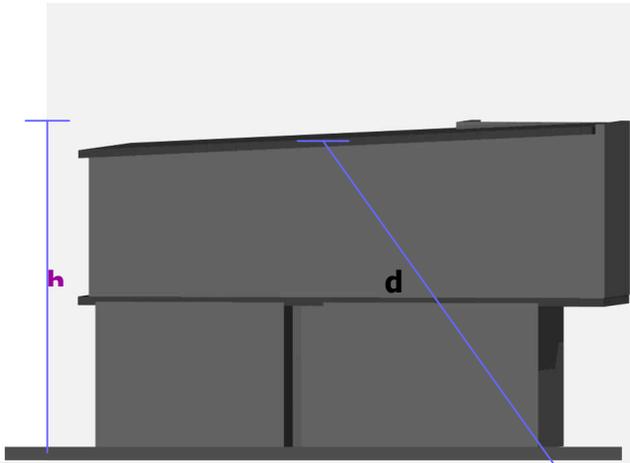
Para establecer el coeficiente de compacidad, definimos la relación: Compacidad (c.) = Superficie equivalente (S.e.q.) que es la superficie de volumen del edificio, entre la superficie global del edificio (S.g.):

$$C = \frac{S_{eq}}{S_g}$$

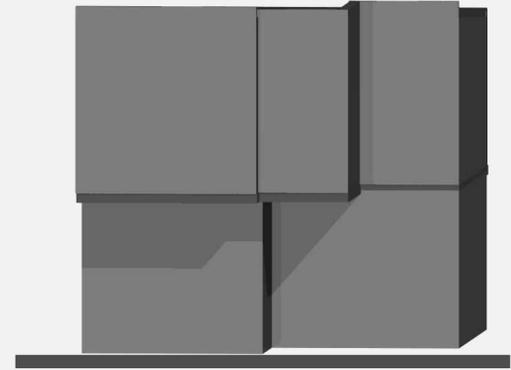
Volumen total de la vivienda= 241.43 mts.3
Superficie total de la envolvente= 258.96 mts.2

® Arquitectura y energía Natural- Rafa Serra y Elena Coch, Universidad Politécnica de Cataluña.

Vivienda de referencia	Mts.2
Losa azotea.....	50.21
Losa piso.....	41.07
Muro Sur.....	30.72
Muro Norte.....	27.12
Muro Este.....	48.68
Muro Oeste.....	48.68
Vidriado Sur.....	4.44
Vidriado Norte.....	8.04



Esbeltez.



Por lo que el edificio sugerido como vivienda de referencia es medianamente compacto; con mayor posibilidad de iluminación y ventilación natural en las zonas centrales, y aunque capta menor cantidad de radiación, tiene menor pérdida de energía.

“Una forma compacta (máxima compacidad) es lo adecuado para el clima de Chihuahua (calido seco, frío, ventoso)”.

Esbeltez:

Da una idea de las proporciones generales del edificio, de lo alargado que sea en sentido vertical.

“Cuando crece la esbeltez hay menos zonas internas desconectadas de las fachadas; a mayor esbeltez de un edificio mayor intercambio energético (climático, lumínico, acústico, etc.)”.

Para establecer el coeficiente de esbeltez, definimos la relación: Esbeltez (e.) = Altura total del edificio (h.) entre la magnitud (d.) que depende del radio de un círculo de superficie igual a la media de las plantas.®

$$e = h / d$$

En donde la h= 5.55 mts. y d=7.03 mts.

La vivienda de referencia es un ejemplo de edificación poco esbelta, la superficie en contacto con el terreno es poca, consecuentemente tiene mayor exposición climática.

Porosidad:

La porosidad de un edificio nos da idea de la proporción entre volumen lleno y volumen vacío del mismo, es decir, la proporción de patios existentes en un edificio en relación con su volumen total.

Se consideran patios, aquellos en los que la superficie abierta de contacto con el exterior es inferior a 1/6 de la suma de las superficies de todos los cerramientos del patio (incluyendo la misma superficie abierta). Si la superficie abierta es superior a este valor se consideran sus paredes como formando parte de la piel y por lo tanto influyen sobre la compacidad.

“Mas porosidad de un edificio, mas posibilidades e iluminación en zonas internas, menor agresión de ruidos exteriores, posibilidad de generar aperturas protegidas del viento, en resumen facilidad para el intercambio energético controlado (climático, lumínico, acústico, etc.)”.

®Arquitectura y energía Natural- Rafa Serra y Elena Coch, U. Politécnica de Cataluña.



Porosidad.

Para establecer el coeficiente de porosidad, definimos la relación: Porosidad (p.) = Volumen equivalente de patios (Ve.p.) entre el volumen total del edificio (VT.t.).[®]

$$p = V_{ep} / VT_t$$

Donde:

Volumen equivalente de patios= 133.26 mts.3.

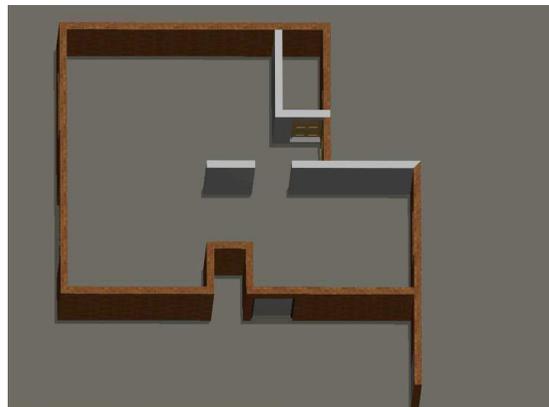
Volumen total del edificio= 241.43 mts.3.

En la observación de la vivienda de referencia, las superficies abiertas confinadas por la vivienda y los muros perimetrales ocupan 105.44 mts.2, y la superficie abierta 52.26 mts.2.

La superficie abierta en contacto con el exterior es de 1/3 de la suma de las superficies de todos los cerramientos (incluyendo la superficie abierta).

Las características morfológicas del edificio de referencia similares a la tipología de la serie, muestran nula porosidad; no obstante que los edificios porosos son útiles en lugares con climas calidos secos como Chihuahua.

El interior:



Compartimentación
Planta baja.

Compartimentación del interior:

Concepto que se refiere al orden y relación entre los espacios que componen el edificio.

"Con poca compartimentación las condiciones interiores dependen mas del contacto con el exterior a través de la piel; si el edificio esta muy compartimentado puede haber mayor diversidad ambiental".[®]

En la referencia la planta baja es poco compartimentada facilitando mayor conexión de las zonas y mejor repercusión lumínica. La planta alta es muy compartimentada, lo que permite interdependencia entre espacios y mayor estratificación del aire.

Conexión del interior:

La conexión es la forma en que trabajan los elementos de separación entre los diferentes espacios y por lo tanto, como se producen los intercambios energéticos entre ellos.

La vivienda exhibe conexión en de algunos muros verticales, y en el forjado del entrepiso en la zona del cubo para escaleras, obteniendo poco intercambio de energía por transmisión y convección.



Compartimentación
Planta alta.

Pesadez del interior:

El peso del interior está asociado directamente al concepto de inercia térmica, ya que los materiales que se utilizan en la construcción son de calor específico similar. "A mayor peso mas estabilidad térmica, y mas aislamiento acústico (si no hay conexión)"[®]

La pesadez del interior en la casa de referencia que depende de la masa unitaria es insuficiente, por lo que se le considera con poca inercia térmica y aislamiento acústico.

Color:

El uso del color al interior concede la posibilidad de redistribuir la energía radiante en el espacio, reflejándola o absorbiéndola.

Los colores claros utilizados al interior de la vivienda favorecen la el reparto de la energía y de la luz.

Textura:

Acabado superficial interior, que puede ser más o menos rugoso y poroso. "Repercute en la reflexión y la difusión de radiaciones y sonidos, así como en el coeficiente superficial de fricción con el aire; (según el tamaño de la rugosidad)".[®]

Los grados de textura se definen entre:

Superficie muy rugosa	– 0.003 mts.
Superficie especular	– 0.001 mts.



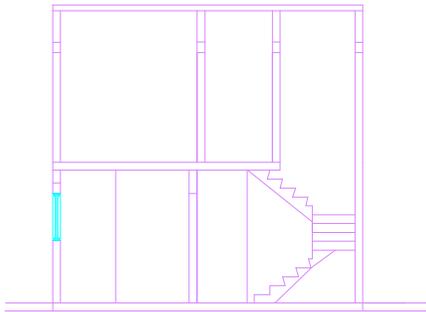
Peso y conexión

En el caso de la referencia, los muros interiores aplanados con yeso son lisos, lo que permite una reflexión lumínica muy especular; en los techos la textura de tiról tipo "gota" proporciona una reflexión lumínica difusa y absorción del sonido agudo (en relación con la longitud de onda); además la rugosidad favorece ligeramente el intercambio de calor por convección entre superficie y aire.

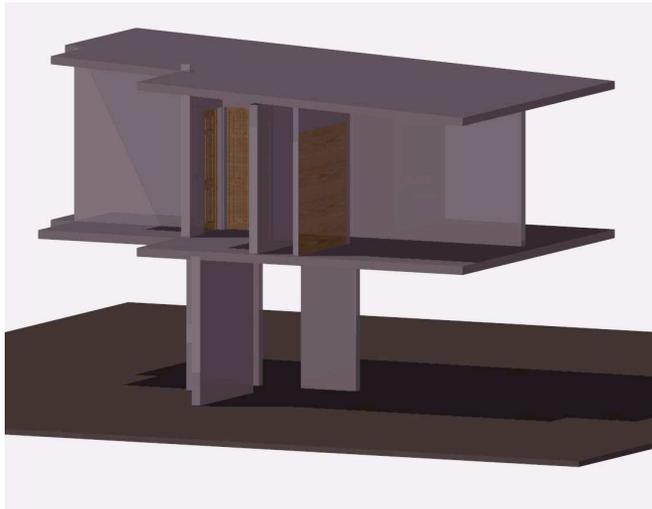
Geometría del espacio interior:

Analiza características como: el volumen, la forma, las proporciones y la existencia de desniveles.

El volumen, la forma, la proporción y el desnivel del espacio tienen consecuencias en el comportamiento ambiental lumínico, acústico y térmico, del edificio (aunque el orden de influencia depende del tipo de energía que consideremos).[®]

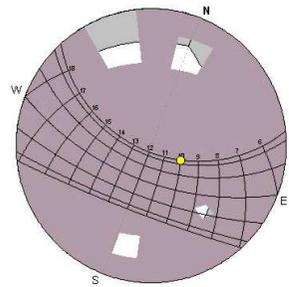


[®]Arquitectura y energía Natural- Rafa Serra y Elena Coch, U. Politécnica de Cataluña.

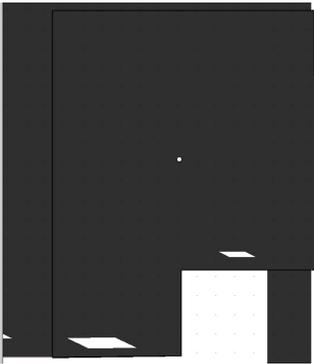


En el interior de la vivienda de referencia la influencia del volumen es reducida; en el caso del comportamiento acústico el tiempo de reverberación es corto, en el climático la estratificación de la energía por convección es una opción inconveniente, un efecto radiante sería mejor elección. La forma produce una homogénea distribución lumínica y acústica, en la distribución de la energía que en este caso es principalmente por sistemas de acondicionamiento activos, la colocación del cooler permite una buena estratificación y en la calefacción ocurre lo contrario. En la proporción de la casa, la penetración de la luz en el plano vertical (profundidad) es inoperable por su relación con la altura, elevación que no favorece la estratificación térmica en la temporada cálida, no obstante el alargamiento mejora el acceso lateral de la energía. El desnivel ascendente no favorece la penetración de la luz, únicamente la visión hacia el exterior, aunque la condición de dos plantas ayuda a la estratificación térmica por convección, favoreciendo al segundo nivel en temporada de invierno.

Tratamiento de la piel:



Interior planta baja solsticio de verano 10:00 hrs.



La perforación y transparencia de la envolvente ceden a la proyección lumínica y a la radiación al interior del edificio, (según la ubicación geográfica y fecha).

Perforación-Transparencia:

Conceptos donde interviene la envolvente del edificio. La perforación da una idea de la permeabilidad de la piel y la transparencia del comportamiento del edificio frente a la radiación solar.

En ambos coeficientes interviene la superficie global de la piel del edificio y la superficie y posición de las zonas permeables, la diferencia deriva en que: en la perforación depende la dimensión de la abertura, y en la transparencia interviene la absorción y reemisión de la energía según el material utilizado, afectándose por la hermeticidad de los cerramientos, que esta determinada por las infiltraciones en las juntas (puentes térmicos).®

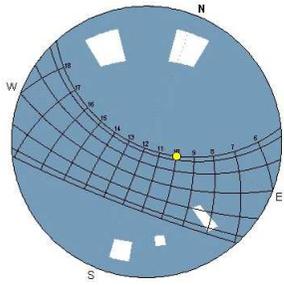
Para establecer el coeficiente de perforación y transparencia, se definen las relaciones:

Perforación (pr.) = Superficie perforada (S.pr) entre superficie global de piel (S.G.); y la transparencia (tr.) = Superficie vidriada (S.v.) entre superficie global de piel (S.G.), para ambos coeficientes (en ambos resulta valores entre cero y uno).

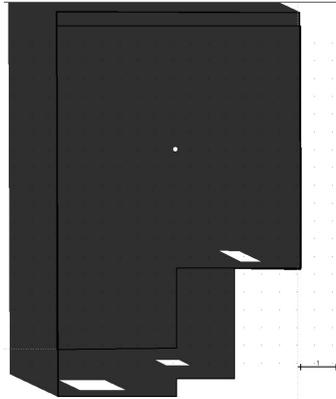
$$pr = \frac{Spr}{SG} (0-1) \quad ; \quad tr = \frac{Str}{SG} (0-1)$$

- Donde:
- Superficie global de piel del edificio= 205.41 mts.2
- Superficie perforada= 11.64 mts.2
- Superficie vidriada= 12.48 mts.2

®Arquitectura y energía Natural- Rafa Serra y Elena Coch, U. Politécnica de Cataluña.



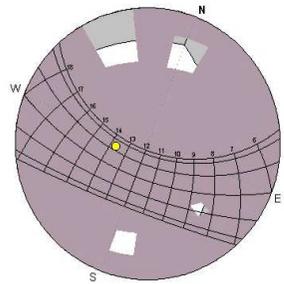
Interior planta alta solsticio de verano 10:00 hrs.



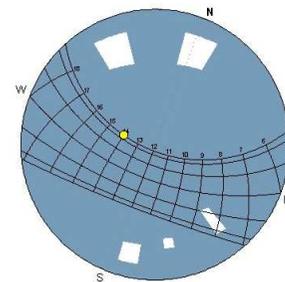
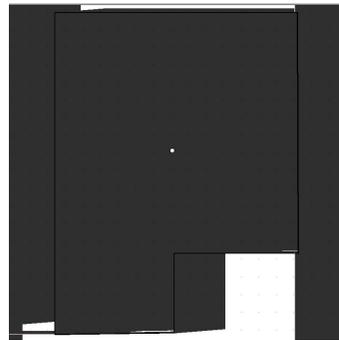
En la edificación referida la perforación es deficiente, si bien permite el paso del aire, no contempla una apropiada solución de ventilación cruzada, además de que la disposición de las aberturas según la orientación del edificio no es lo recomendable. El total de las perforaciones del edificio regulan el acceso de aire frío o caliente con cristalería y puertas de madera y aluminio.

En el tema de las infiltraciones por puentes térmicos, la hermeticidad es deficiente, los marcos metálicos de puertas y los perfiles de aluminio simple como cerramiento para la cristalería permiten la pérdida o ganancia de energía, provocando un mayor gasto de energía con los sistemas activos.

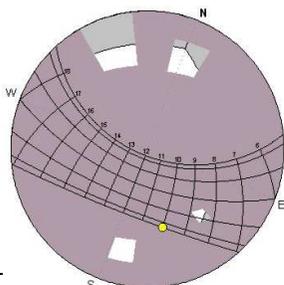
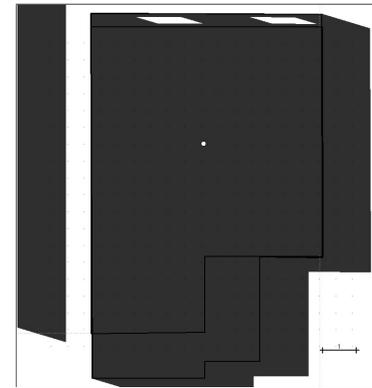
La transparencia permite una iluminación difusa, el material para la provocar transparencia es un vidrio semidoble abatible, donde la radiación una vez que atraviesa el vidrio se absorbe o dispersa por el material interior, es reemitida con ondas de longitud más grande que no pueden volver a atravesar el vidrio, provocando un efecto invernadero que en época estival ocasiona un uso mas intensivo del "cooler".



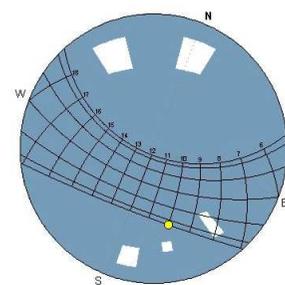
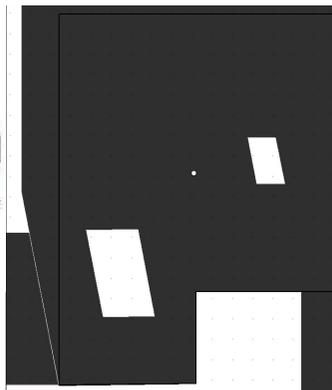
Interior planta baja solsticio de verano 14:00 hrs.



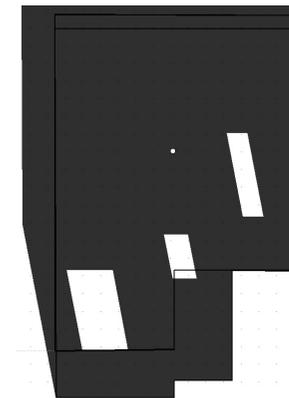
Interior planta alta Solsticio de verano 14:00 hrs.



Interior planta baja solsticio de invierno 10:00 hrs.

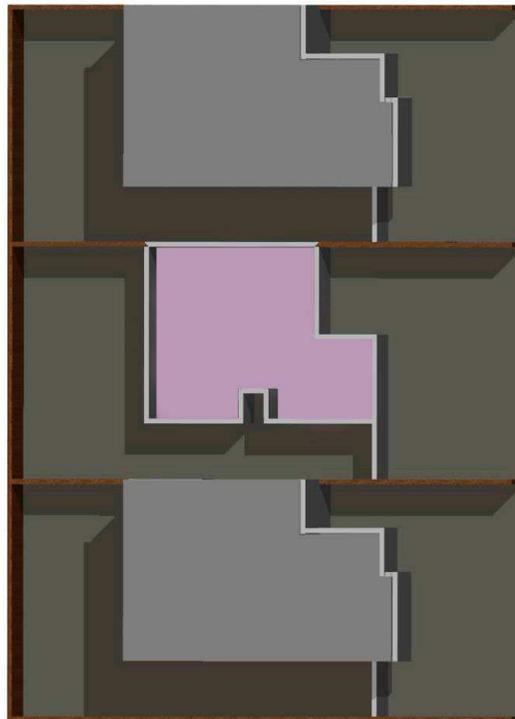


Interior planta alta solsticio de invierno 10:00 hrs.



Fuente: Gráficas elaboradas para asoleamiento interior elaboradas con software Heliodon.

Contactos:



Asentamiento y adosamiento.

Asentamiento y adosamiento:

El asentamiento y adosamiento de un edificio son factores en donde se considera la superficie de piel del edificio que esta en contacto directo con otro elemento. En el asentamiento interviene el contacto con el terreno, y en el adosamiento el contacto con edificaciones vecinas.

Para determinar los coeficientes de asentamiento y adosamiento se definen las relaciones:

Asentamiento (as.) = Superficie asentada (S.as) entre superficie global de piel (S.G.); y el adosamiento (ad.) = Superficie adosada (S.ad.) entre superficie global de piel (S.G.); entendiéndose a la superficie global de piel como la suma de: superficie asentada + superficie adosada a otro edificio + superficie de piel exterior.®

$$as = \frac{S_{as}}{S_G (0-1)} \quad ; \quad ad = \frac{S_{ad}}{S_G (0-1)}$$

Donde:

Superficie global de piel= 258.96 mts.2

Superficie asentada= 41.07 mts.2

Superficie adosada= 0.00 mts.2

En la vivienda media de interés social seleccionada como representativa de la serie, la superficie asentada en el terreno es poca en comparación con la superficie expuesta al intercambio energético por convección, por tanto, no consigue estabilidad térmica por conducción. El coeficiente de adosamiento es cero, a consecuencia de que entre cada vivienda existe una restricción lateral de 1.00 mts. y una trasera de 3.00 mts. anulando la posibilidad de un aislamiento acústico de los ruidos urbanos, y de que el contacto con otros espacios habitables proporcione y protección térmica, útil en climas secos y fríos como el de Chihuahua.

Aislamiento y peso:

El aislamiento representa la resistencia que opone la piel al paso de la energía por conducción, cuando existe diferencia de temperaturas entre el aire interior y el exterior.

El aislamiento de la piel se establece según el valor del coeficiente global de pérdidas térmicas (KG):

$$KG = \frac{S_i \cdot K_i \cdot i}{S_G} \quad (w / m^2 \cdot ^\circ C)$$

® Arquitectura y energía Natural- Rafa Serra y Elena Coch, Universidad Politécnica de Cataluña.



Donde:

KG = coeficiente global de transmisión del calor.

Si = superficie de cada uno de los cerramientos.

Ki = coef. de transmisión de calor de cada cerramiento (W/m2.º C).

i = coeficiente de situación del cerramiento.

SG = superficie global de los cerramientos.

Valores de KG 0.5, corresponden a pieles muy aisladas, y valores de KG >4 corresponden a pieles muy poco aisladas. ^

En la observación de la casa referida:

La piel de muros esta compuesta por cerramientos de tabique de barro rojo cocido, asentados con mortero de cemento-arena y enmarcados con dalas y castillos de hormigón armado, el revoque del cerramiento frontal es un mortero de cemento-arena, y el de los laterales y posterior un mortero tipo "estuco" (marmolina-yeso). La piel del techo es de concreto aligerado con placas de poliestireno, y con acabados de yeso al interior y membrana asfáltica con pintura al exterior.

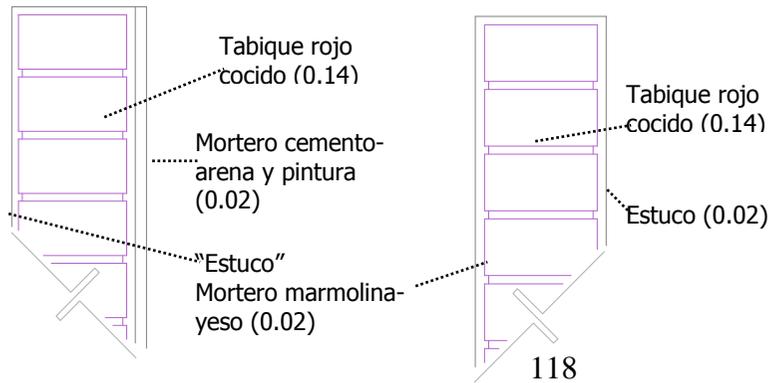
Para establecer el coeficiente global de transmisión de calor de los cerramientos, es preciso determinar la transmitancia térmica de paredes y techos, lo que es posible calcular de forma simple como el valor inverso de la suma de la resistencia térmica de cada componente mas las resistencias superficiales exterior e interior. La transmitancia en un valor en W/m2K o lo que igual en W/m2ºC.

$$U = 1/RT \quad (W /m2K) \quad \text{o} \quad K = 1/R \quad (W/m^2 \text{ } ^\circ C.)^\circ$$

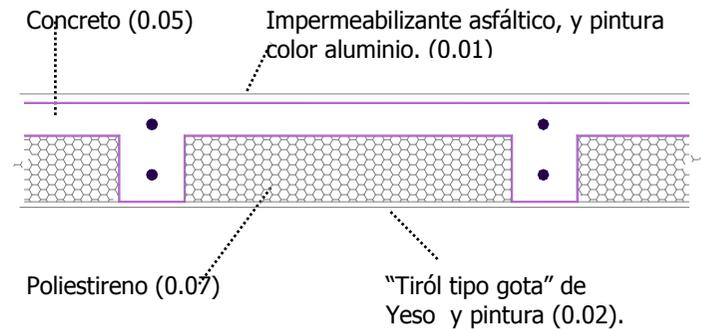
Donde R= Rsi+Rs+Rca+R1+R2+Rn

Muros:

- a) Fachada principal.
- b) Laterales y posterior.



Techos:



^ Entre mas aislante sea el material, será mas baja su conductividad térmica.

© Diseño bioclimatico y economía energética Edilicia; Jorge Czajkowski / Analia Gomez.

Calculo de la transmitancia térmica en cerramientos:

Muros:

a) Muro fachada:

Coefficiente "K" = 2.6 W/m² °C.

Resistencia total = 0.39 m² °C/W.

Peso por m² = 300

b) Laterales y posterior:

Coefficiente "K" = 2.7 W/m² °C.

Resistencia total = 0.37 m² °C/W.

Peso por m² = 295

Calculo del Coeficiente de Transmisión Térmica "K" de Cerramientos: (Norma IRAM 11 601 y 11 605)						
1	Elemento Muro.					
2	Forma constructiva Tabique de arcilla y acabado.					
3	Orientación S y E.					
4	Sentido flujo de calor Horizontal					
5	Zona bioambiental Calido seco.					
6	Resistencia superficiales, capas de materiales y resistencias de cámaras de aire	7	8	9	10	11
		espesor de cada capa e [m]	coeficiente conductividad λ [W / m °C]	resistencia térmica e / λ [m ² °C / W]	densidad ρ [kg / m ³]	peso por m ² e * ρ [kg / m ²]
RSI (resistencia superficial interna)		—	—	0.120	—	—
Tabique rojo de arcilla horneada.		0.140	0.814	0.172	1600.00	224.00
Mortero a base de marmolina-yeso (estuco).		0.020	0.700	0.029	1500.00	30.00
Mortero cemento- arena (interior).		0.020	1.130	0.018	2000.00	40.00
RSE (resistencia superficial externa)		—	—	0.043	—	—

Calculo del Coeficiente de Transmisión Térmica "K" de Cerramientos: (Norma IRAM 11 601 v 11 605)						
1	Elemento Techo.					
2	Forma constructiva Concreto aligerado con poliestireno.					
3	Orientación Varias					
4	Sentido flujo de calor Vertical hacia arriba					
5	Zona bioambiental Calido seco					
6	Resistencia superficiales, capas de materiales y resistencias de cámaras de aire	7	8	9	10	11
		espesor de cada capa e [m]	coeficiente conductividad λ [W / m °C]	resistencia térmica e / λ [m ² °C / W]	densidad ρ [Kg. / m ³]	peso por m ² e * ρ [Kg. / m ²]
RSI (resistencia superficial interna)		—	—	0.120	—	—
Concreto.		0.050	1.400	0.036	2200.00	110.00
Placa de poliestireno.		0.070	0.032	2.188	30.00	2.10
Membrana asfáltica.		0.010	0.174	0.057	1100.00	11.00
Yeso y pintura.		0.020	0.250	0.080	1100.00	22.00
RSE (resistencia superficial externa)		—	—	0.030	—	—

Techos:

Coefficiente "K" = 0.40 W/m² °C.

Resistencia total = 2.51 m² °C/W.

Peso por m² = 145.1

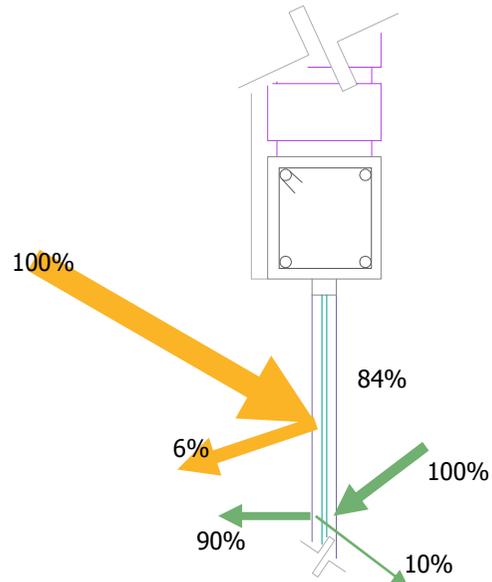
Ventanería:

Coefficiente "K" = 5.7 W/m² °C.

Resistencia total = 0.19 m² °C/W.

KG= 2.31 W/m².° C.

Fuente: Datos computados para vivienda de referencia con hoja de cálculo diseñada por el Dr. Jorge Czajkowski, Univ. de Buenos Aires.



Las perforaciones de la envolvente se cierran con elementos transparentes de cristal simple, fijo o abatible, con un coeficiente de transmisión térmica (K) de 5.7 W/m² °C.



El estudio de los cerramientos exhibe poca resistencia térmica, causando más intercambio energético entre el exterior y el interior, lo que representa pérdida de energía y uso continuo de sistemas mecánicos para climatización artificial.

Aunque la pesadez de la piel también puede representar resistencia o amortiguación de los cambios climáticos exteriores, a diferencia del aislamiento depende únicamente de la composición constructiva del material usado como cerramiento.

El coeficiente de pesadez de la piel se expresa con la relación entre la masa superficial total del cerramiento (M) y la superficie del cerramiento (S).

$$ps = M / S \text{ (kg / m}^2\text{)}$$

La composición de la piel de edificio presenta poca pesadez; exponiendo poca inercia térmica o amortiguación de los cambios climáticos exteriores hacia el interior.

Los acabados de la envolvente presentan un deficiente aislamiento acústico.

Tersura:

La tersura de la piel se relaciona con las salientes y entrantes respecto a la línea de fachada. Se considera, siempre y cuando la distancia del punto más lejano a la fachada no sea superior a 1 m. (si es mayor se considera como parte de la compacidad).[®]

El determinar el coeficiente de tersura se relaciona la "superficie de piel proyectada" entre la superficie de piel desarrollada:

$$ts = S_{pt} / S_{de}$$

Donde:

El coeficiente de tersura (ts) serán valores entre 0 y 1:

S_{pt}, o soporte = 13.70 mts.2

S_{de} = 217.89 mts.2

ts = .06

La vivienda con un coeficiente de tersura bajo genera pocas sombras que favorezcan en verano, sin embargo favorece la entrada de luz al interior y el reflejo el sonido del exterior.

Textura y color:

La textura y color son características que pueden ser incorporadas fácilmente en los acabados de la edificación.



La textura de la piel es el acabado superficial a pequeña escala; los grados de textura se establecen a partir de la medida de la rugosidad, en mm.

Con el revoque de "estuco", (que exhibe una granulometría de 3 mm. en el 58% de la piel); se favorece de forma poco importante el intercambio de energía por convección (superficie-aire); y permite absorción de los sonidos mas agudos.

La aplicación de color se torna en una cualidad de la piel que define su comportamiento frente a la absorción superficial, y por lo tanto, al paso de la energía derivada de la radiación (cualidad se que se da a través de los cerramientos opacos).[®]

La absorción establece su coeficiente según la graduación del color; un coeficiente grande corresponde a una absorción alta, es decir, a colores oscuros mientras que un valor bajo corresponde a poca absorción, que es el caso de colores claros.

En el analisis particular de la referencia los coeficientes de absorción del color utilizado son:

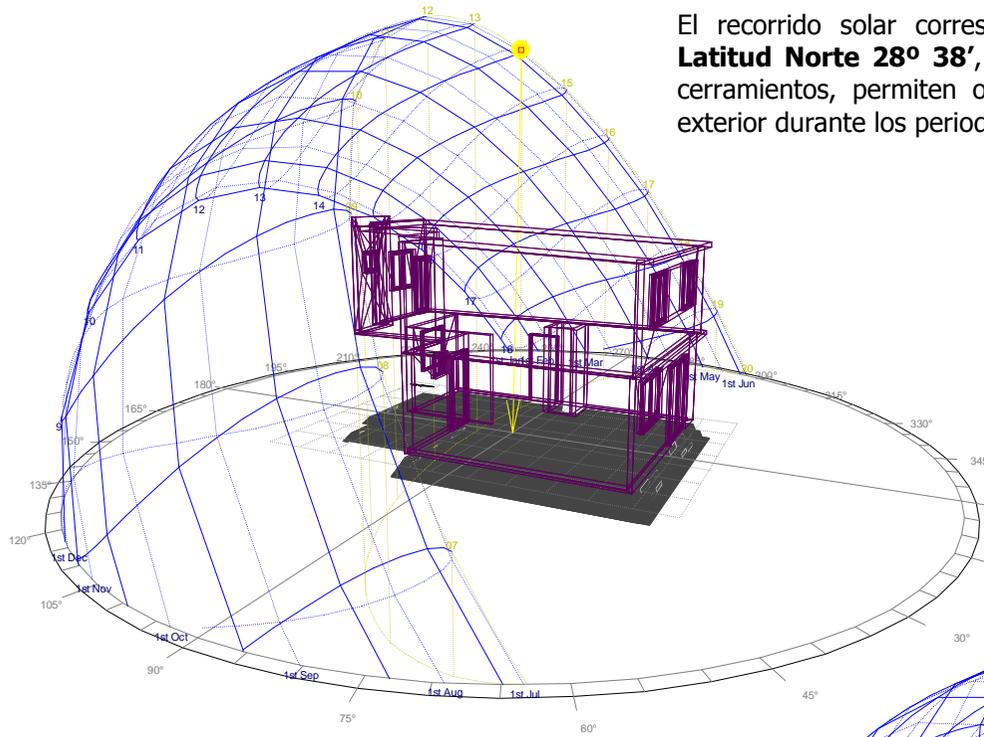
Superficie:	Material:	Color aplicado al material:	Coeficiente de absorción:	Coeficiente de reflexión:
Muro sur	Revoque con pintura	Pintura castaño medio	0.75	0.25
	Revoque con pintura	Pintura castaño claro (beige)	0.55	0.45
	Vidrio claro 2-4 mm.	Traslúcido	0.94 - 0.92	0.06 - 0.08
Muro norte	Estuco	Blanco viejo	0.70 - 0.40	0.30 - 0.60
	Vidrio claro 2-4 mm.	Traslúcido	0.94 - 0.92	0.06 - 0.08
Muro este	Estuco	Blanco viejo	0.70 - 0.40	0.30 - 0.60
Muro oeste	Estuco	Blanco viejo	0.70 - 0.41	0.30 - 0.61
Losa azotea	Membrana asfáltica	Pintura de aluminio	0.40 - 0.25	0.60 - 0.75

Los colores claros de la vivienda son reflectores, por lo que captan poca energía calorífica, lo que en un clima calido seco como Chihuahua es aconsejable.

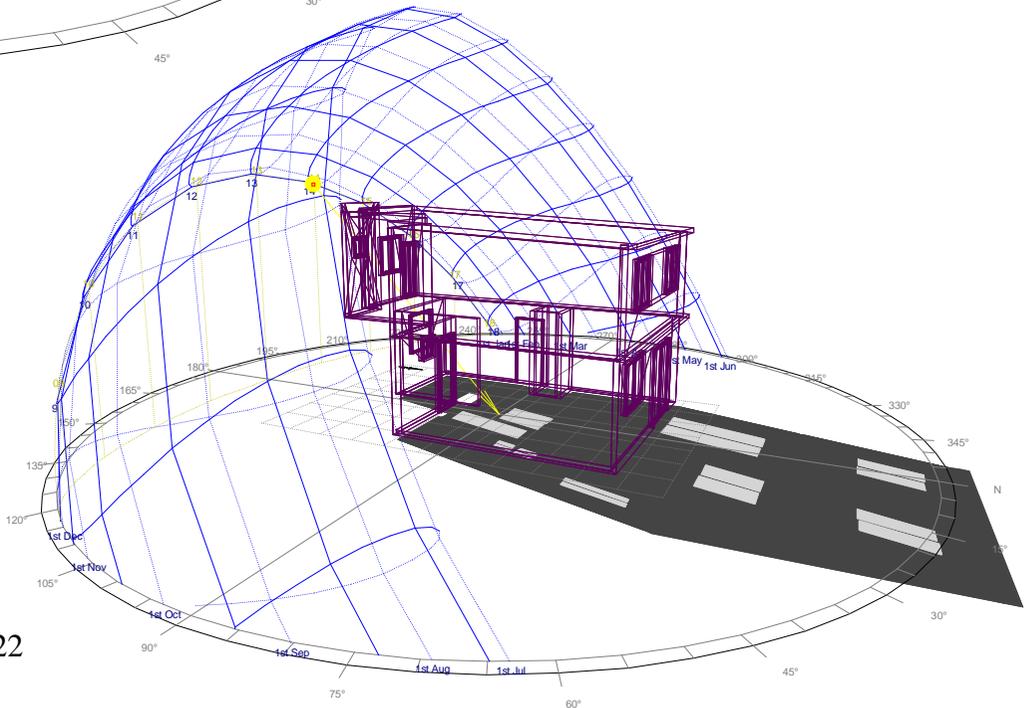
[®]Arquitectura y energía Natural- Rafa Serra y Elena Coch, Universidad Politécnica de Cataluña.

Orientación y soleamiento de la vivienda de referencia:

El recorrido solar correspondiente con la ubicación geográfica de Chihuahua, **Latitud Norte 28° 38'**, y su relación con las características geométricas de los cerramientos, permiten observar las sombras que la vivienda proyecta hacia el exterior durante los periodos de verano e invierno.



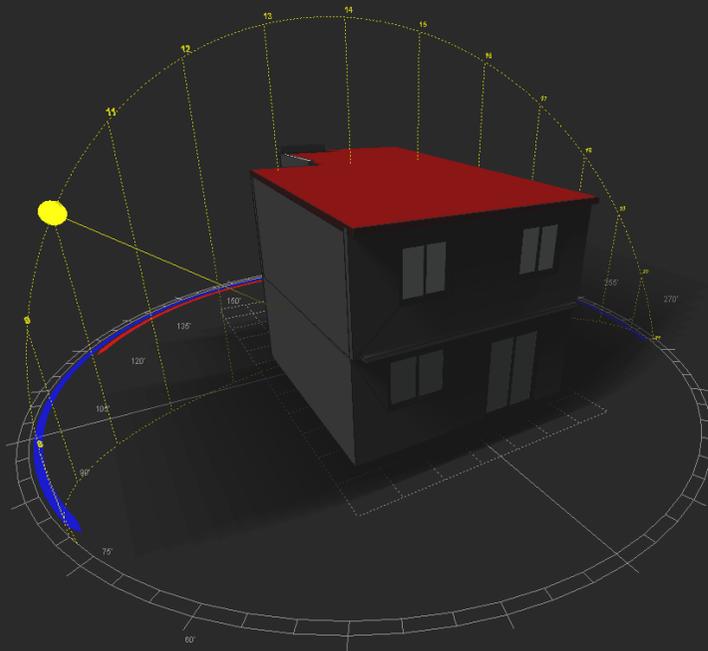
Recorrido anual del sol sobre la vivienda de referencia, con posición solar en el solsticio de verano (Junio 21), a las 14:00 hrs.



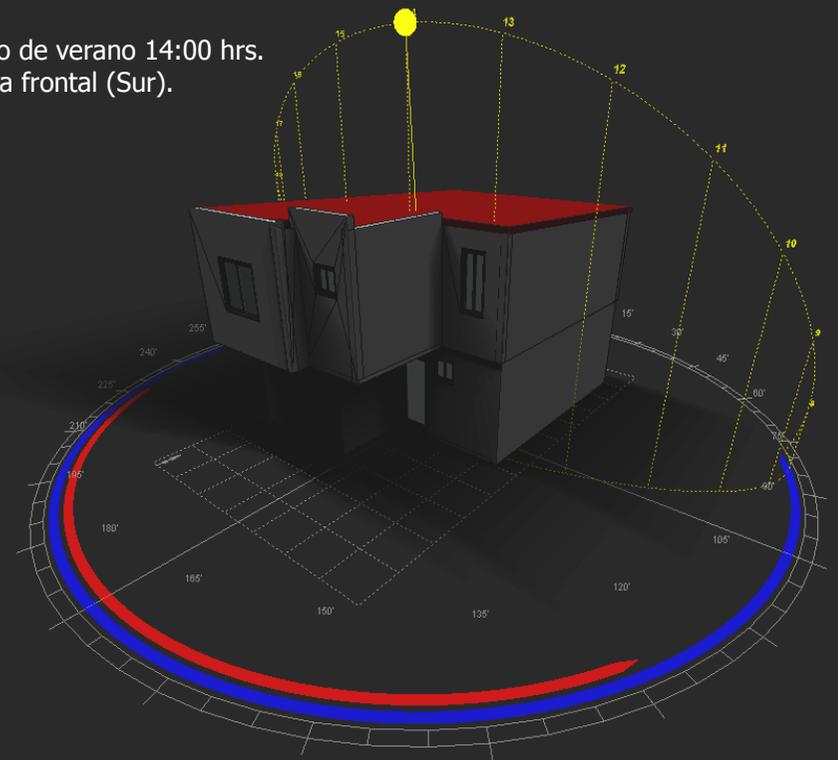
Recorrido anual del sol sobre la vivienda de referencia, con posición solar en el solsticio de invierno (Diciembre 21), a las 14:00 hrs.

Calculo de recorrido solar y soleamiento para volumetría de vivienda de referencia con Software Ecotect.

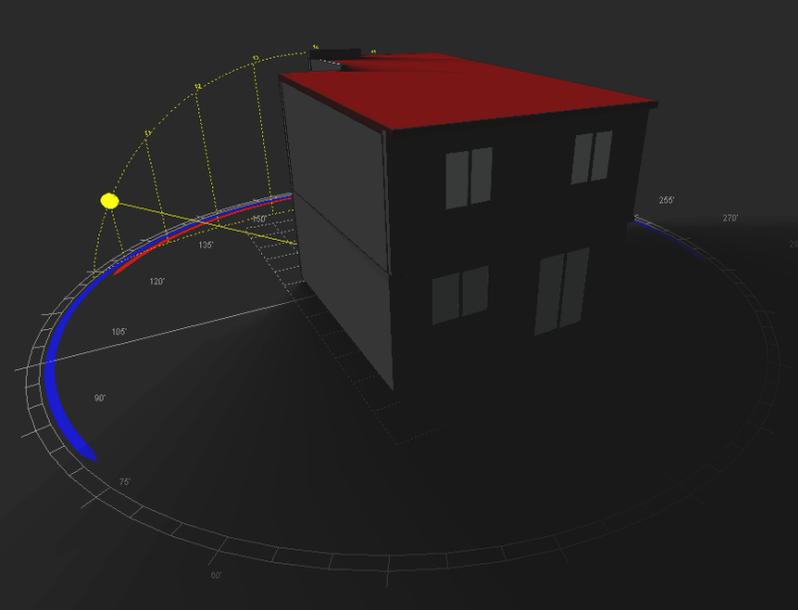
Solsticio de verano 10:00 hrs.
Fachada posterior (Norte).



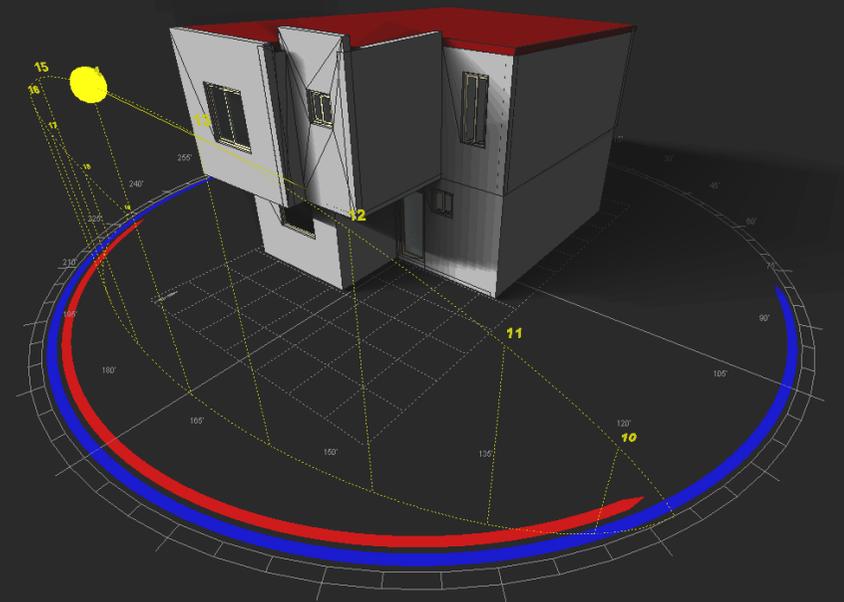
Solsticio de verano 14:00 hrs.
Fachada frontal (Sur).



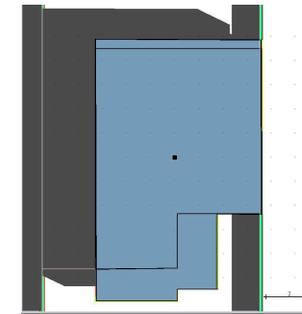
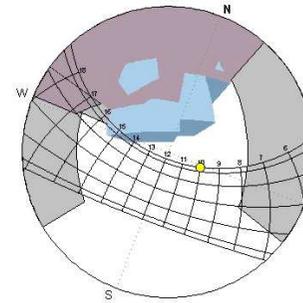
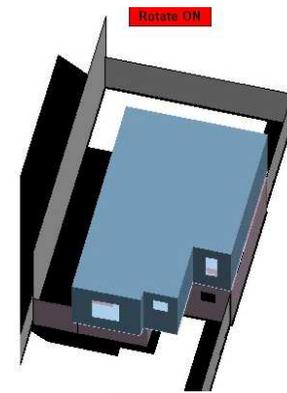
Solsticio de invierno 10:00 hrs.
Fachada posterior (Norte).



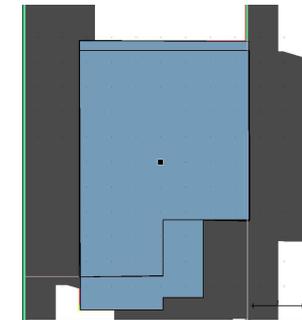
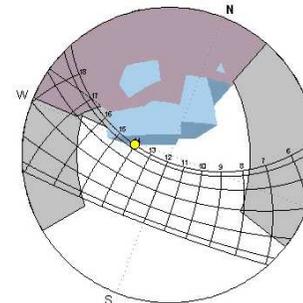
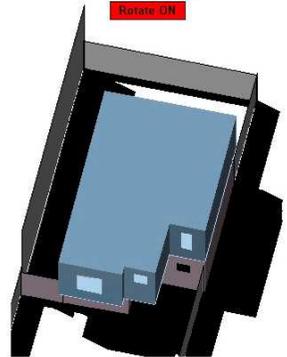
Solsticio de invierno 14:00 hrs.
Fachada frontal (Sur).



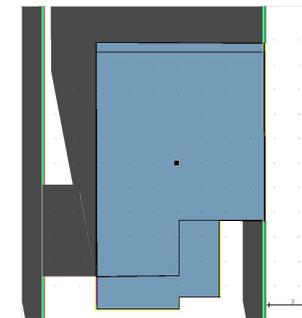
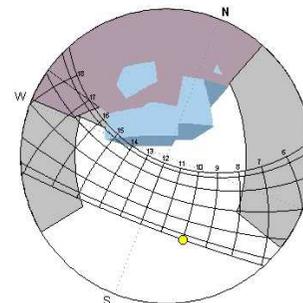
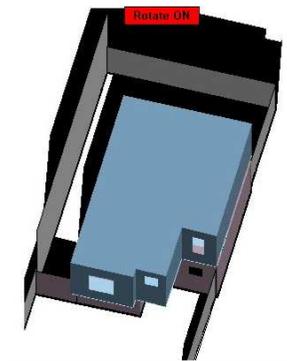
Vivienda de referencia



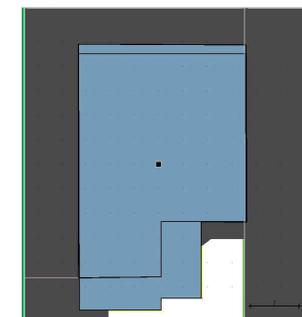
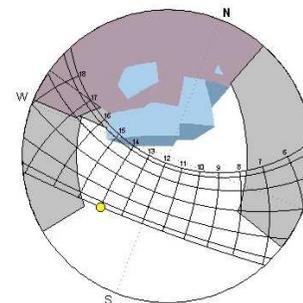
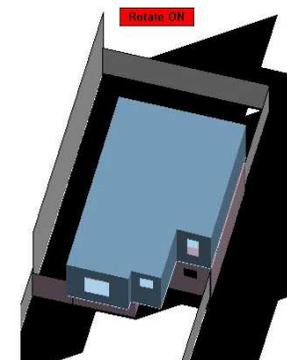
Solsticio de verano 10:00 hrs.



Solsticio de verano 14:00 hrs.



Solsticio de invierno 10:00 hrs.



Solsticio de invierno 14:00 hrs.

Fuente: Gráficas elaboradas para asoleamiento exterior según orientación y ubicación geográfica elaboradas con software Heliodon.

Consumo energético y temperaturas en la vivienda de referencia.

Análisis del consumo de energía en la vivienda de referencia:

Previo a la realización de propuestas de diseño y acondicionamiento de la vivienda, se plantea la necesidad de observar el comportamiento en lo que a consumo energético y transmisión térmica se refiere (temperaturas interiores por periodos), para de este modo mejorar las condiciones y prever los posibles gastos de energía e intercambios de temperatura en el edificio.

En el caso del universo de viviendas seleccionado y particularmente en la vivienda considerada como la referencia de la serie, el gasto energético más representativo se relaciona con la energía utilizada por los aparatos activos que usualmente son incorporados para mantener balance térmico al interior.

La vivienda presenta un gasto energético que difiere dependiendo del periodo, el consumo promedio mensual de los electrodomésticos y la iluminación es prácticamente constante durante todo el año, las diferencias se producen en la época estival en donde la utilización de aparatos para enfriamiento aumentan el consumo de energía eléctrica, asimismo en el periodo invernal donde el aumento de energía térmica se relaciona con el alto consumo de gas licuado de petróleo para calentamiento.

El uso de los sistemas de enfriamiento por humidificación y movimiento de aire (evaporativo-convectivo) denominados en la región "aire acondicionado evaporativo" o "cooler" son los utilizados metódicamente en la totalidad de las viviendas de la serie seleccionada[©], durante los períodos de Mayo, Junio, Julio y Agosto.

Para los períodos de Diciembre, Enero y Febrero (ocasionalmente en algunos días de Noviembre), el método predominante para provocar aumento de temperatura en los interiores del sector domestico seleccionado es a través de sistemas convectivos de calefacción, algunas viviendas utilizan calentadores eléctricos aunque esto implica un elevado consumo de energía eléctrica. Los sistemas de calefacción radiativa y calderas de condensación han empezado a utilizarse en viviendas media residencial y residencial.

Además de la utilización de la energía para el funcionamiento de los artefactos electrodomésticos y los sistemas de calentamiento o enfriamiento, la tecnología predominante para el calentamiento de agua es con calentador o "boiler" a base de gas licuado de petróleo o gas natural, solo unas cuantas utilizan electricidad.

La utilización de gas L.P. predomina en el sector de la vivienda, (20 millones de las 25.5 millones de casas en México), además de ser transportado y vendido a domicilio dependiendo de las necesidades del usuario, su poder calorífico es superior al del gas natural.

[©] Vivienda media de interés social, de superficie entre los 97.00 y 115 mts.2 construidos y costes que van desde 300 hasta 500 V.S.M.M.

Sistema de climatización al interior y consumo de energía:



Calefacción convectiva (aire caliente) de combustión con gas licuado de petróleo, capacidad de 100,000 BTU (British Thermal Units) equivalente a 105,506 KJ o 29.31 Kw/h. Modelo y/o marca comercial: "Rheem Classic – Super Quiet 80".

Aparato para enfriamiento evaporativo convectivo (tipo cooler o de enfriamiento por humidificación y movimiento de aire), con una capacidad nominal de 11,564 m³/h. (presión estática); con una descarga de 508 x 495 a los ductos de aluminio. Marca y/o modelo comercial: "Master Cool – MCND 6800".



Boiler o calentador semiautomático con capacidad de 40 lts. de agua, combustión con gas licuado de petróleo.



Tanque de almacenamiento y/o contenedor para Gas L.P.

Periodos bimensuales año 2008:	Días	Kw.h/día	Kw./ hora	Costo*	Total
26 Diciembre 2007 - 26 Febrero*	62	8.20	508.4	1.4399	\$732.0
26 Febrero - 26 de Abril	60	3.20	192.0	1.4399	\$276.5
26 Abril - 26 Junio	62	5.45	337.9	1.4399	\$486.5
26 Junio - 26 Agosto	61	7.04	429.4	1.4399	\$618.4
26 Agosto - 26 Octubre	62	6.20	384.4	1.4399	\$553.5
26 Octubre - 26 Diciembre	61	4.57	278.8	1.4399	\$401.4
24 Diciembre - 25 Febrero 2009	63	3.85	242.6	1.4399	\$349.2

Según los datos de consumo de energía eléctrica, es evidente el aumento en el gasto en el periodo donde se enciende el aparato de enfriamiento®. (Referencia en Anexos pag. 230: Muestra de las facturas de energía).

*En el periodo de Diciembre del 2007 a Febrero del 2008, el consumo atípico se exhibe únicamente para demostrar el aumento en el consumo a causa de la colocación de un calentador eléctrico durante 10 días, a consecuencia de la escasez de gas L.P. en la ciudad.

* Costo en pesos mexicanos para el 2008 y primer trimestre del-2009 sin considerar el impuesto al valor agregado (IVA).

Periodos bimensuales año 2008:	Uso de la energía eléctrica en la vivienda			
	Kw./ hora	Electro- domésticos	Iluminación	Sistemas para climatización
26 Diciembre 2007 - 26 Febrero*	508.4	180 kw/hr.	63 kw/hr.	265 kw/hr.
26 Febrero - 26 de Abril	192.0	129 kw/hr.	63 kw/hr.	
26 Abril - 26 Junio	337.9	159 kw/hr.	63 kw/hr.	115 kw/hr.
26 Junio - 26 Agosto	429.4	136 kw/hr.	63 kw/hr.	230 kw/hr.
26 Agosto - 26 Octubre	384.4	206 kw/hr.	63 kw/hr.	115 kw/hr.
26 Octubre - 26 Diciembre	278.8	216 kw/hr.	63 kw/hr.	
24 Diciembre - 25 Febrero 2009	242.6	180 kw/hr.	63 kw/hr.	

La columna "Sistemas para climatización" indica el consumo de los aparatos durante los 4 meses que utilizaron el aparato para enfriamiento (Mayo, Junio, Julio y Agosto), así mismo el consumo por uso de un sistema para calefacción con energía eléctrica en un periodo de 10 días en el mes de Diciembre.*

Calculando únicamente la diferencia en el consumo durante el uso del aparato para enfriamiento, resulta que el consumo adicional promedio es aproximado al 40%.

La utilización de gas L.P. para producir energía térmica en los periodos de Diciembre, Enero, Febrero y de 10 a 15 días en Noviembre aumenta ocasionando que únicamente en este periodo de 3 1/2 meses, el gasto es mayor al consumo acumulado durante el resto del año.

Mes	Consumo anual de gas L.P. 2008			
	Días	Litros	Costo*	Total
Enero	31	259.0	4.3652	\$1,130.6
Febrero	28	96.0	4.3652	\$419.1
Marzo	31	62.0	4.3652	\$270.6
Abril	30	61.0	4.3652	\$266.3
Mayo	31	62.0	4.3652	\$270.6
Junio	30	42.0	4.3652	\$183.3
Julio	31	40.0	4.3652	\$174.6
Agosto	31	60.0	4.3652	\$261.9
Septiembre	30	59.0	4.3652	\$257.5
Octubre	31	45.0	4.3652	\$196.4
Noviembre	30	65.0	4.3652	\$283.7
Diciembre	31	190.0	4.3652	\$829.4

Conforme a la compilación de los datos que demuestran el consumo y costo anual de gas. (Referencia en Anexos pag. 230: Muestra de las facturas de energía).

* Costo en pesos mexicanos para el 2008 y primer trimestre del-2009 sin considerar el impuesto al valor agregado (IVA).

© El gas L.P. es una mezcla de varios gases: Propano, Propileno, Butano y Butilenos.

273 litros de vapor de gas, se transforman en un litro de gas líquido, y un litro de gas líquido pesa aproximadamente 1/2 kg. (1 ltr. agua = 1 kgr.).

1 kg. de gas L.P. equivale a 13 Kw./h de energía eléctrica o 2 kg. de carbón o 6 kg. de leña o 35 galones de diesel.

De acuerdo a los datos recopilados,© la vivienda presento un consumo de 521 kgs. de gas liquido, lo que equivale aprox. a 6,766 Kw./h de energía eléctrica; de los cuales 3,000 Kw./h fueron destinados para calentamiento en invierno.

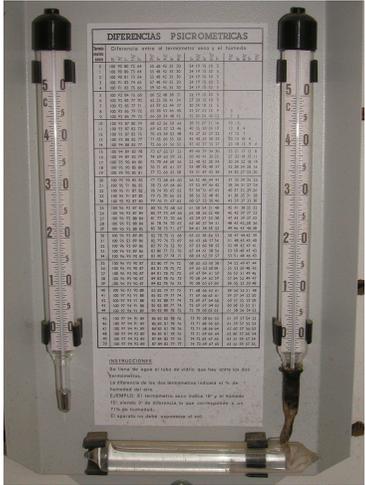
Además muestra un consumo de 1,865 Kw./h anuales de energía eléctrica durante el periodo 2008-2009. Resultado menor al consumo del periodo anterior, donde la escasez de gas obligo al uso de calefacción con electricidad durante el mes de Diciembre, ocasionando un consumo de 2,374 Kw./h al año.

La estimación de energía eléctrica consumida solamente para enfriar el interior de la vivienda, con el sistema tradicional de "cooler" en el periodo de verano fue de 460 Kw./h.

Medición de temperaturas:

Dependiendo del periodo durante el año, la vivienda seleccionada muestra un alto consumo de energía, lo que demuestra el disconfort de los habitantes durante más de seis meses sin la utilización de aparatos activos para climatización.

No obstante que el mercado actual de la vivienda tiene cierta racionalidad y constantemente oferta materiales aislantes para mejoramiento de las condiciones térmicas, en términos históricos la calidad constructiva tiende a disminuir.



Psicómetro: termómetros de bulbo seco y de bulbo húmedo para medición de la temperatura y humedad al interior de la vivienda.

Para obtener la información térmica relativa al interior de la vivienda en un periodo anual, se coloco un psicómetro en un punto y a una altura constante anotando manualmente los datos arrojados.

Se verificó la veracidad de los datos medidos con el psicómetro durante el año (2008-2009), al cotejar los resultados de temperatura y humedad con una segunda serie de mediciones durante el periodo estival, empleando un equipo automatizado de 3 Hobos marca "onset" distribuidos al interior de la vivienda y programados para mediciones a cada hora.

Para sintetizar las temperaturas y humedad del exterior se consulto los datos climáticos de Chihuahua, la información se comparo y estandarizo con las temperaturas y humedad obtenidas por un cuarto Hobo colocado bajo sombra en el exterior de la casa⁴.

⁴ C-4. Geografía y clima. Análisis climático de Chihuahua, págs. 81-90. Y ver referencia en Anexos pag. 233: Muestra de mediciones exteriores en sitio con Hobos.

La diferencia entre los dos termómetros indica en las tablas la humedad en el ambiente.

Colocación del equipo automatizado*



Hobo referencia 2 "R2" colocado al interior entre cocina y sala-comedor.



Hobo referencia 3 "R3" colocado en el cubo de escaleras en el perfil del forjado.



Hobo referencia 4 "R4" colocado en la alcoba entre el espacio para guardarropa y puerta.



Hobo "onset" para mediciones de humedad relativa, temperatura e intensidad lumínica.

Hobo referencia 1 "R1" colocado en exterior (bajo sombra).



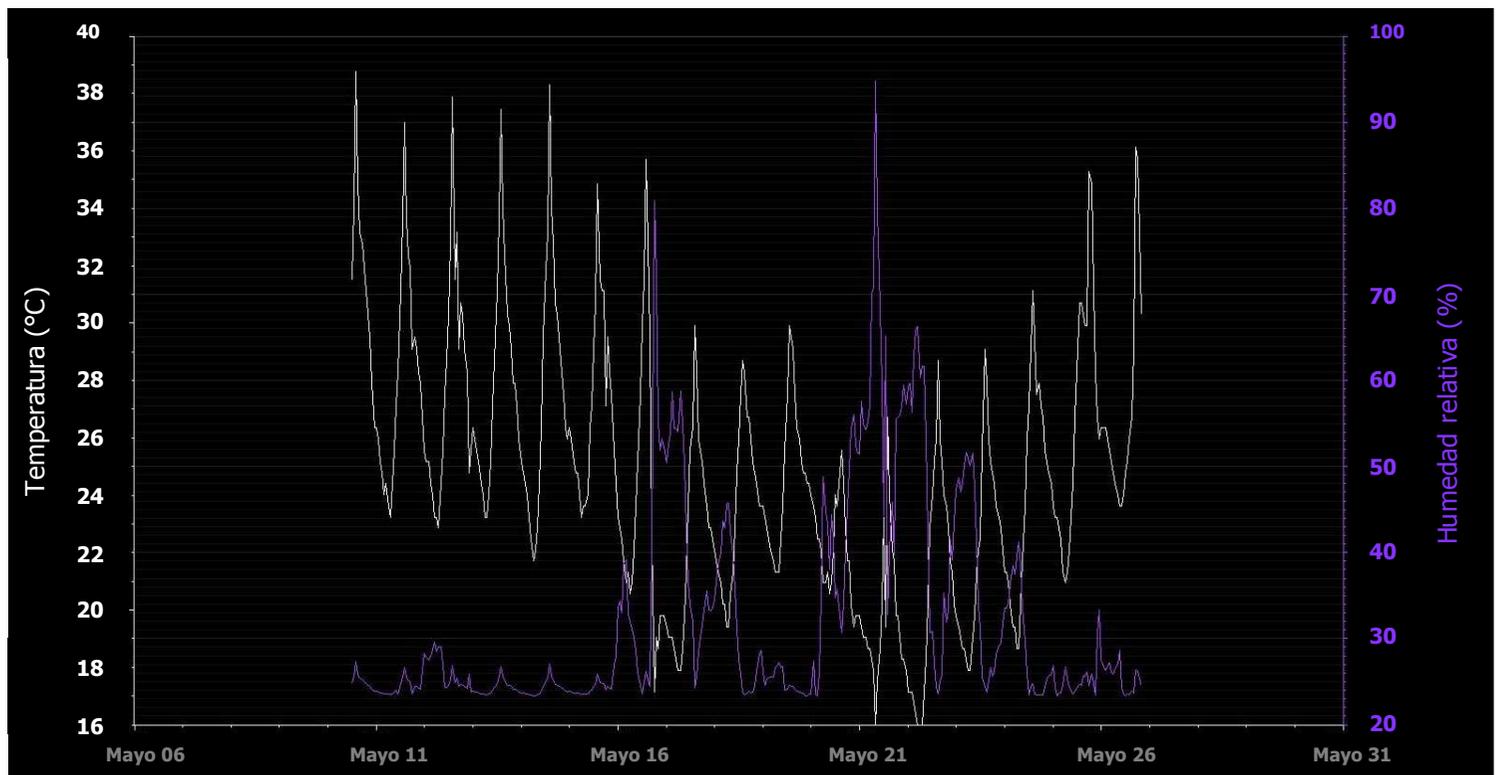
Los resultados obtenidos con las mediciones del psicómetro durante el año 2008-2009 se cotejaron con las temperaturas y humedad relativa medidas con el equipo automatizado* en tres periodos del verano:

* Ubicación equipo: R2 - Cocina/Estancia – Comedor.
R3 - Cubo de escaleras, R4 - Alcoba principal.
R1 - Exterior (bajo sombra).

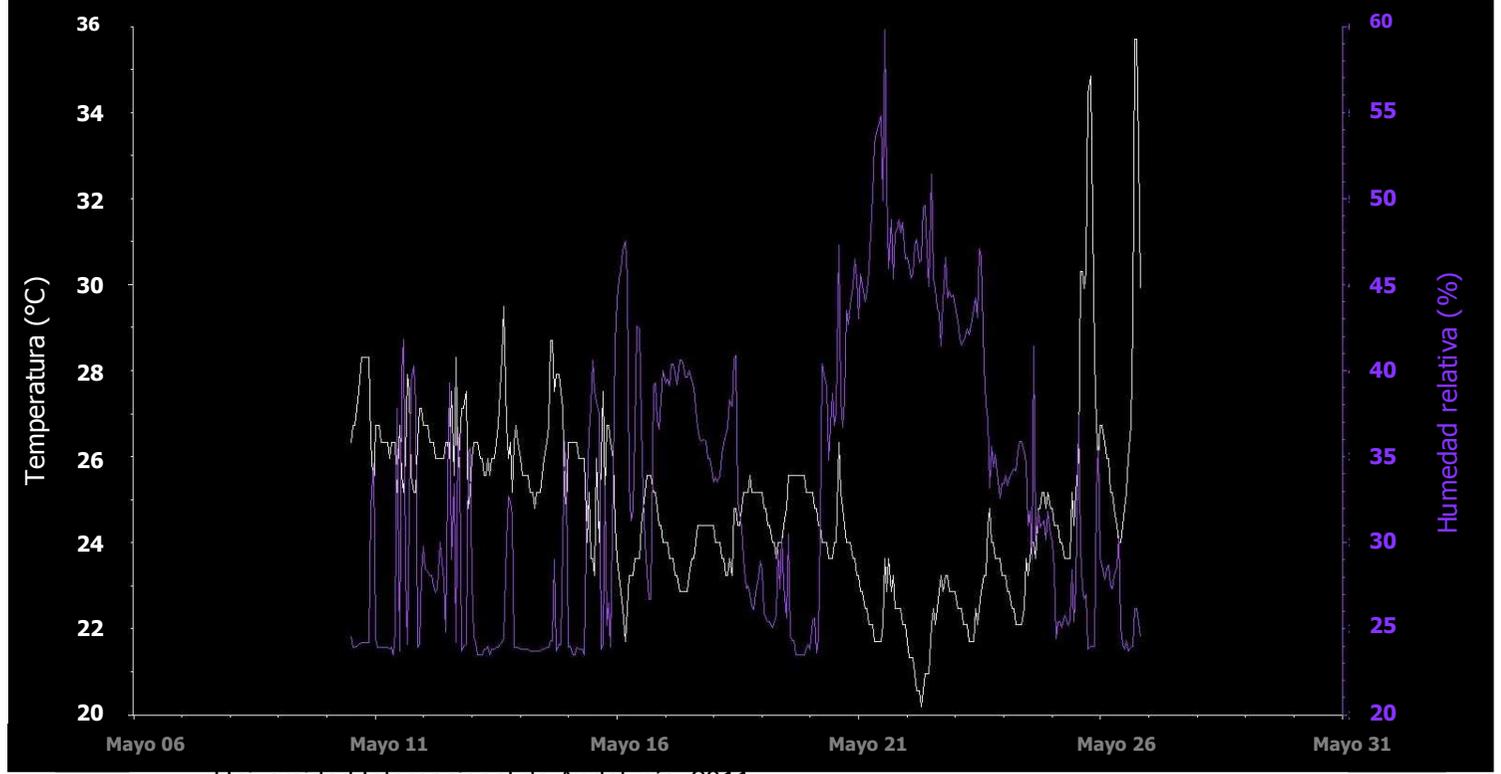
* Equipo automatizado de Hobos y software Boxear Pro 4.3 de HOBOWare.

- Primer periodo: Del 10 de Mayo del 2009 a partir de las 12:00 hrs. al 25 de Mayo a las 14:00 hrs.
- Segundo periodo: Del 27 de Mayo del 2009 a partir de las 6:00 hrs. al 06 de Junio a las 11:00 hrs.
- Tercer periodo: Del 07 de Junio del 2009 a partir de las 6:00 hrs. al 01 de Agosto a las 6:00 hrs.

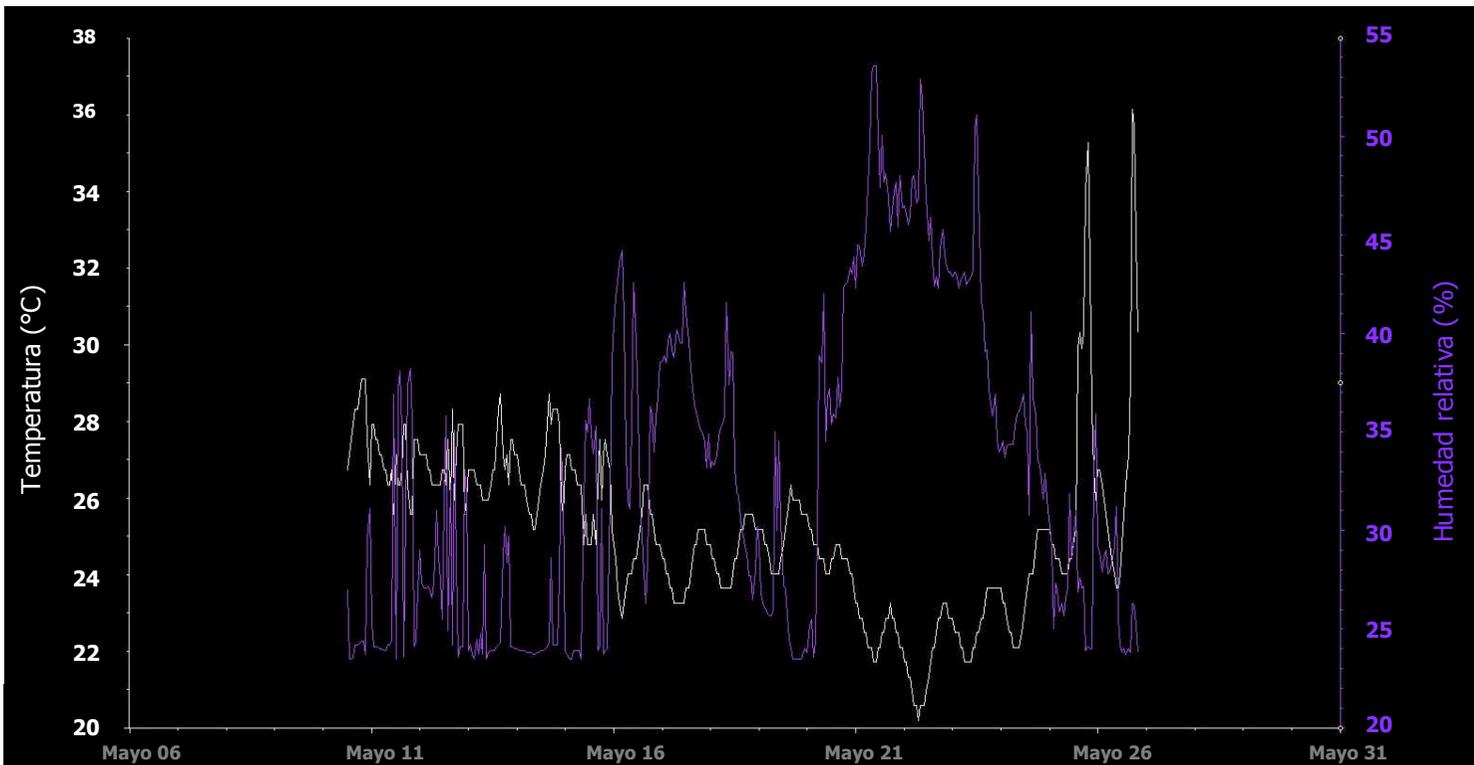
Primer periodo: HOB0 R.1- Exterior.



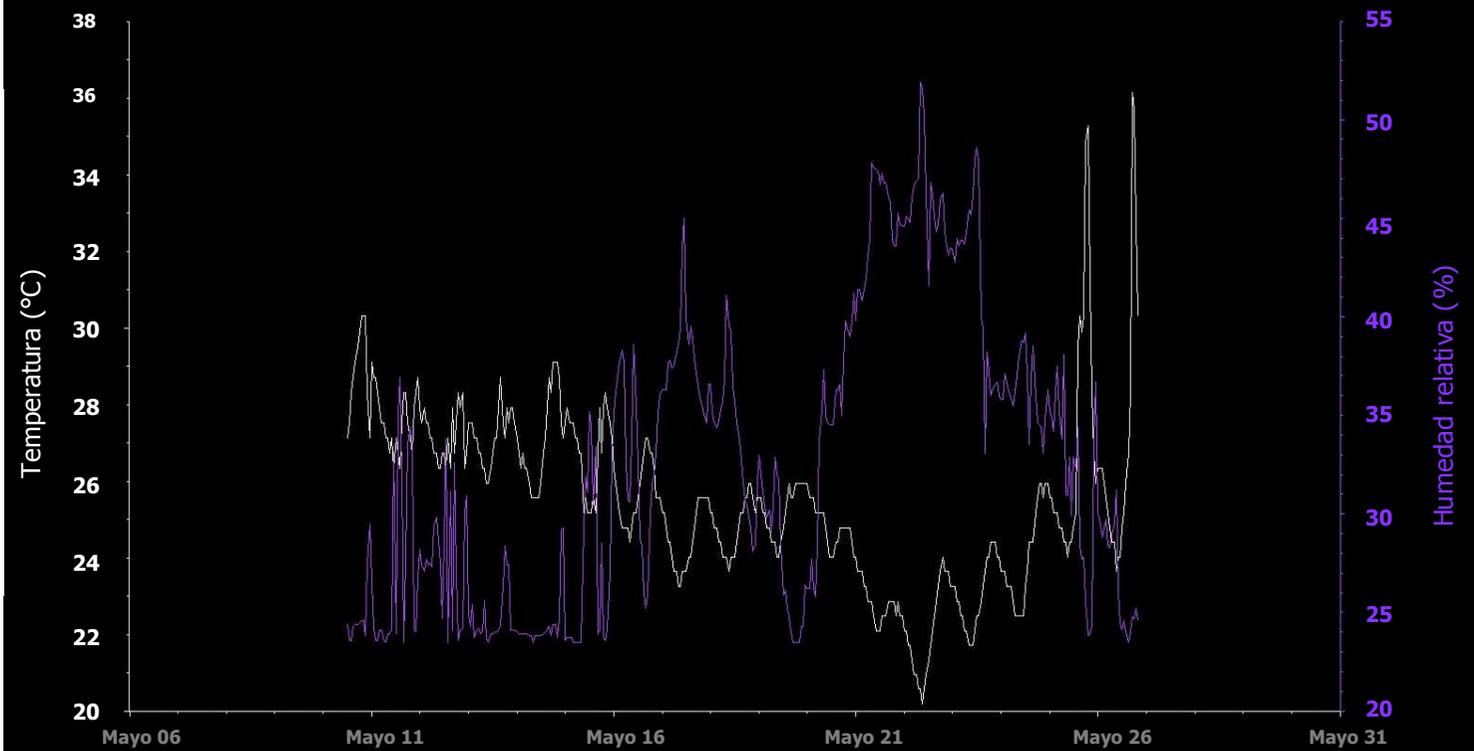
Primer periodo: HOB0 R2 - Cocina / Estancia-comedor.



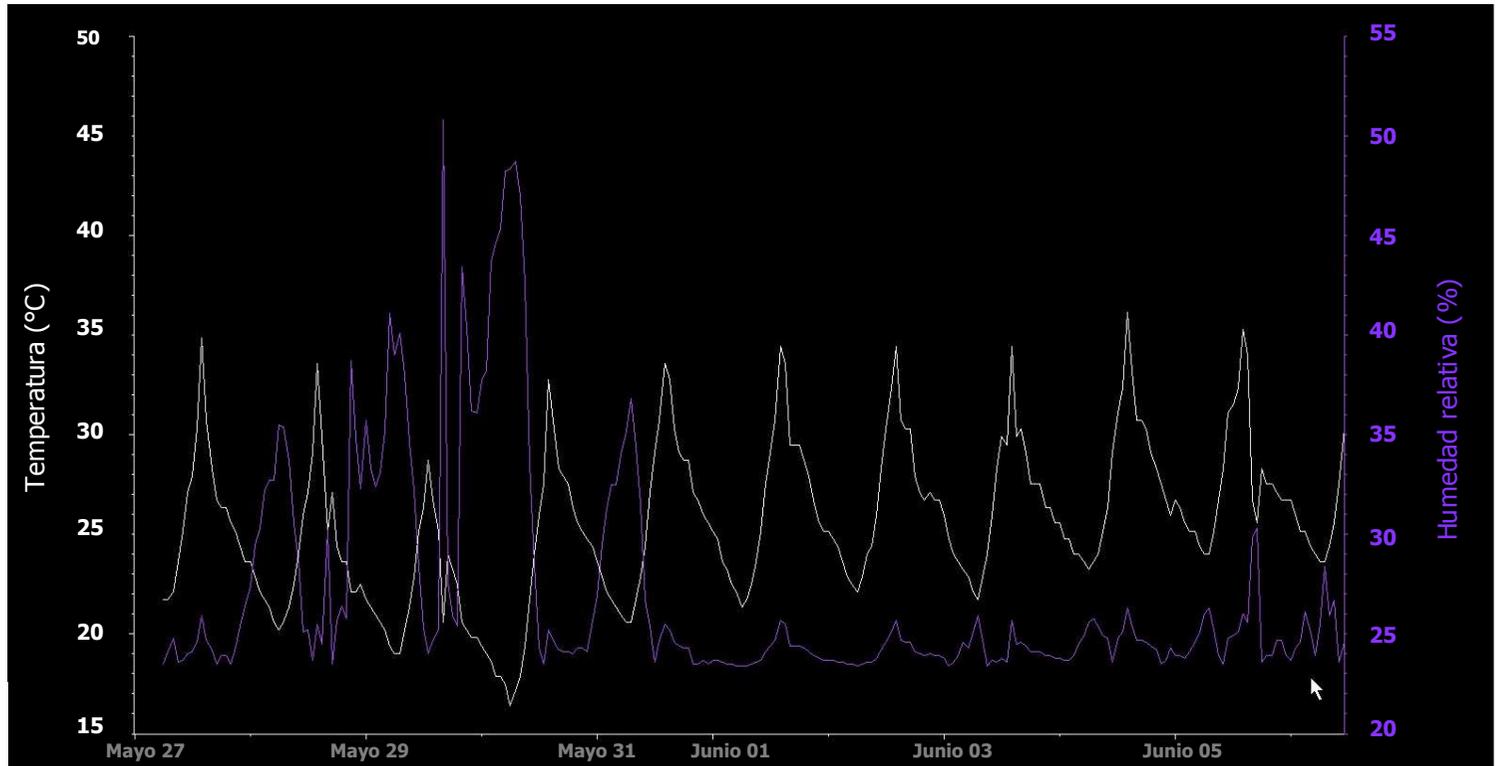
Primer periodo: HOB0 R3 - Cubo de escaleras.



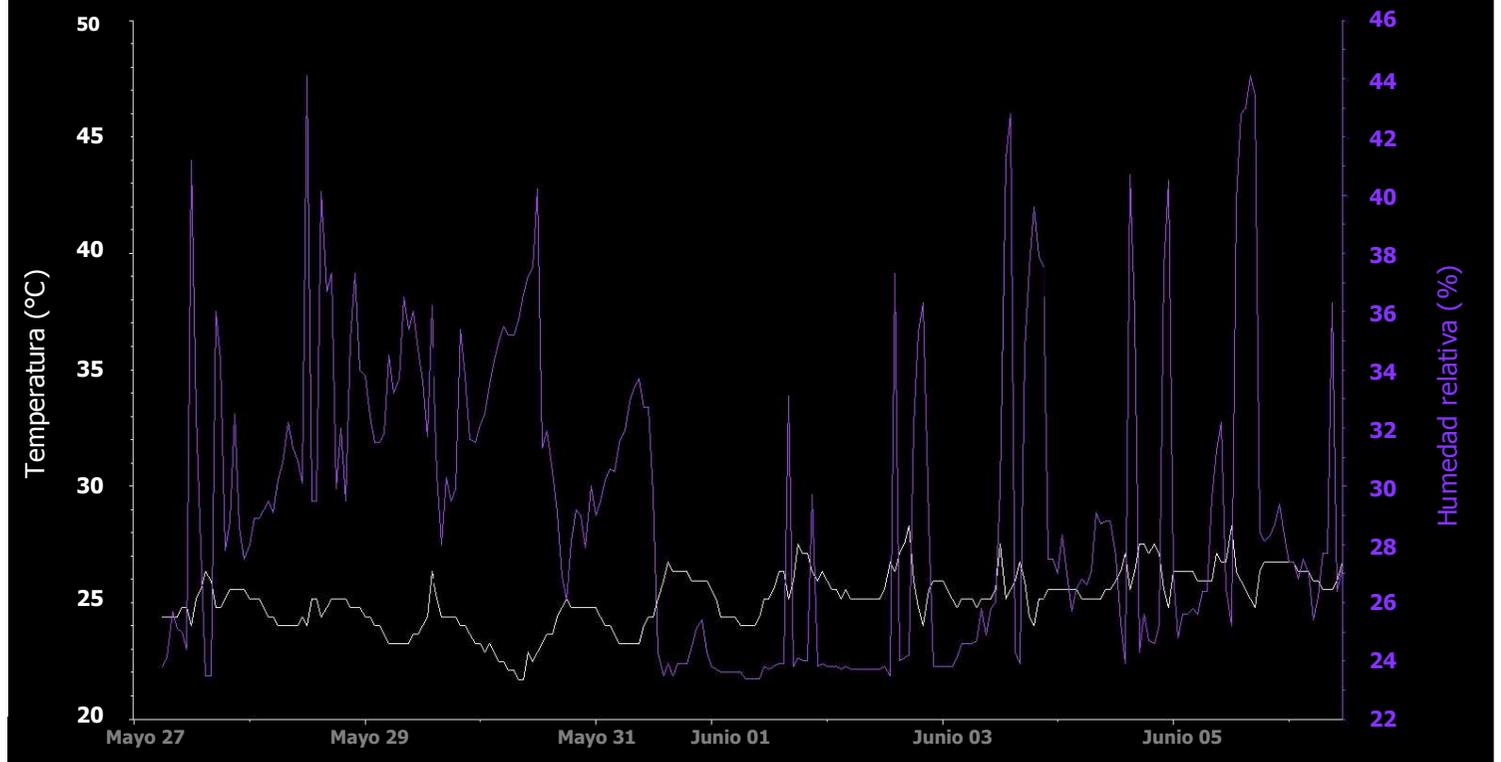
Primer periodo: HOB0 R4 - Alcoba.



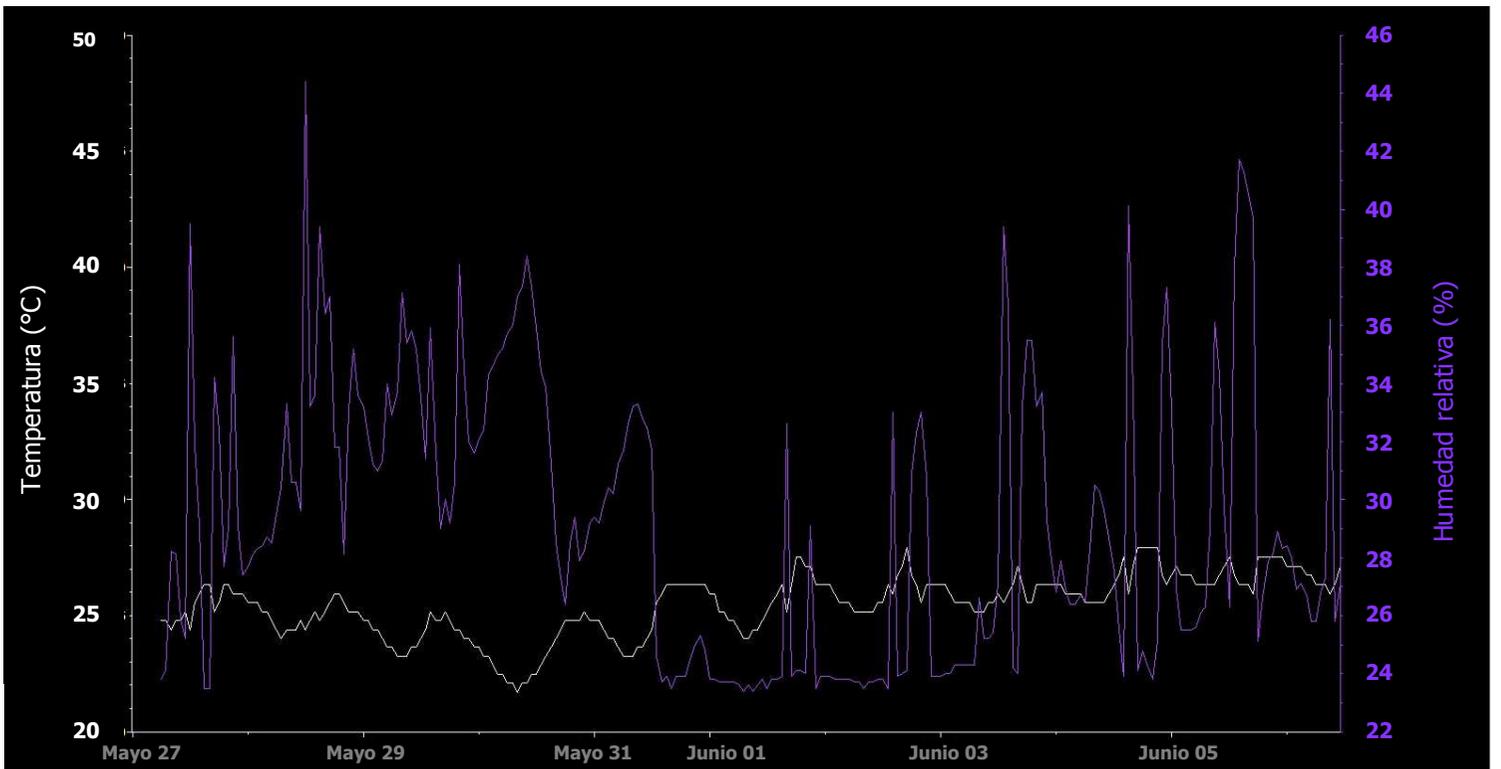
Segundo periodo: HOB0 R1 - Exterior.



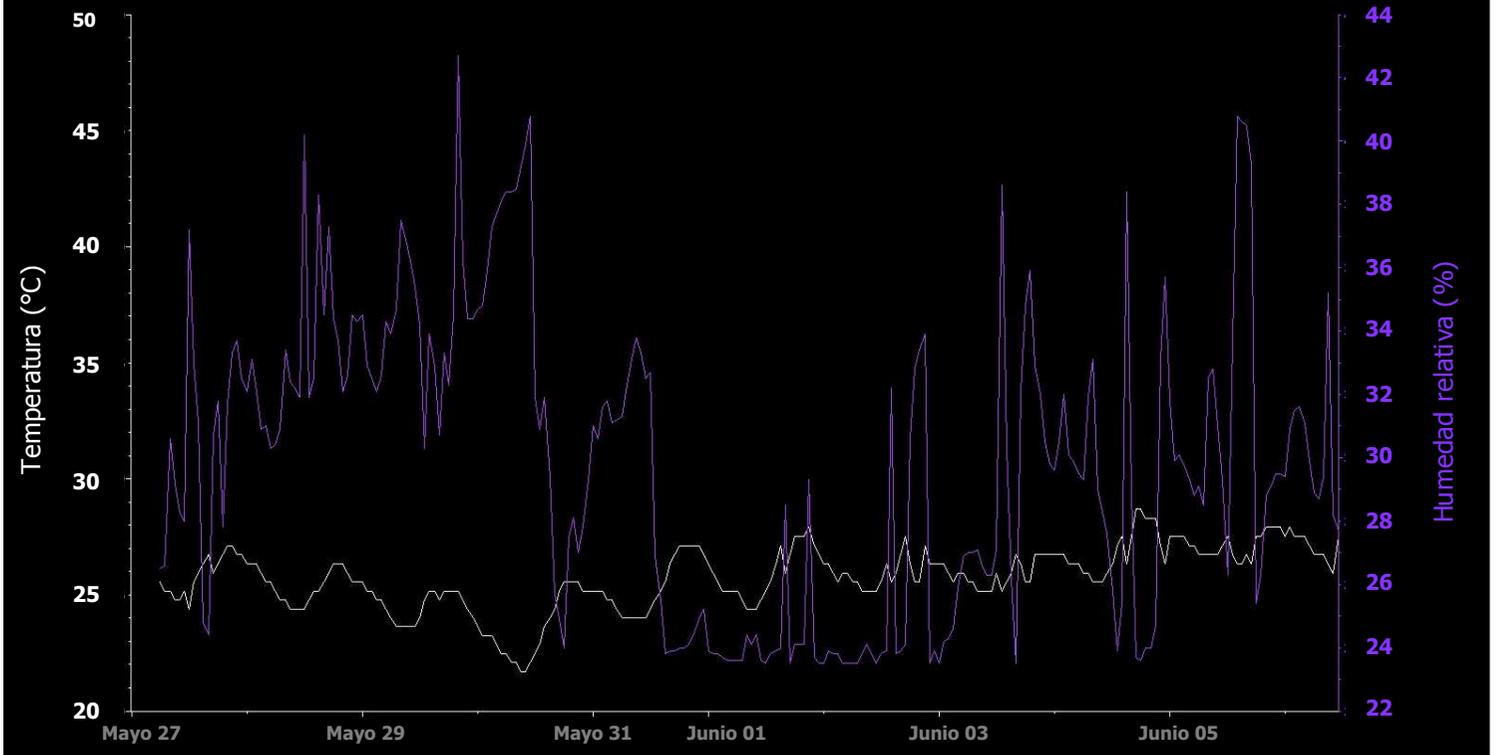
Segundo periodo: HOB0 R2 - Cocina / Estancia-comedor.



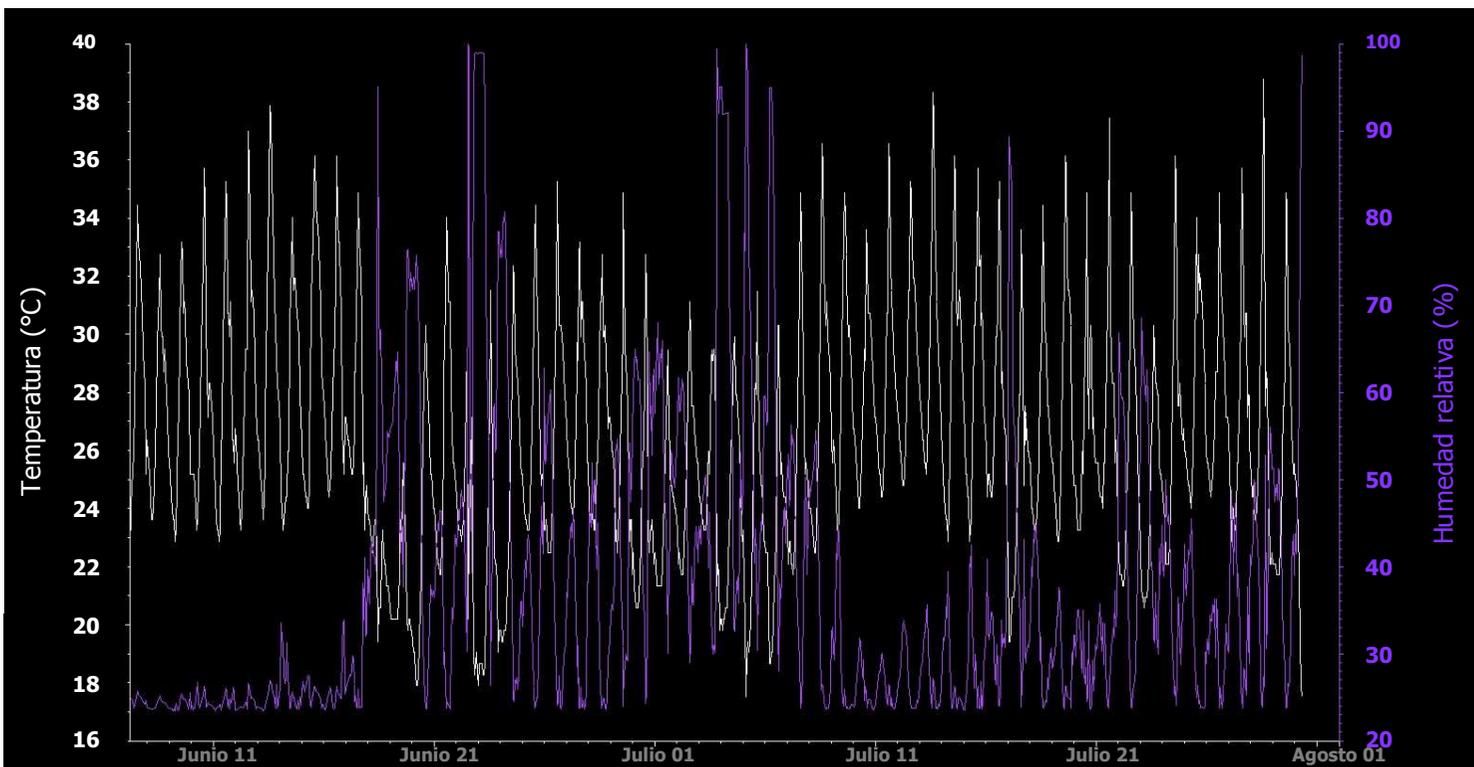
Segundo periodo: HOB0 R3 - Cubo de escaleras.



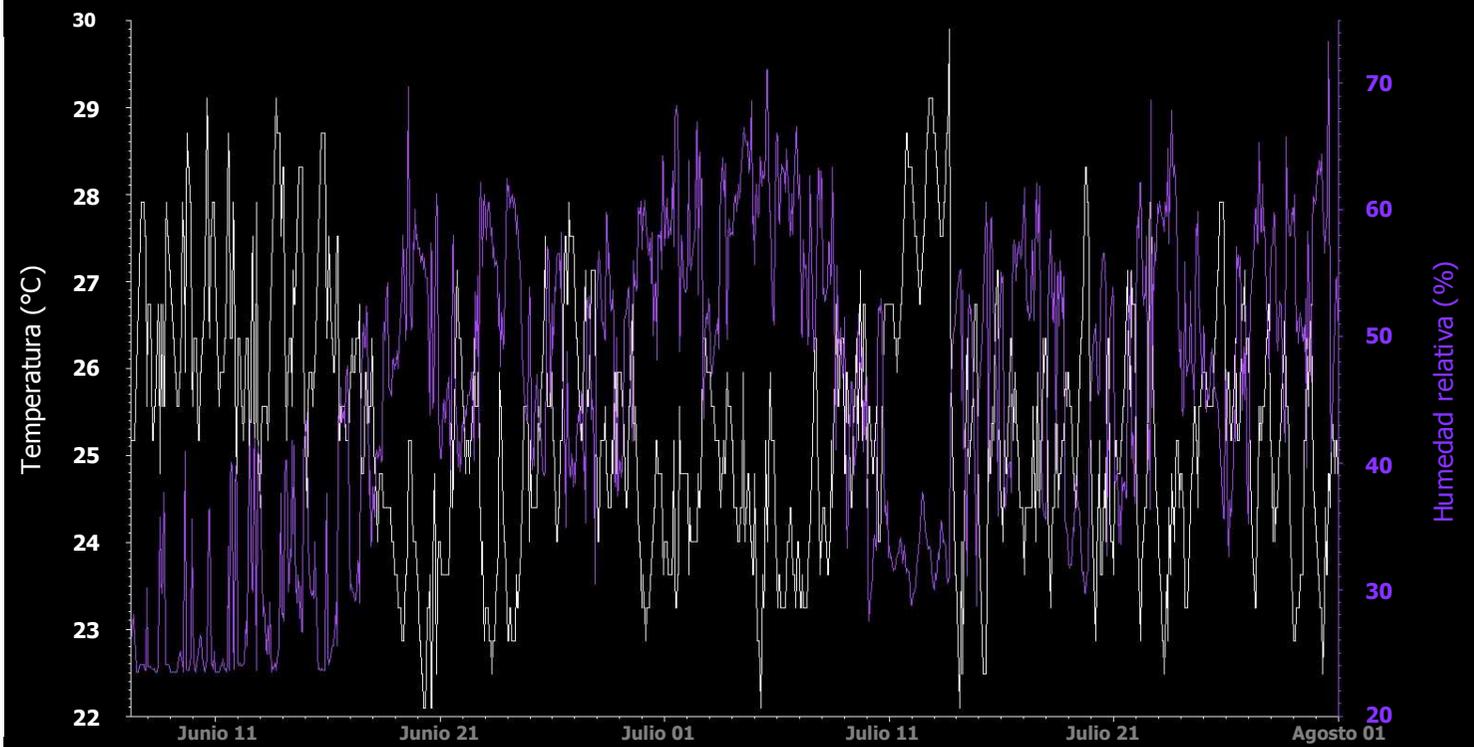
Segundo periodo: HOB0 R4 - Alcoba.



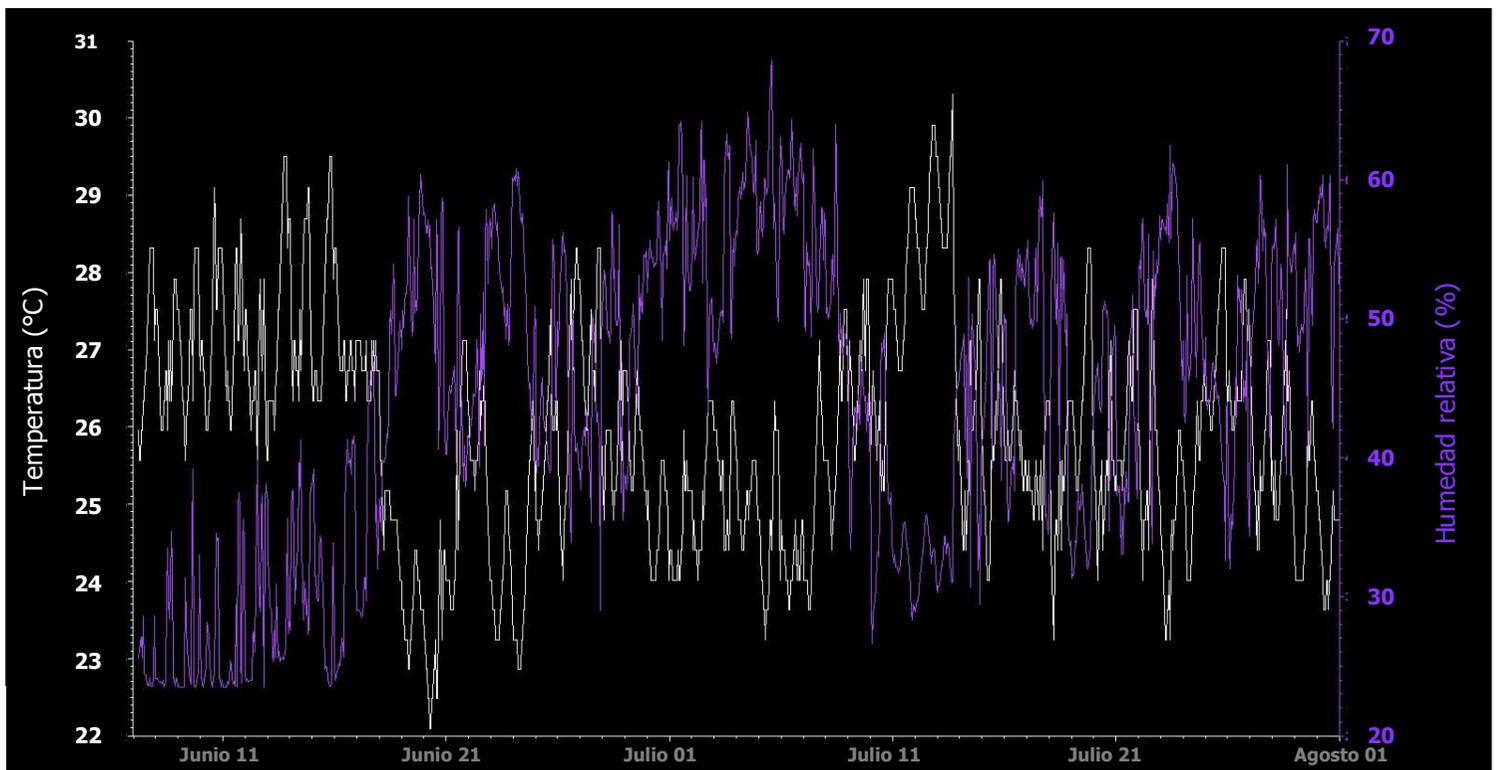
Tercer periodo: HOBO R1 – Exterior.



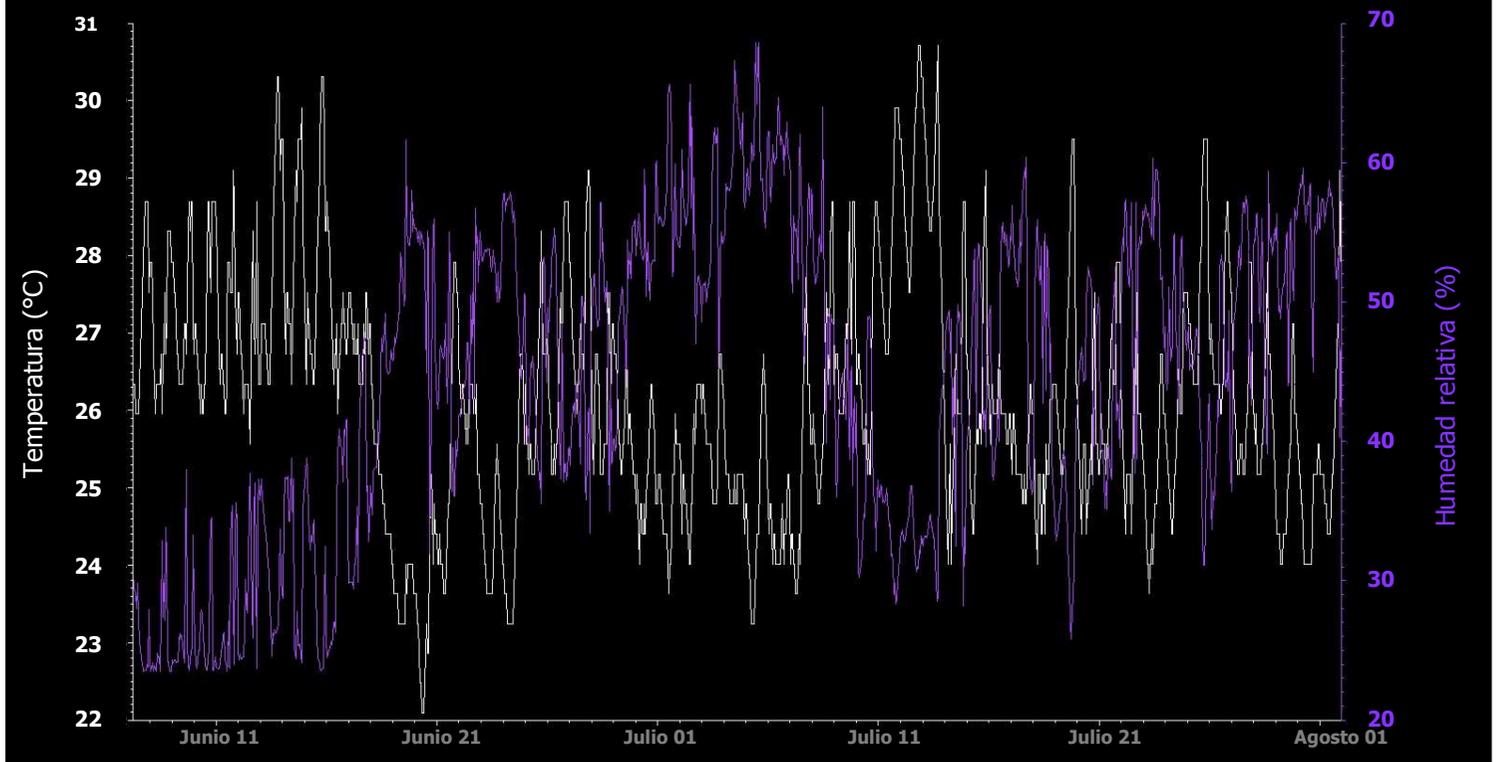
Tercer periodo: HOBO R2 - Cocina / Estancia-comedor.



Tercer periodo: HOB0 R3 - Cubo de escaleras.



Tercer periodo: HOB0 R4 - Alcoba.



Las gráficas presentan los resultados por variación horaria de temperaturas y humedad relativa obtenidos con equipo automatizado durante el periodo estival*. A causa de que la vivienda está habitada durante el proceso de medición, se registran las horas diarias de encendido y apagado del equipo mecánico para climatización, que durante el periodo de verano fue el sistema activo por enfriamiento evaporativo (cooler).®

Periodo	Día	Máximas			Mínimas		
		Estancia	Cubo escalera	Alcoba	Estancia	Cubo escalera	Alcoba
Mayo	10	28.3º C.	29.10º C.	30.3º C.	25.2º C.	26.3º C.	27.2º C.
	17	26.0º C.	26.0º C.	27.0º C.	23.6º C.	23.2º C.	23.2º C.
	24	25.0º C.	25.0º C.	26.0º C.	22.0º C.	22.0º C.	23.0º C.
	31	26.7º C.	26.0º C.	27.0º C.	23.0º C.	24.0º C.	26.0º C.
Junio	7	28.0º C.	28.0º C.	29.0º C.	25.0º C.	26.0º C.	26.0º C.
	14	29.0º C.	29.0º C.	30.0º C.	26.0º C.	26.5º C.	28.0º C.
	24	26.0º C.	26.0º C.	27.0º C.	23.0º C.	23.0º C.	23.5º C.
	30	25.0º C.	25.5º C.	26.5º C.	23.0º C.	24.0º C.	24.5º C.
Julio	7	26.5º C.	27.0º C.	28.0º C.	23.5º C.	23.5º C.	24.0º C.
	14	27.0º C.	28.0º C.	28.7º C.	23.5º C.	24.0º C.	24.0º C.
	20	26.5º C.	27.0º C.	27.5º C.	23.0º C.	24.5º C.	24.5º C.
	27	27.0º C.	27.0º C.	28.0º C.	24.5º C.	24.5º C.	25.6º C.

La muestra sintetiza las mediciones horarias en el sitio de varios días representativos de cada mes durante el periodo de verano.

Temperaturas resultantes de las mediciones con equipo en el sitio (Hobos-Psicómetro), para las tres zonas al interior de la vivienda de referencia.

Las temperaturas entre las zonas de estancia y comedor son prácticamente semejantes, con un promedio de 0.5 ºC. en relación con las temperaturas en el área que contiene el cubo para escaleras.

Las temperaturas más altas registradas son en zona del dormitorio principal promediaron 1 ºC. mas, en relación con las otras áreas.

La similitud entre los resultados obtenidos por los Hobos y el Psicómetro al interior y exterior de la casa durante el periodo estival permite omitir la serie de mediciones con Hobos para el periodo invernal.

De igual forma que en el verano, los datos de temperaturas y humedad resultantes del psicómetro y recopilados manualmente por los habitantes de la vivienda durante el invierno del 2008-2009, se registraron con el sistema de calefacción apagado para dar concordancia entre las mediciones en sitio y las temperaturas simuladas.

* Ver referencia en Anexos pags. 234 a 236: Tiempos de operación del sistema de enfriamiento activo.

® Ver referencia en Anexos pags. 231 y 232: Muestra de mediciones interiores en sitio con Hobos.

La información derivada de las consultas y mediciones[^] permitió sintetizar los resultados anuales. Asimismo se advirtió particular interés en el cruce de datos durante los periodos de mayor ascenso de temperaturas (Mayo, Junio y Julio), posteriormente se incluyeron los periodos más fríos (Diciembre, Enero, Febrero y Noviembre) y los meses con mayores oscilaciones térmicas entre el día y la noche (Abril y Agosto respectivamente).

Mes	Temperatura exterior:						Temperatura interior:					
	12:00 hrs.	14:00 hrs.	16:00 hrs.	Máximas	Media	Mínimas	12:00 hrs.	14:00 hrs.	16:00 hrs.	Máximas	Media	Mínimas
	4:00 hrs.	6:00 hrs.	8:00 hrs.				4:00 hrs.	6:00 hrs.	8:00 hrs.			
Diciembre	3.7° C.	2.5° C.	5° C.	17° C.	9° C.	2.5° C.	4.2° C.	3.5° C.	4.8° C.	15.5° C.	10.2° C.	3.5° C.
Enero	4.8° C.	3.5° C.	5.4° C.	18° C.	10° C.	3.5° C.	7.6° C.	6.8° C.	8.2° C.	16.5° C.	12.0° C.	6.8° C.
Febrero	7.4° C.	6.4° C.	8.4° C.	22° C.	14° C.	6.4° C.	8.8° C.	8.0° C.	9.4° C.	18.7° C.	14.3° C.	8.0° C.
Marzo	23° C.	25° C.	24° C.	25° C.	17° C.	8.7° C.	20.2° C.	22.7° C.	21.3° C.	22.7° C.	18.6° C.	12.2° C.
Abril	26° C.	29° C.	27° C.	29° C.	21° C.	12° C.	22.4° C.	25.0° C.	23.6° C.	25.0° C.	20.2° C.	16.5° C.
Mayo	33° C.	36° C.	34° C.	36° C.	27° C.	17° C.	27.1° C.	29.5° C.	28.2° C.	29.5° C.	27.0° C.	22.7° C.
Junio	36° C.	39° C.	37° C.	39° C.	29° C.	19° C.	30.2° C.	32.3° C.	31.1° C.	32.3° C.	29.3° C.	25.0° C.
Julio	34° C.	36° C.	35° C.	38° C.	28° C.	18° C.	28.0° C.	30.7° C.	29.0° C.	30.7° C.	28.2° C.	24.8° C.
Agosto	31° C.	33° C.	32° C.	33° C.	25° C.	16° C.	25.4° C.	28.2° C.	26.2° C.	28.2° C.	26.4° C.	22.9° C.
Septiembre	14° C.	13° C.	18° C.	30° C.	22° C.	13° C.	18.5° C.	17.8° C.	18.9° C.	27.0° C.	23.0° C.	17.8° C.
Octubre	13° C.	11° C.	14° C.	27° C.	19° C.	11° C.	11.5° C.	10.7° C.	12.0° C.	24.1° C.	18.0° C.	10.7° C.
Noviembre	7.3° C.	5.7° C.	8.4° C.	22° C.	14° C.	5.7° C.	10.2° C.	9.5° C.	11.0° C.	18.0° C.	14.0° C.	9.5° C.

El acopio de temperaturas resultantes permitió además registrar el horario en el que de acuerdo a la opinión de los habitantes, la satisfacción térmica percibida sin la utilización de aparatos activos, es menor.

Las temperaturas diarias de menor confort según la opinión de los habitantes son: durante el verano a las 12:00, 14:00 y 16:00 hrs., y durante en invierno las 4:00, 6:00 y 8:00 hrs.

Los datos obtenidos permiten comparar la diferencia entre las temperaturas exteriores con las interiores, resultando una oscilación térmica desde los 1.5 hasta 4.0° C. en el invierno y de 2.3 a 6.7° C. durante el verano.

Mes	Humedad relativa al exterior:		
	Máxima	Media	Mínima
Diciembre	87.40%	54.30%	21.20%
Enero	84.20%	53.80%	23.40%
Febrero	85.00%	53.85%	22.70%
Marzo	77.70%	50.20%	22.70%
Abril	79.30%	48.35%	18.40%
Mayo	83.70%	53.55%	22.40%
Junio	93.50%	58.45%	23.40%
Julio	93.50%	58.50%	23.50%
Agosto	83.70%	54.35%	25.00%
Septiembre	97.80%	61.50%	25.20%
Octubre	95.70%	59.35%	23.00%
Noviembre	93.40%	58.45%	23.50%

Mes	Humedad relativa al interior:		
	Máxima	Media	Mínima
Diciembre	55.20%	38.65%	22.10%
Enero	54.00%	38.85%	23.70%
Febrero	65.60%	48.65%	31.70%
Marzo	52.00%	37.65%	23.30%
Abril	54.20%	37.00%	19.80%
Mayo	53.60%	38.55%	23.50%
Junio	62.60%	43.05%	23.50%
Julio	68.60%	47.20%	25.80%
Agosto	63.80%	55.85%	47.90%
Septiembre	62.10%	44.40%	26.70%
Octubre	59.70%	42.00%	24.3%
Noviembre	59.20%	41.75%	24.3%

[^] C-4. Geografía y clima. Análisis climático de Chihuahua, págs. 81-90. Y ver referencia en Anexos pag. 233: Muestra de mediciones exteriores en sitio con Hobos.

Vivienda propuesta, modelo.

Consideraciones generales para el diseño de la vivienda modelo.

Pautas y consideraciones necesarias para diseño de la propuesta:

Dado que la hipótesis de la presente investigación pretende demostrar que la propuesta de una vivienda que considera las condiciones geográficas y climáticas del sitio, propicia un mayor ahorro de energía y comodidad térmica en comparación con una vivienda de referencia que representa a una serie, es necesario que en el diseño de la casa modelo se respeten las pautas que caracterizan a la referencia en el mercado.

Se consideran principalmente los criterios normativos para edificación de vivienda: restricciones, dimensiones y requerimientos mínimos de habitabilidad y funcionamientos para edificación habitacional (normativa mencionada en el C-2 "Bases para definición de estudio", págs. 14-17).

Asimismo, es necesario que el diseño propuesto considere el programa arquitectónico (espacios requeridos)* y los materiales utilizados* en la V-r, por ser particularidades que satisfacen las necesidades del mercado que la demanda.

Con las primeras condicionantes para el diseño de la vivienda modelo (V-m), se definen las particularidades de la propuesta:

Solar o lote:

Geometría y orientación:

La superficie total del solar considerada para desarrollar la propuesta es de 121.50 mts.2 (13.50 x 9.0 mts.), lo que representa un excedente de 1.45 mts.2 en relación al terreno de la V-r.

Planteando una geometría rectangular, aunque en un lote mas ancho y de menor profundidad (con tendencia a la proporción cuadrada), en relación al usado en la lotificación típica para vivienda media.

El terreno sigue una orientación en donde el lado de mayor profundidad queda al Este-Oeste, permitiendo que al lado con menor profundidad pero con mayor longitud le corresponda la orientación Sur-Norte.

* Programa y distribución de espacios habitables del C-6 "Vivienda de referencia", Pág.108.

^ Materiales de construcción del C-6 "Vivienda de referencia", Pág.109.

A diferencia de la V-r y de la mayoría de las viviendas que se edifican en Chihuahua, se determina que el espacio que indica la normativa[®], es necesario considerar para la colocación del automóvil, quede ubicado fuera del lote donde se proyecta la casa, comúnmente el espacio destinado para el automóvil se ubica en la parte frontal o patio delantero (utilizando una sección privilegiada de la parcela).

Eventualmente la vivienda media se edifica en conjuntos denominados fraccionamientos en donde comúnmente se comparten algunas áreas dependiendo del diseño urbano, es factible destinar un área para estacionamiento sirviendo para varias casas con un radio de distancia cómodo.

Respetado el programa de espacios que se consideran para la serie de viviendas observadas, en la propuesta de la vivienda modelo (V-m) se ha determinado ubicar uno de los tres dormitorios en la planta baja, además de aumentar la dimensión de áreas dependiendo del uso destinado.

Sugerencias basadas en encuestas de opinión de los habitantes y en comentarios de un sector del mercado sin considerar para la adquisición de la vivienda media de interés social. Según manifestaciones expresadas:

- Las dimensiones consideradas para la mayoría de los espacios son estrechas, y no son coherentes al tamaño del mobiliario de uso común (sillones, sofás, divanes, mesas, camas, etc.).
- No se ha estimado la necesidad de incorporar una alcoba en la primer nivel (planta baja) para personas de tercera edad o con dificultades motrices; si bien la mayoría de los usuarios es población joven, no se anticipa el envejecimiento, ni se considera un sector de población que se pudiese incorporar a la demanda.

Materiales de construcción - estructura:

Se propone que la V-m integre los materiales para edificación de la estructura equivalentes a los usados en la V-r, (insumos y procedimientos ofertados comúnmente en el mercado para la vivienda media de interés social en Chihuahua).

Muros de tabique rojo cocido, aunque el tratamiento de la envolvente diferirá dependiendo de la orientación de cada fachada, cerramientos (dallas) de concreto armado con acero, vigas y trabes de concreto y/o acero (dependiendo de los claros a cubrir), losa de entrepiso (forjado) de concreto premezclado aligerada con casetón de poliestireno. En el caso de la losa de azotea, no obstante que la constitución física es similar (concreto aligerado con casetón de poliestireno expandido), además integrará un espesor de tierra con pasto por ser parte de la estrategia de la envolvente. En la cimentación, se propone sustituir la losa de cimentación de concreto armado, por zapatas corridas de concreto.

[®] Reglamento de construcción y normas técnicas para el municipio de Chihuahua:
-1 cajón de estacionamiento para la vivienda media.-

Aparte de las pautas y sugerencias apuntadas, la propuesta de vivienda a comparar deberá desarrollar una superficie entre los 90 y 120 mts.2 en dos niveles, respetando los criterios de la tipología formal que se oferta en el mercado.

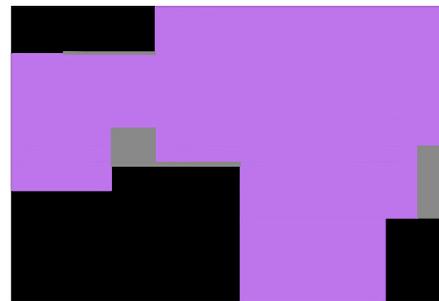
Diseño arquitectónico y características de la propuesta:

Relación superficies:

Superficie para vivienda propuesta:
115.00 mts.2 en dos niveles.

Superficie habitable:
96.20 mts.2.; de los cuales 61.60 mts.2 son de planta baja y 34.60 mts.2 de primer nivel o planta alta.

Geometría y orientación del volumen propuesto:



Relación del área habitada en el lote.

Geometría:

Con la excepción del área que sirve de cubo para escaleras que se contiene por una geometría con tendencia al cuadrado, y deriva a que esa sección de la propuesta ocupe el lote a lo ancho; el desarrollo de las plantas que propone la ubicación de las áreas servidas y sirvientes se organiza en el área con mayor longitud y poca profundidad, geométricamente de forma rectangular. Al Este se provocan rremetimientos en las dos plantas para sombrear y proteger accesos y vanos evitando la exposición directa del sol en verano, y para optimizar la ventilación selectiva, al Oeste la sección se estrecha permitiendo mayor ventilación y menor exposición al sol.

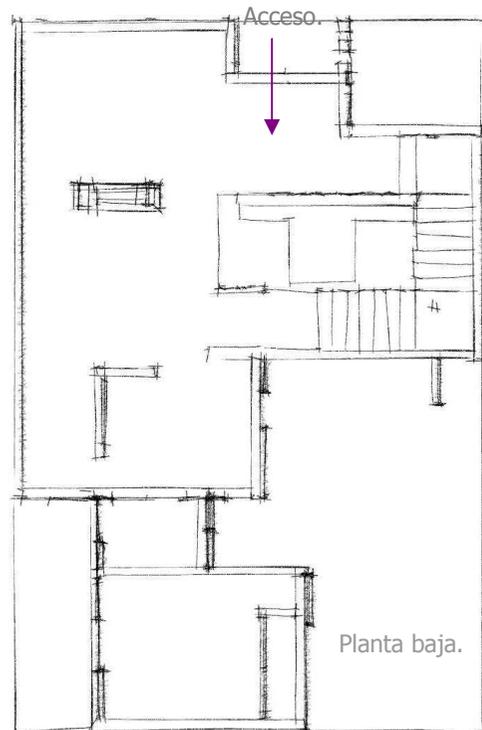
Orientación:

La volumetría que da forma a la vivienda se orienta en la parte Norte de la parcela, ocupándola longitudinalmente y provocando que la mayoría de los espacios se abran al Sur (hacia el patio), en la sección central el volumen ocupa transversalmente el terreno, permitiendo la ventilación cruzada del Sureste y confinando el patio y porosidades.

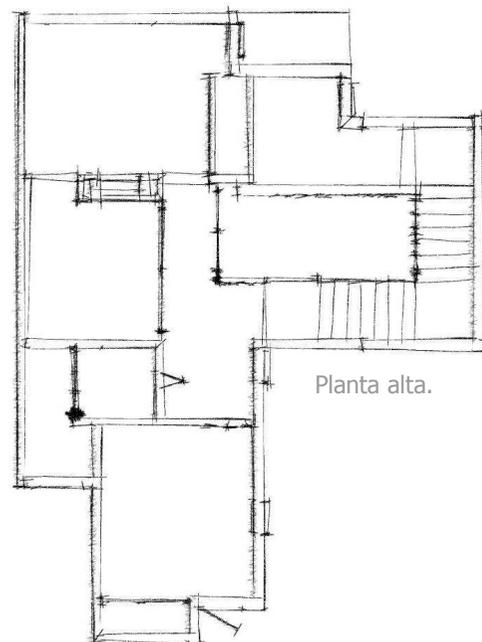
Programa y distribución de espacios:

En el solar de 121.50 mts.2, los espacios se organizan en:
Zonas abiertas-

En la zona lateral abierta al Sur, un patio de 27.32 mts.2, y un espacio semi-abierto o de transición que provoca porosidad entre volúmenes de 1.42 mts.2; al Sureste de



Croquis iniciales de la propuesta.



la parcela, los quiebres de la fachada frontal provocan porosidad de 5.13 mts.2, y un espacio de transición exterior-interior (acceso) que provoca un área porosa de 1.97 mts.2; en la zona Noreste se propone un patio con 5.48 mts.2 de superficie.

Espacios organizados al interior:

Con ubicación y orientación respecto a la parcela, en planta baja: al Norte se integran los espacios de cocina con 10.11 mts.2 y de comedor con 12.50 mts.2, al Noroeste se propone la edificación de una alcoba con 10.33 mts.2 y del 1/2 baño para visitas con 2.56 mts.2, al Noreste se ubica la estancia con 10.41 mts.2, y al Este, la recepción y pasillo que corresponden al acceso con 4.86 mts.2.

En el área ubicada al Sureste de la parcela la escalera contienen un espacio libre de 5.50 mts.2 en donde se sugiere la colocación de elementos vegetales y para humidificación, asimismo, la parte baja de la escalera se aprovecha un espacio con 3.90 mts.2 útiles para uso de bodega.

El recorrido de las escaleras representa un área de 8.12 mts.2. En el primer nivel o planta alta: al Norte el baño principal con 5.10 mts.2, al Oeste el dormitorio principal con 11.88 mts.2, al Este el segundo dormitorio con 10.92 mts.2, en el que se ha propuesto utilizar el forjado de azotea del dormitorio de planta baja como terraza ajardinada; en la parte central se ubica un área de 6.70 mts.2 que corresponde al pasillo o distribuidor del acceso de la escalera a las habitaciones.

La Forma y el interior:

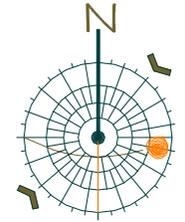
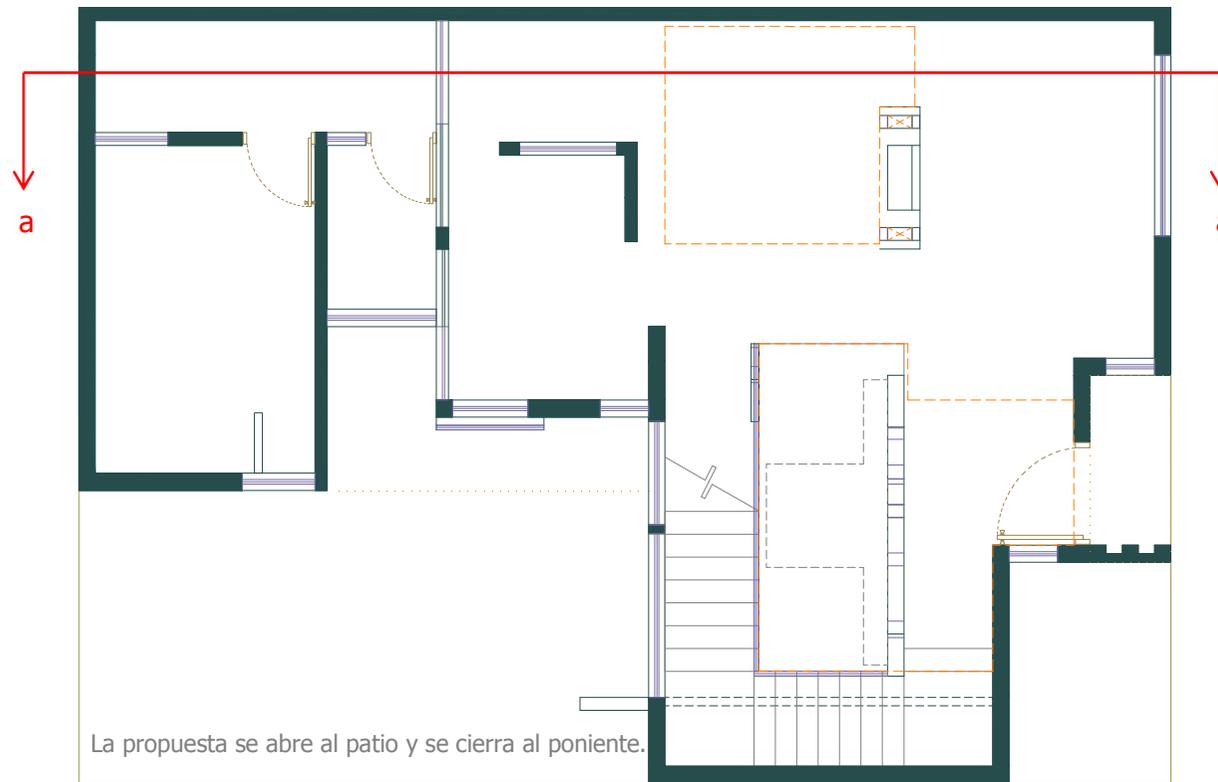
El desarrollo de la V-m propone más compacidad comparativamente con la V-r, sugiere una altura mínima de 3.00 mts. por nivel para evitar la condensación del aire y mejorar la ventilación e iluminación. Al igual que la vivienda de referencia, el edificio propuesto es poco esbelto, no obstante aumenta la conformación de patios propiciando mayor porosidad.

La ubicación de un dormitorio en planta baja, aumenta la compartimentación atenuando la dependencia de las condiciones exteriores de la piel, el resto de la edificación mantiene condiciones similares a la V-r.

Para aumentar la conexión en el interior y favorecer el intercambio energético (térmico y lumínico) en el edificio, el diseño contempla dos espacios con doble altura (vacíos) en las zonas de recepción y comedor respectivamente.

La propuesta modelo además aumenta la pesadez del edificio, variando el espesor en algunos cerramientos expuestos al exterior para propiciar mayor estabilidad térmica.

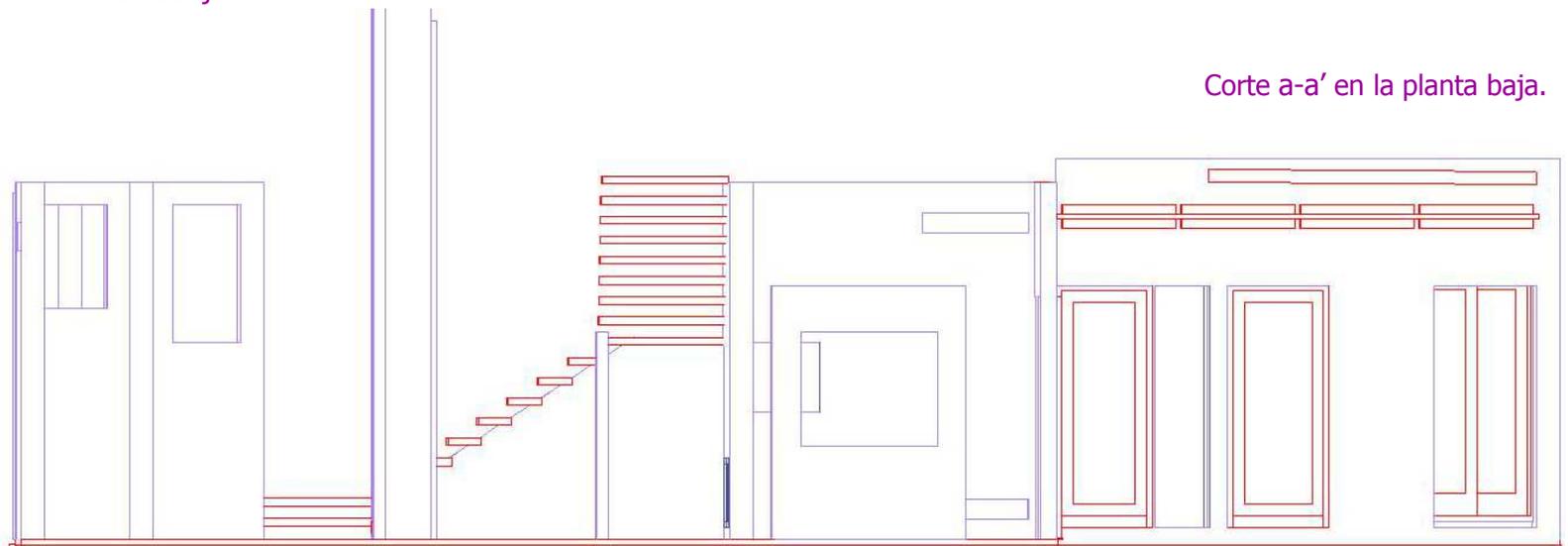
Representación gráfica de la vivienda modelo:

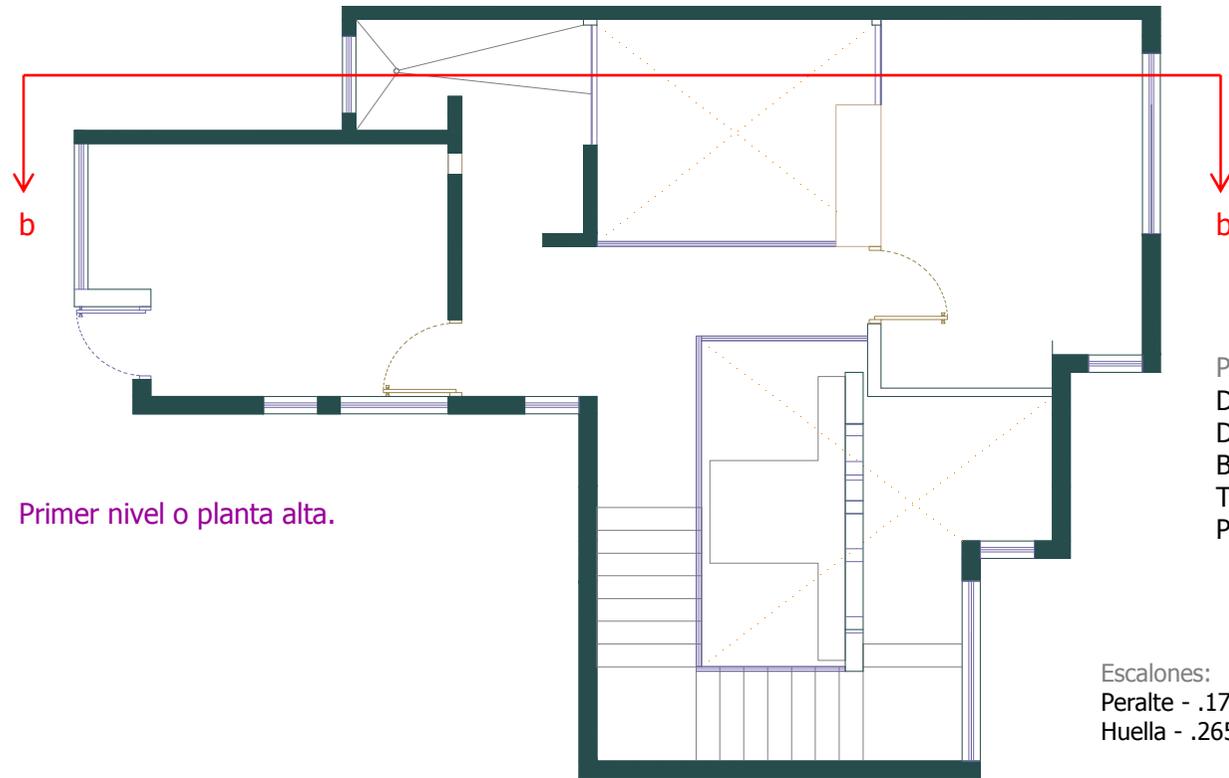


Áreas	Mts.2
Exterior:	
Patios y porosidades	37.26
Planta baja:	
½ baño	2.56
Cocina	10.11
Comedor	12.50
Estancia	12.95
Recepción (pasillo)	4.86
Jardinera	2.43
Almacén	3.90
Pasillo de escaleras	8.12
Dormitorio 1	10.33

Planta baja

Corte a-a' en la planta baja.





Primer nivel o planta alta.

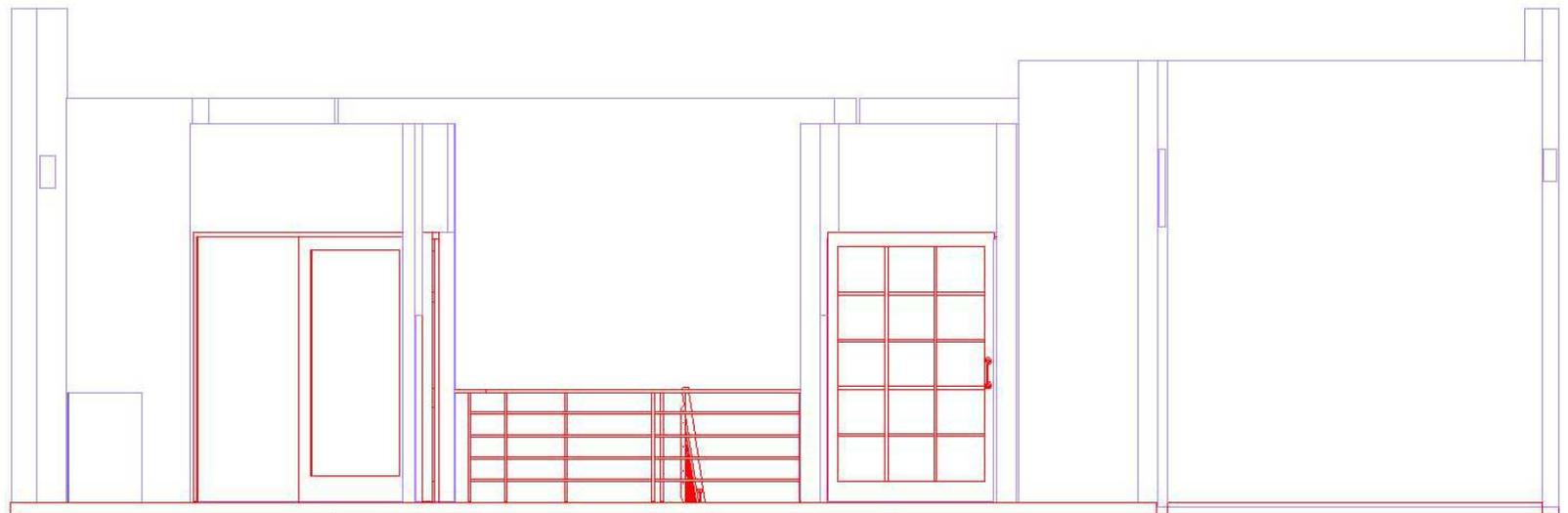
Áreas Mts.2

Primer nivel o planta alta:

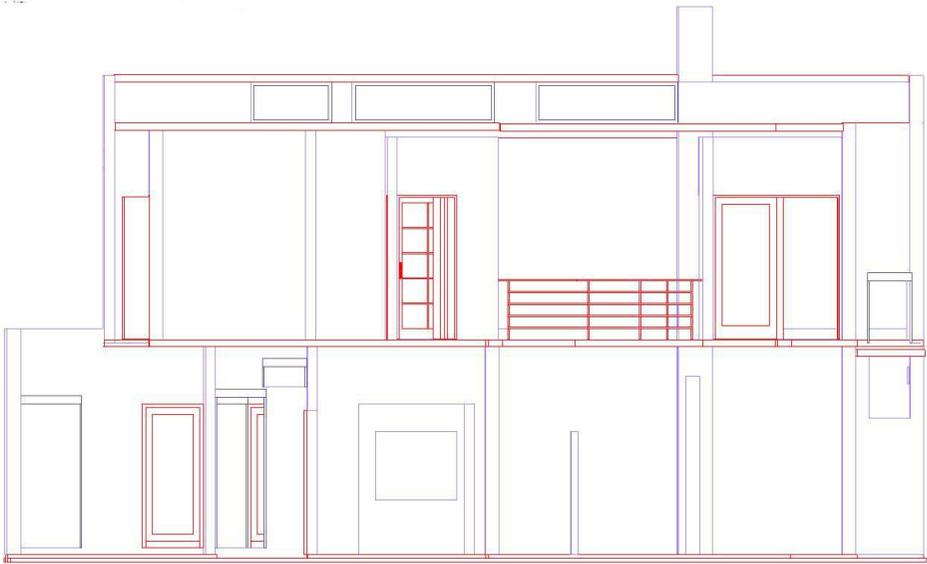
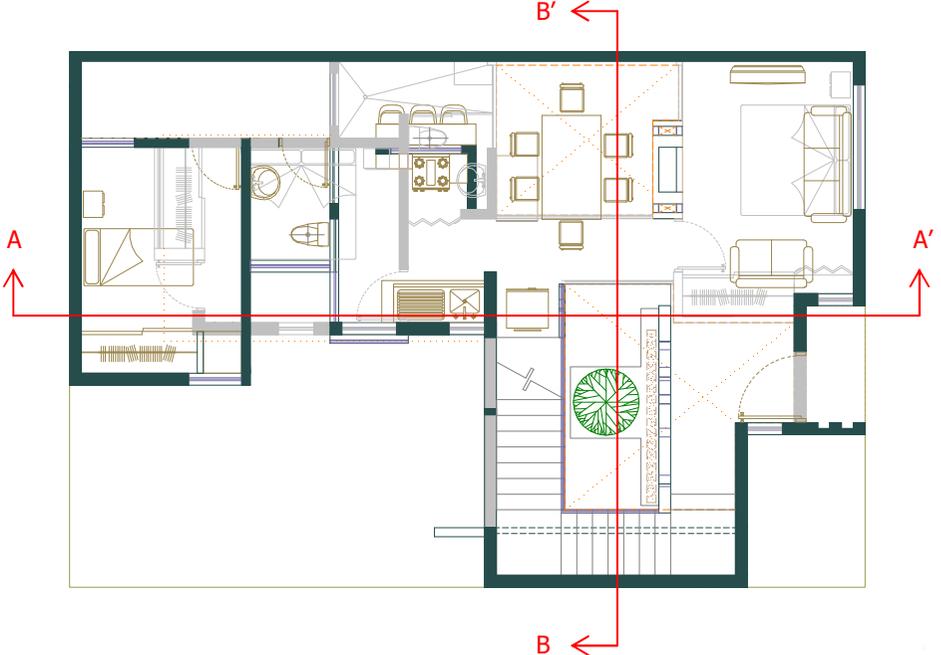
Dormitorio 2	10.92
Dormitorio principal	11.88
Baño	5.10
Terraza	6.50
Pasillo	6.69

Escalones:
 Peralte - .175 x 18 (pzas.) = 3.15 mts.
 Huella - .265+.3 (remetimiento) = .295 mts.

Corte b-b' en el primer nivel:



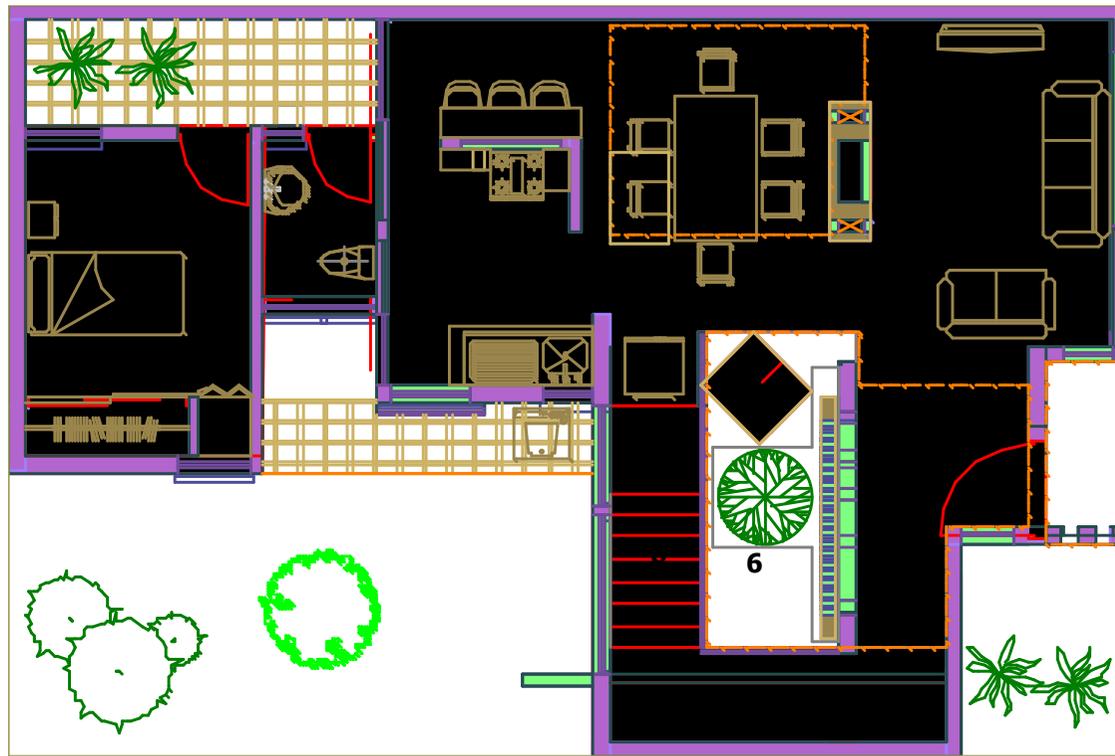
Cortes generales, transversal y longitudinal:



Corte A-A'

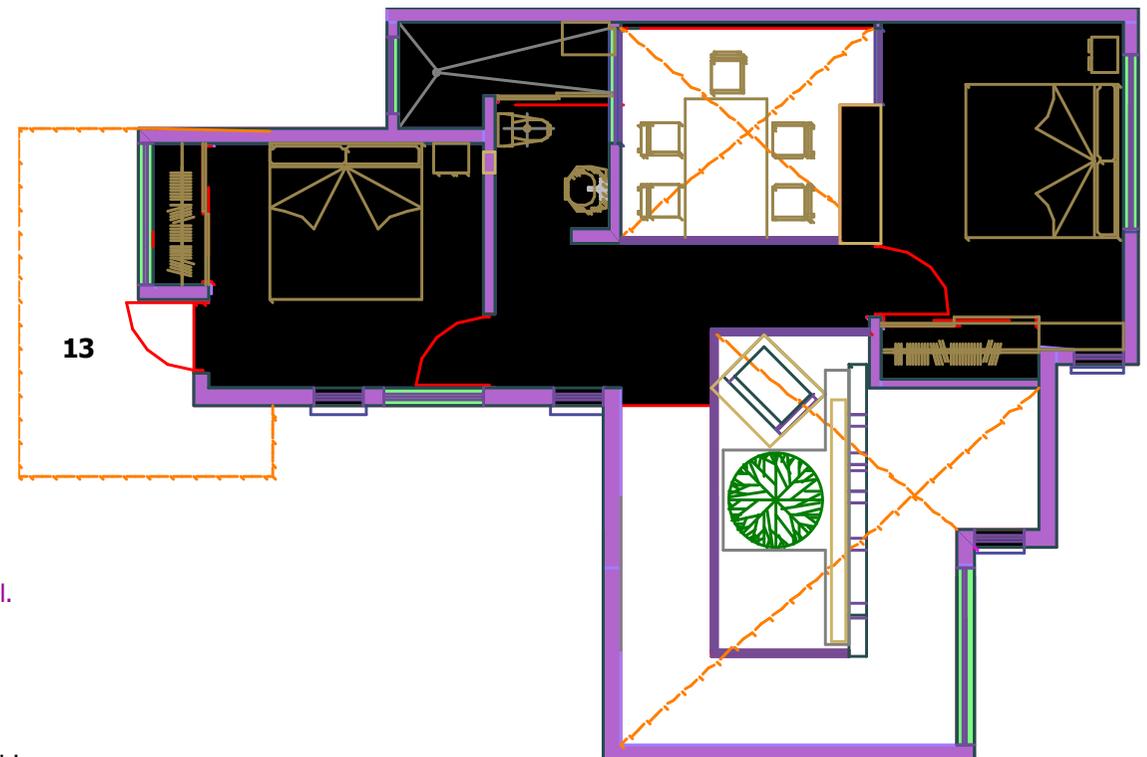
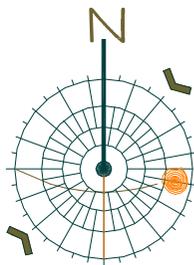


Corte B-B'



PLANTA BAJA.

1. ½ Baño.
2. Cocina.
3. Comedor.
4. Estancia.
5. Recepción.
6. Jardinera.
7. Almacén.
8. Pasillo de escaleras.
9. Dormitorio 1.



PLANTA ALTA.
(Primer nivel)

10. Dormitorio 2.
11. Dormitorio principal.
12. Baño.
13. Terraza.
14. Pasillo.

Métodos constructivos para evitar la utilización de sistemas de climatización.

Estrategias propuestas para aumentar la temperatura en invierno:

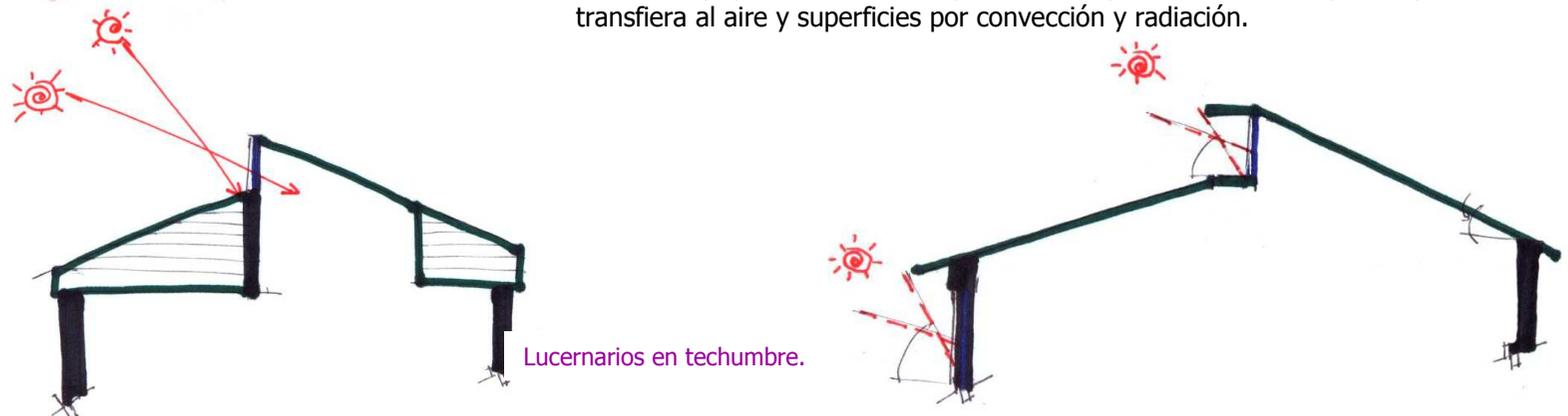
La integración constructiva de estrategias como sistemas pasivos y las modificaciones en la distribución espacial de la vivienda modelo, pretenden mejorar la calidad térmica interior con la finalidad de eliminar la utilización de sistemas mecánicos para climatización y ocasionar un ahorro de energía.

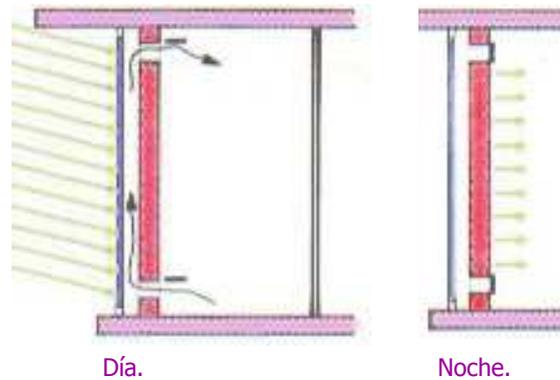
Para calentamiento del espacio interior en la temporada estival, definida por las bajas temperaturas en los últimos días del mes de Noviembre y meses de Diciembre, Enero y Febrero son incorporados 3 sistemas:

- Como sistemas de ganancia directa de calor se recomienda la colocación de un **lucernario** a nivel de la losa de azotea, este sistema permitirá la captación por inercia de la radiación solar al interior durante la época invernal.
- Como sistema de ganancia indirecta se propone la colocación de un **muro trombe** orientado, con el objetivo de almacenar energía para cederla al interior.
- Para sustituir la calefacción de alto consumo de gas licuado de petróleo durante el periodo invernal, se propone integrar una **caldera de biomasa**. Sistema de energía térmica por convección comúnmente incorporado viviendas de países con climas fríos.

Lucernario:

A diferencia de los tragaluces que orientados al norte pueden mejorar la calidad de iluminación o ventilación. El lucernario es un sistema pasivo de energía solar integrado al edificio, funcionara colocándole orientado al Sur para procurar la captación y transmisión de la radiación solar por inercia en las mañanas y tardes de invierno. El funcionamiento permite que la radiación solar directa (longitud de onda corta) que atraviesa la superficie transparente, una vez que ha penetrado se transfiera al aire y superficies por convección y radiación.

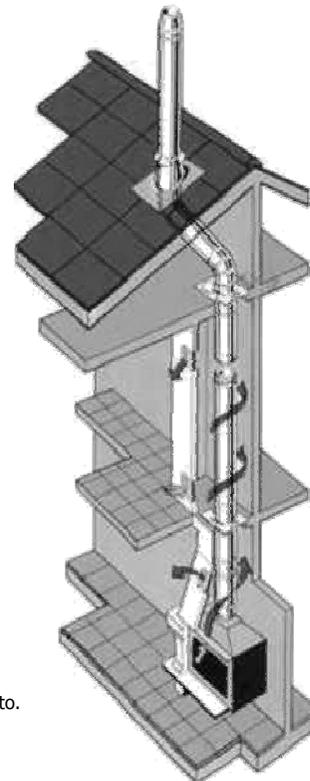




Muro trombe:

El muro trombe es un elemento acumulador que almacena energía (radiación solar con longitud de onda corta) para cederla a un ambiente interior, opera como sistema pasivo en donde la radiación atraviesa un vidrio, calentando el muro y el aire, provocando corrientes convectivas que son acumuladas y extraídas al interior (el elemento deberá tener buena capacidad térmica); básicamente es un sistema para captación solar por efecto invernadero, en la construcción se añaden unas perforaciones en la parte inferior y superior para comunicarlas a una cámara de aire confinada entre el ambos elementos (muro y vidrio). El vidrio al calentarse cede energía por convección al interior de la cámara, no obstante que el muro por si solo es un elemento acumulador de energía que después cederá por conducción, las aberturas en la parte superior e inferior establecen una corriente de aire.

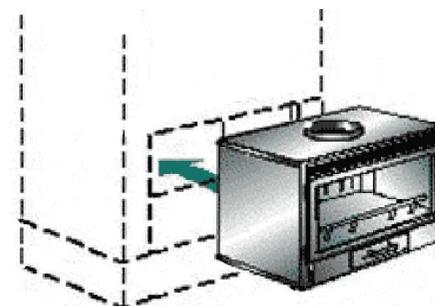
Para mejorar el funcionamiento del muro que estará orientado al Sur, se procura un acabado con una superficie selectiva calida o de color oscuro y vidrio doble para disminuir la perdida de energía al exterior.



Caldera de biomasa:

La caldera de biomasa es un sistema propuesto para sustituir la calefacción tradicional de gas licuado de petróleo. Sistema de generación de calor centralizado por combustión de biomasa[®]; utiliza hasta el 90% de la energía contenida en los residuos agrícolas o agroalimentarios, para la alimentación de las caldera domestica en Chihuahua es factible utilizar los restos del algodón, carbón vegetal, residuos forestales o residuos de podas para limpieza de bosques.[♦]

Con un funcionamiento convectivo, en donde el sistema centralizado extrae el aire frío (en la parte baja), al calentarse por la combustión de la biomasa distribuye el aire caliente por conductos hacia los espacios interiores y expulsa los residuos (gases) por un tiro o conducto cerámico al exterior con una altura que sobrepasa la cubierta. Para la propuesta se considero la colocación de la caldera al interior de un conducto similar a la chimenea convencional.



Caldera de biomasa.

[®] Todo tipo de material orgánico que tiene como origen un proceso biológico inmediato.

[♦] El Estado de Chihuahua es productor nacional de algodón y proveedor de maderas.

Estrategias sugeridas para reducir las temperaturas en verano:

Para conseguir mejor eficacia de los recursos utilizados para disminuir la temperatura en la casa, es necesario considerar acciones que eviten el sobrecalentamiento, integrando elementos exteriores de obstrucción que rechacen o reduzcan la radiación solar.

La propuesta considera la reducción de la radiación con vegetación (árboles caducifolios y enredaderas de poca agua), además contempla la colocación de dos pérgolas (umbráculos), la primera en la zona contigua a la salida del patio Sur entre los cerramientos del dormitorio, cocina y cubo de escaleras, cubriendo una superficie de 3.38 mts.2, la segunda produce sombra sobre un área de 5.48 mts.2, correspondiendo al patio ubicado en el Noroeste de la parcela, en la zona que comunica el interior de la vivienda con el 1/2 baño y el dormitorio.

No obstante que la propuesta sugiere algunos componentes exteriores para evitar el calentamiento de la envolvente, son dispositivos que comúnmente no se integran por el constructor, sino por quien adquiere y habita la casa, si bien se proponen, no se incluyen en la vivienda para la comparación.

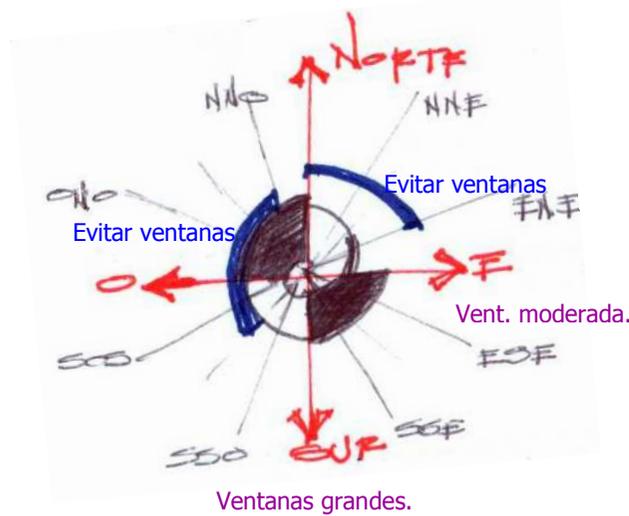
Los dispositivos que se han considerado para integrar a la propuesta a partir del diseño y forman parte de la construcción son los aleros o partesoles (aletas) que se ubican en algunas perforaciones de la piel dependiendo de su orientación®

En el periodo de verano durante los meses de Mayo, Junio, Julio y Agosto, las estrategias sugeridas para la disminución de la temperatura están principalmente fundadas en el enfriamiento por ventilación selectiva, lo que resulta favorable para en el ambiente de Chihuahua:

- El primer sistema para generar aireación es mediante la **ventilación cruzada**, recomendada para inducir el movimiento natural del aire en el interior mediante el efecto de sobre presiones o depresiones.
- Utilizado como sistema acumulador de calor en invierno, el **muro trombe** se propone también para emplearse como un extractor de aire caliente por diferencia de temperaturas en verano.
- Como sistema inductor para forzar el movimiento de aire con mayor temperatura hacia el exterior acumulado en la sección superior de la casa, la propuesta contempla la colocación de una **chimenea solar**.
- Para el enfriamiento al interior del edificio, la propuesta integra un sistema de **inducción y enfriamiento del aire** por convección y evaporación, con la captación y movimiento del viento a través de una la torre unidireccional y un sistema directo de transferencia evaporativa que consiste en una cortina de agua sobre un muro.

® Alero - Elemento que vuela horizontalmente sobre la fachada para proteger una perforación orientadas al Sur o al Norte.

Partesol o aleta – Pantalla que sobresale verticalmente en sentido perpendicular a la fachada para proteger una perforación orientada al Oeste o al Este.



Proporción y forma de abertura recomendables para Chihuahua:

- Fachada Norte-** Rectangular horizontal.
Centrada.
40-60% del cerramiento.
Con eje.
- Fachada Sur-** Rectangular horizontal.
Esquinada hacia el Este (para evitar penetración solar por la tarde).
20-30% del cerramiento.
Abatible.
- Fachada Este-** Rectangular vertical
Esquinada hacia el Sur (para reducir penetración solar en verano).
10-15% del cerramiento.
Corrediza.
- Fachada Oeste-** Evitar.

Ventilación cruzada:

La ventilación cruzada induce el movimiento natural del aire por la presión dinámica del viento que se produce sobre las fachadas del edificio; para favorecer los flujos del aire en el interior es importante el diseño de las perforaciones (aberturas), que permitan la circulación del aire a una velocidad suficiente entre los recintos para reducir la temperatura de la vivienda.

Con las perforaciones y/o aberturas, su dimensión y posición se determina la dirección del flujo interior del aire en la propuesta.

Para un eficiente desempeño se considera la posición relativa al cerramiento:

Centrada- Mejor barrido del local (descenso del flujo principal una vez traspasado el antepecho).

Baja- Útil para provocar enfriamiento directo de los ocupantes Tras superar la abertura el flujo de aire desciende adosándose al suelo.

Alta- Puede producir una renovación insuficiente a velocidad baja ya que el flujo cercano al techo debe succionar el aire de la zona de ocupación.

Lateral- Efecto similar a las ventanas altas quedando el flujo adosado a la pared

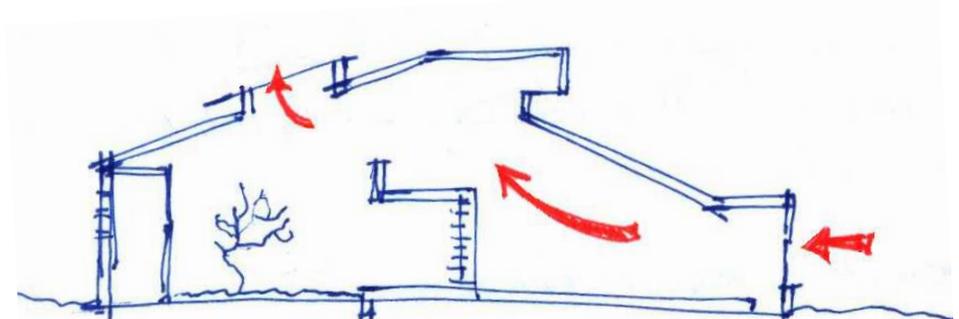
La forma y proporción:

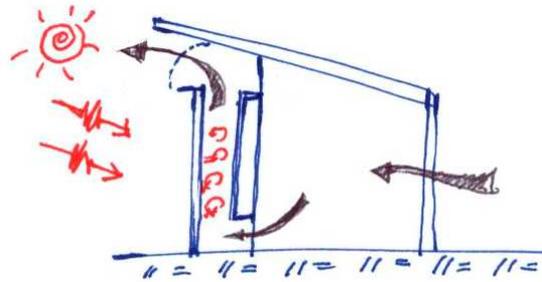
Cuadrada- No suele afectar al flujo o velocidad, excepto donde se produce un aumento de velocidad provocado por la presión del viento.

Vertical- Influye en la posición horizontal del flujo.

Horizontal- Influye en la dirección vertical, Este tipo de abertura induce la entrada de mayor volumen de aire, incluso con direcciones de viento de reducida incidencia.

Los sistemas de apertura de las ventanas también inciden en la posición, dirección, altura y regulación del flujo e aire.

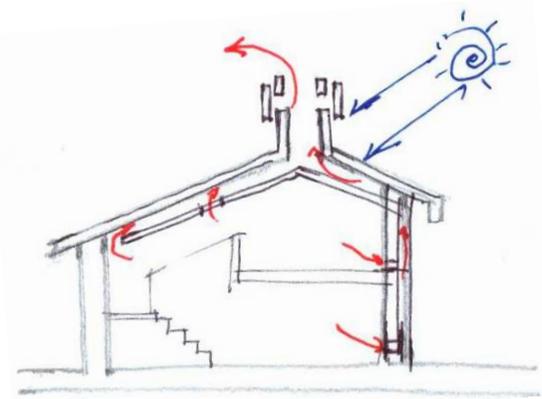




Muro trombe:

El doble funcionamiento del muro trombe permite además considerarlo para ocasionar perdida de calor en verano, funciona como un sistema inductor por diferencia de temperaturas (extractor del aire caliente), al abrir al exterior un postigo colocado en la parte superior del vidrio o elemento de captacion, y cerrar la abertura de la parte superior del muro que comunica el interior con la cámara de aire, provocando una circulación invertida.

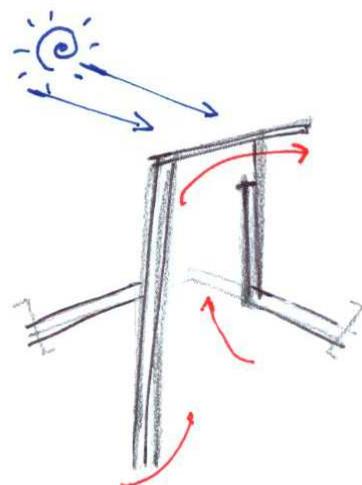
Al emplear este sistema como calefactor en invierno y extractor en verano, es conveniente aislar el muro por la cara interior manteniendo de este modo la inercia del sistema pero anulando la transmisión de calor por conducción al interior en las épocas de calor. Las compuertas postigos pueden ser manuales o automáticas.



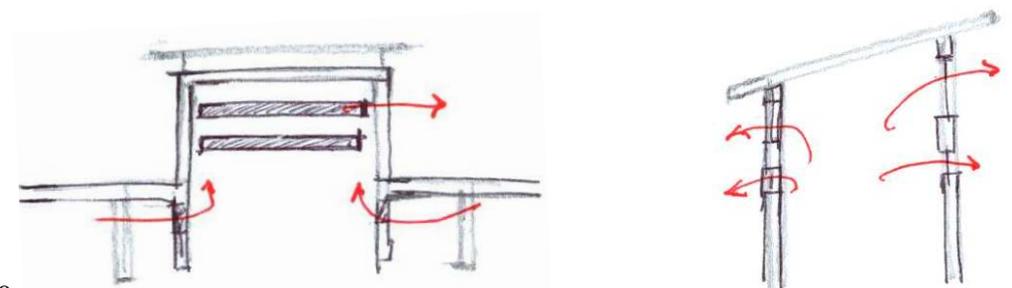
Chimenea solar:

La chimenea solar térmica al igual que el muro trombe es un inductor por diferencia de temperatura. El funcionamiento es por medio de extracción natural forzada del aire, cuando en volumen de aire se calienta elevándose por encima de la temperatura del aire en el entorno, se produce una fuerza de flotación que tiende a elevar la masa de aire con mayor temperatura.

La chimenea solar es el conducto vertical (tiro natural) del aire que se calienta, y fomenta la extracción del aire por diferencia de presión asociada a la diferencia de temperatura, al aumentarse la temperatura entre el interior del conducto y el exterior, el caudal extraído es mayor, el calentamiento se puede producir por efecto invernadero o recuperadores de calor en cualquier zona del conducto exceptuando la coronación de la chimenea.

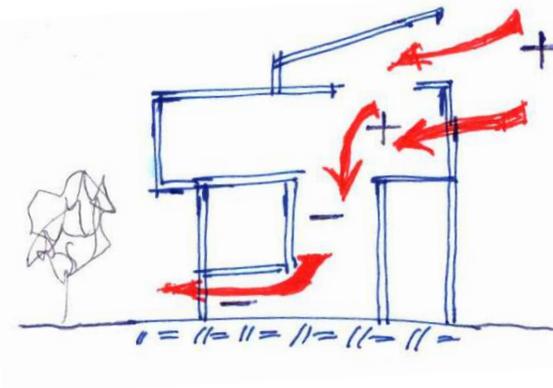


La efectividad del sistema puede mejorarse aumentando la altura, la diferencia de temperatura, o con la incorporación de elementos constructivos de alta inercia térmica en el interior de la chimenea, esta solución permite mantener unas horas la extracción cuando el sol deja de incidir en el captador.

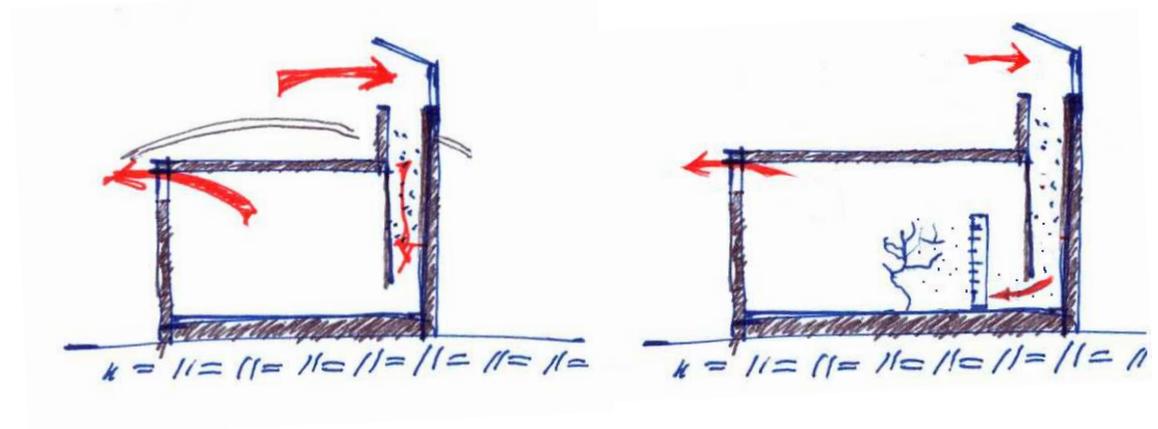


Sistema de inducción y enfriamiento del aire:

Para enfriamiento del espacio interior, el diseño incorpora un sistema mixto construido en sitio.



La propuesta plantea la combinación de un inductor de presión dinámica del viento y una estrategia directa de transferencia evaporativa. El sistema integrado a la casa utiliza un elemento vertical en forma de torre como captador unidireccional orientado hacia la predominancia de los vientos, el captador reconduce el caudal de aire que circula sobre la edificación induciendo a que descienda por un conducto al interior. Para la transferencia evaporativa se aprovecha la evaporación del agua como sumidero de calor[®]; la propuesta utiliza una cortina de agua que fluye por un muro interior no aislado, al mezclar el aire inducido con el agua se produce evaporación transmitiendo un flujo de aire frío al interior por convección. (Prácticamente el efecto que se logra con los aires evaporativos "cooler" usados habitualmente en Chihuahua).

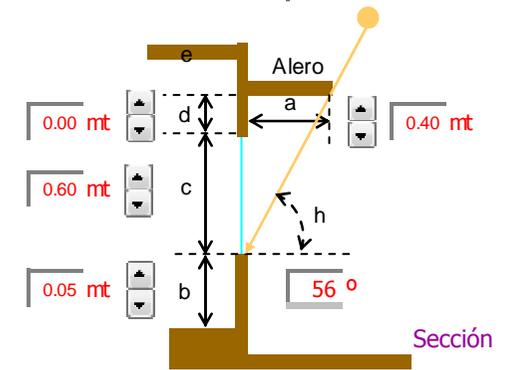
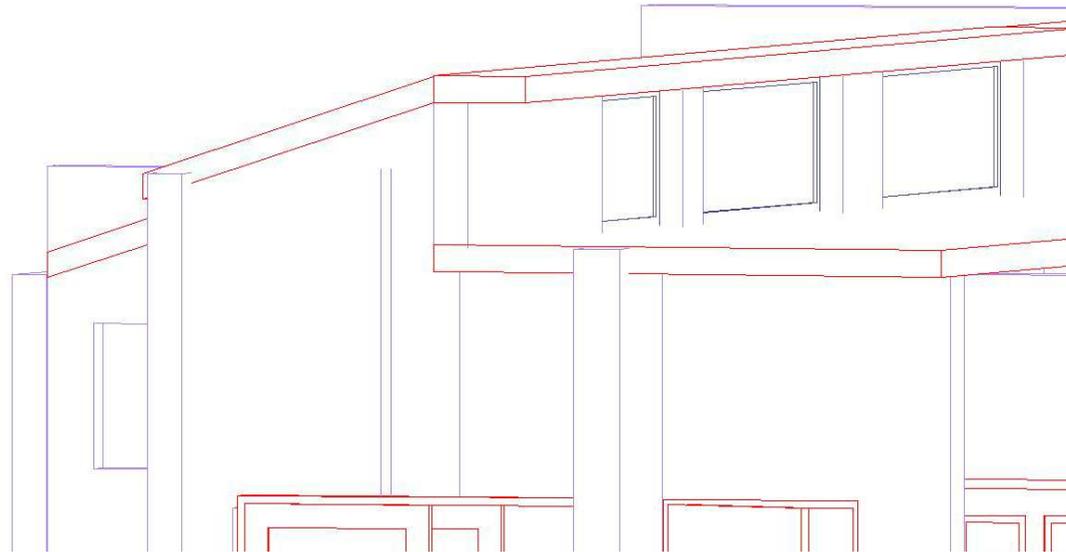


Representación gráfica de las estrategias incorporadas al diseño:

Lucernario: El diseño de la losa ubicada en la sección Norte de la azotea con inclinación de 18°, queda apoyada en un cerramiento horizontal (murete) elevándose .70 mts. sobre el plano de la cubierta central, donde se integran tres perforaciones o aberturas verticales, las dos primeras con una longitud de 2.10 mts. por .60 mts de altura, la tercera de 1.20 mts. de largo por .60 mts. de anchura.

[®] La evaporación del agua reduce la temperatura del aire.

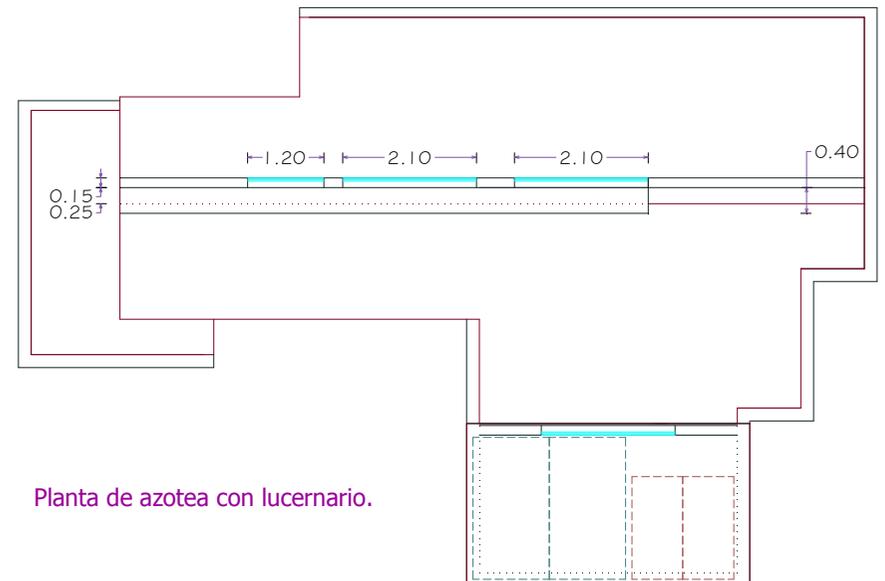
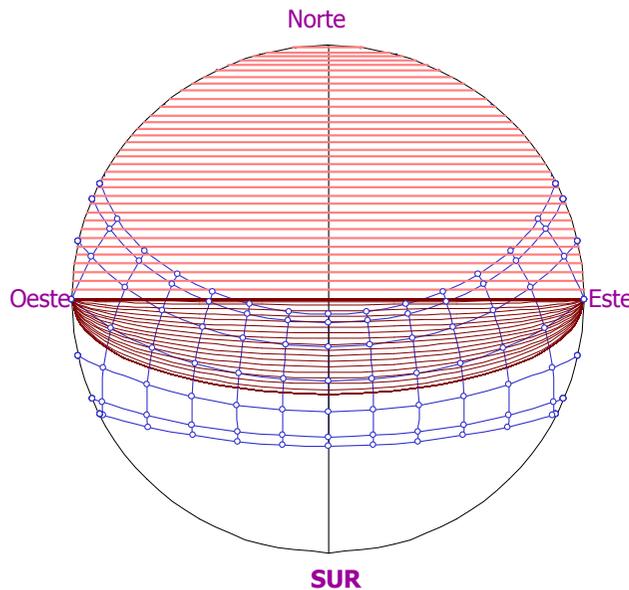
La inclinación de la losa remata en una sección horizontal de .40 mts. sirviendo como alero al cerramiento vertical, y la elevación de las perforaciones (.60 mts.) procuran la penetración de radiación solar en invierno y la controlan el verano.



Dimensiones del elemento de control con orientación 180° (Sur), en latitud 28.63° y longitud -106.08 (Chihuahua).

Para aumentar la eficiencia de alero, la altitud de proyección solar con respecto a la horizontal proyecta un ángulo con 55° de inclinación (h).

Diagrama equidistante de las trayectorias solares sobre el lucernario[^].

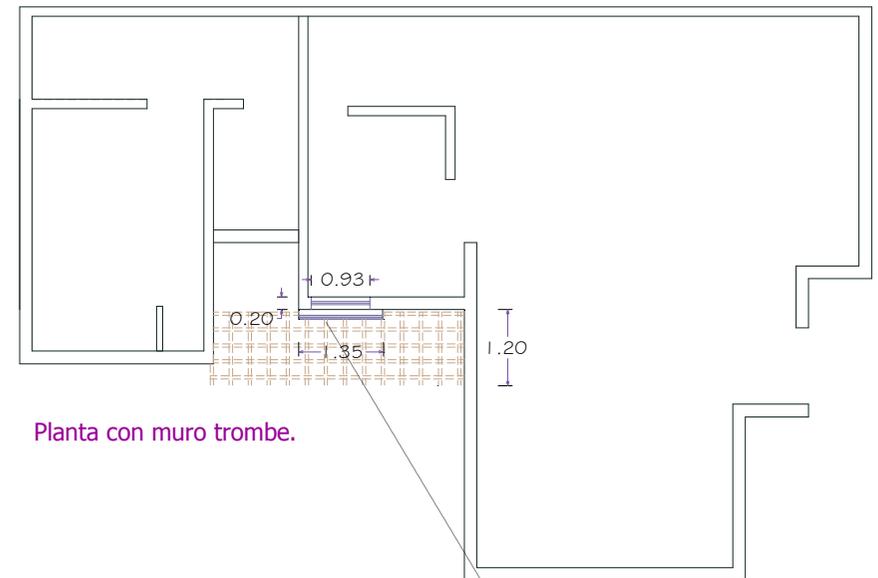
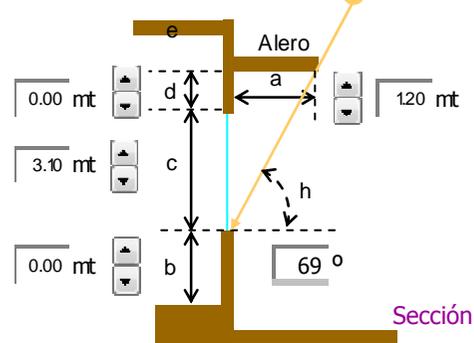


[^]Calculo realizado con software desarrollado por el Dr. Gabriel Gómez Azpeitia de la Universidad de Colima en México.

Muro trombe: El muro trombe propuesto como acumulador de calor en invierno y extractor de aire caliente en verano se ubica en la sección izquierda del cerramiento Sur de la cocina, de la longitud total del muro (2.63 mts.) solo se considera 1.35 mts. a causa de que el cerramiento colindante, que confina a las escaleras no permite la radiación de la extensión total del muro, resultando que el área total para provocar el muro trombe es de 4.00 mts² (1.35 x 3.00 mts.).

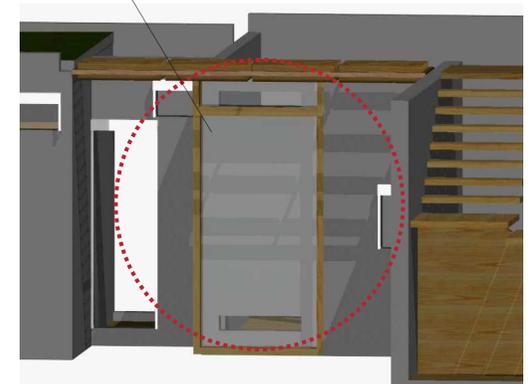
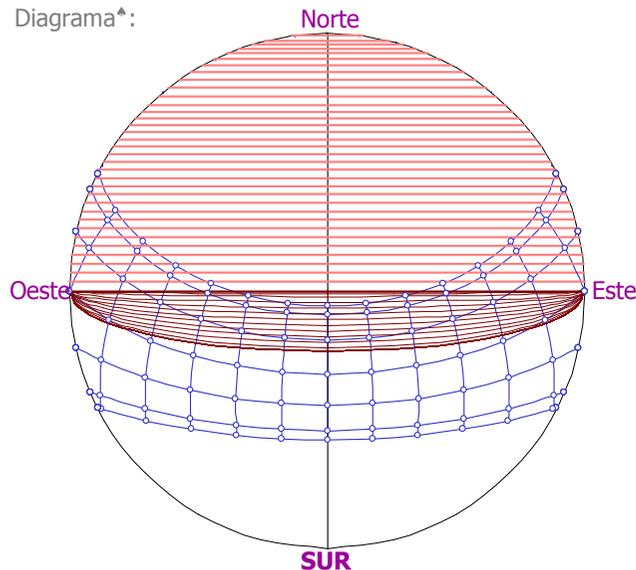
El área calculada tendrá un tratamiento rugoso color oscuro, la rugosidad favorecerá al intercambio de calor por convección entre superficie y aire, el color negro incrementará la absorción. En las partes inferior y superior del muro se añadirán perforaciones con dimensiones de .93 x .17 mts. cada una (comunicarán con la cámara de aire), el cristal colocado hacia el exterior a 15 cms. de la cámara de aire tendrá en su parte superior un postigo abatible de eje, el vidrio fijo y la ventana (postigo) son enmarcados con un bastidor en madera. Para el control de radiación en temporada de verano se sugiere la colocación de un umbráculo tipo pérgola en la parte superior.

Dimensiones del elemento de control solar:

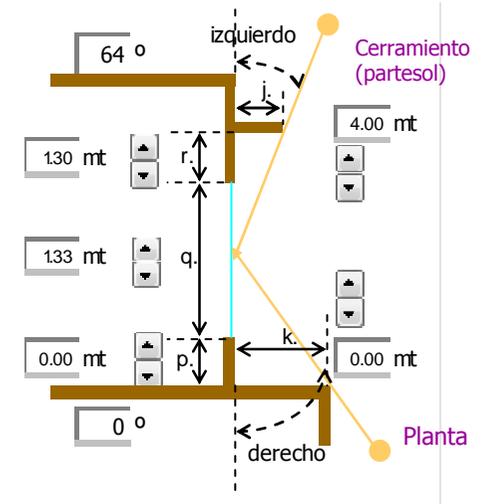
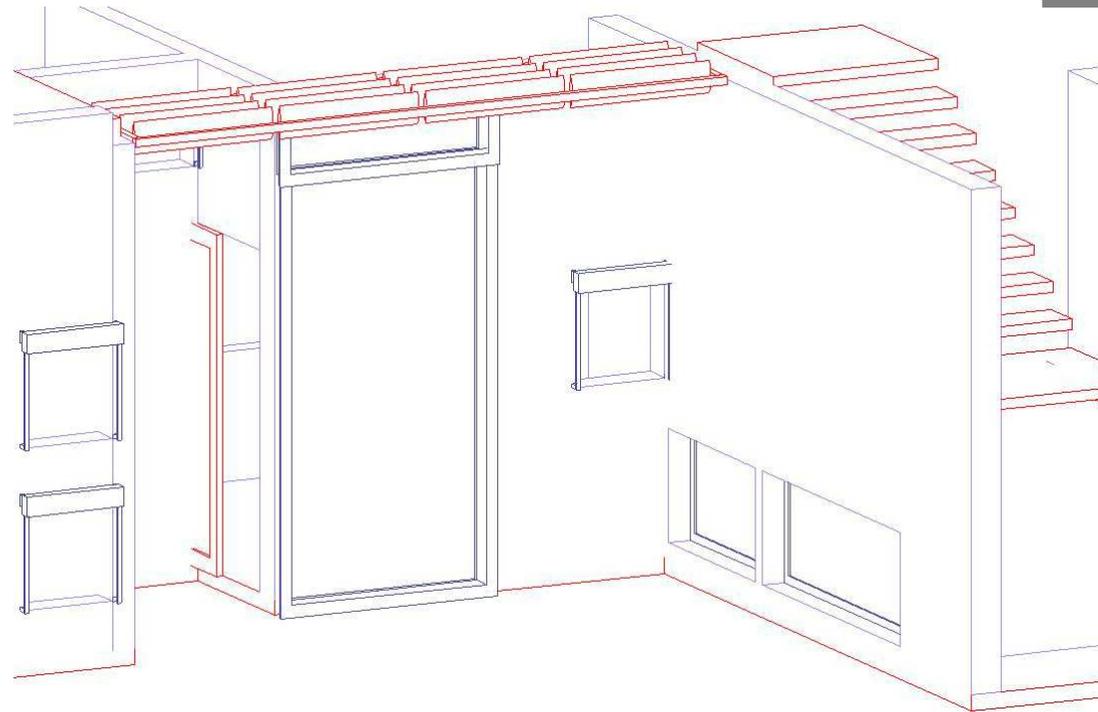


Planta con muro trombe.

Diagrama[▲]:



*Diagrama equidistante de la trayectoria solar sobre el muro trombe.

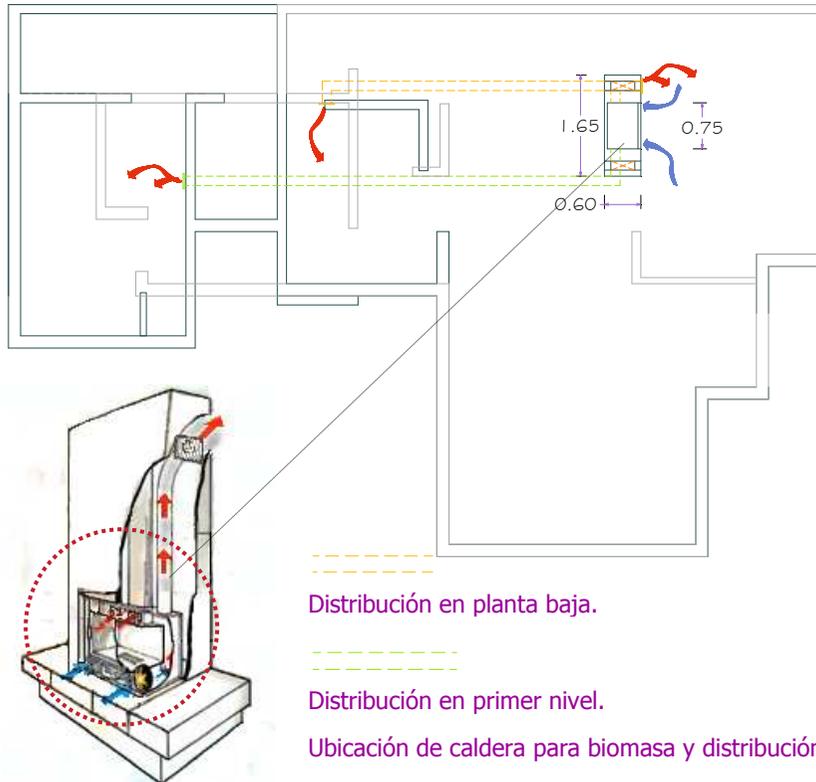


Caldera de biomasa: El sistema propuesto para sustituir la calefacción convencional es base de la combustión de material orgánico que en Chihuahua pudiesen ser los residuos de la tala, carbón, maderas, o residuos de cáscara de nuez o algodón

La propuesta considera colocar la caldera al interior de un conducto vertical para ocultar el tiro natural y la tubería que conduce el aire caliente (en apariencia es semejante a una chimenea convencional), ubicada en el área Noreste de la vivienda, sirviendo como elemento de conexión vertical (separación) entre los espacios destinados para estancia - comedor en planta baja, y dormitorio principal - vacío en planta alta.

Para calefaccionar toda la casa se recomienda una instalación domestica de baja potencia (5 a 30 Kw.), con un rendimiento aceptable del 80%, la distribución del aire caliente es por tubería de aluminio flexible vertical al salir de la caldera y horizontal a los espacios que remata con una salida (rejilla) de aluminio, con un conducto para expulsar los gases al exterior de tiro vertical de acero vitrificado, para esta tipología de calderas se estima una autonomía de combustión aproximada de 10 hrs. con un consumo de materia entre los 25 y 40 Kg. (dependiendo de la materia).

® Dimensiones en cm.	74.4 x 58.5 x 160 (altura)
Potencia calorífica total (cedida) kW.	12.8
Potencia calorífica cedida al aire kW.	4.9
Rendimiento certificado	76 %
Toma de aire exterior (diámetro en	15
Electro-ventilador (opcional) m3/h.	900 con 80 W y 4 velocidades.
Peso kg.	187
Cantidad de leña aconsejada.	3 a 5 kg./h.
Material del hogar.	75 kg. de hierro fundido con 8mm de espesor de las chapas.
Sistema de regulación.	Regulación manual del tiro Termostato ambiente.
Sistema de combustión.	Doble combustión.
Extras.	Sistema de encendido automático Encendido remoto GSM.
Precio de equipo €.	2,520
Precio instalación con distribución a 5 habitaciones y revestimiento "sencillo".	6,500



® Equipo:
Economonoblocco 66 de palazzeti.

Ventilación cruzada: El sistema de ventilación selectiva para inducir el movimiento del aire permite aumentar las renovaciones y disminuir la temperatura en relación al exterior durante casi 6 meses del año, la eficiencia de la estrategia depende del control de los caudales de aire en función de las necesidades.

En el clima de la ciudad de Chihuahua* la apertura de los postigos de ventanas para asegurar un enfriamiento nocturno con ventilación continua debe realizarse de las 18:30 hrs. a las 8:30 hrs. (horario civil), evitando durante el resto del día un flujo de aire caliente y pérdidas por conducción e infiltraciones.

El diseño propone ventilación cruzada – selectiva hacia el interior, sirviéndose de los vientos predominantes[^] y de un previo tratamiento al pasar por la vegetación del patio (antes de acceder a la casa), para eficientar el flujo en los espacios interiores se considera la orientación del cerramiento, la geometría, el tamaño y la ubicación de la ventanas; básicamente se abren perforaciones verticales en partes bajas y medias de los muros orientados al Sur y Norte para propiciar flujo y renovación de aire, las perforaciones horizontales en partes altas o zonas elevadas se abren al Este y Oeste para inducir ventilación cruzada, minimizar el flujo conductivo de calor al interior y propiciar rápida extracción del aire caliente:

Perforaciones para ventilación interior:					
Espacio	Forma de ventana	Área	Orientación del cerramiento	Ubicación en cerramiento	Propósito
Dormitorio 1	Cuadrada.	.60 x .60 mts..	Sur.	Alta - derecha.	Flujo aire a guardarropa.
	Cuadrada.	.60 x .60 mts..	Sur.	Centro - derecha.	Ventilación cruzada.
	Cuadrada.	.60 x .60 mts..	Sur.	Baja - derecha.	Ventilación cruzada.
	*Vertical.	.90 x 2.10 mts..	Norte.	Completa - izquierda.	Ventilación cruzada - extracción.
½ baño	Horizontal.	.60 x .30 mts..	Sur.	Alta - derecha.	Flujo de aire al baño.
	*Vertical.	.70 x 2.10 mts..	Sur.	Completa - izquierda.	Ventilación cruzada.
	*Vertical.	.48 x 2.10 mts..	Norte.	Completa - izquierda.	Ventilación cruzada - extracción.
Cocina	Cuadrada.	.75 x .75 mts..	Sur.	Centro - izquierda.	Flujo de aire a cocina.
Cubo de escaleras	Horizontal.	1.20 x .70 mts.	Este.	Baja - izquierda.	Ventilación cruzada.
	Horizontal.	1.90 x .70 mts..	Este.	Baja - centro.	Ventilación cruzada.
	Horizontal.	2.10 x .30 mts..	Oeste.	Alta - completa.	Ventilación cruzada - extracción.
	Horizontal.	2.10 x .60 mts..	Norte.	Alta - centro.	Ventilación cruzada - extracción.
Estancia	Horizontal.	2.10 x .35 mts..	Oeste.	Alta - derecha.	Ventilación cruzada - extracción.
	Vertical.	.60 x .90 mts..	Sur.	Alta - completa.	Flujo de aire a estancia.
Recepción	Vertical.	.60 x 2.40 mts.	Sur.	Alta - completa.	Flujo de aire a recepción.
Dormitorio 2	Vertical.	.90 x 1.50 mts..	Sur.	Baja - centro.	Ventilación cruzada.
	Horizontal.	1.20 x .30 mts..	Sur.	Baja - derecha.	Ventilación cruzada.
	Horizontal.	1.70 x .25 mts..	Este.	Alta - completa.	Ventilación cruzada - extracción.
Pasillo (primer nivel)	Vertical.	.90 x 1.50 mts..	Sur.	Baja - izquierda.	Ventilación cruzada.
Baño	Horizontal.	.90 x .30 mts..	Este.	Alta - completa.	Ventilación cruzada - extracción.
Dormitorio principal	Vertical.	.60 x 1.20 mts..	Sur.	Baja - completa.	Flujo aire a guardarropa.
	Horizontal.	2.10 x .25 mts.	Oeste.	Alta - completa.	Ventilación cruzada - extracción.

*Ventana abatible solo en sección horizontal alta de .90 x .20 mts.

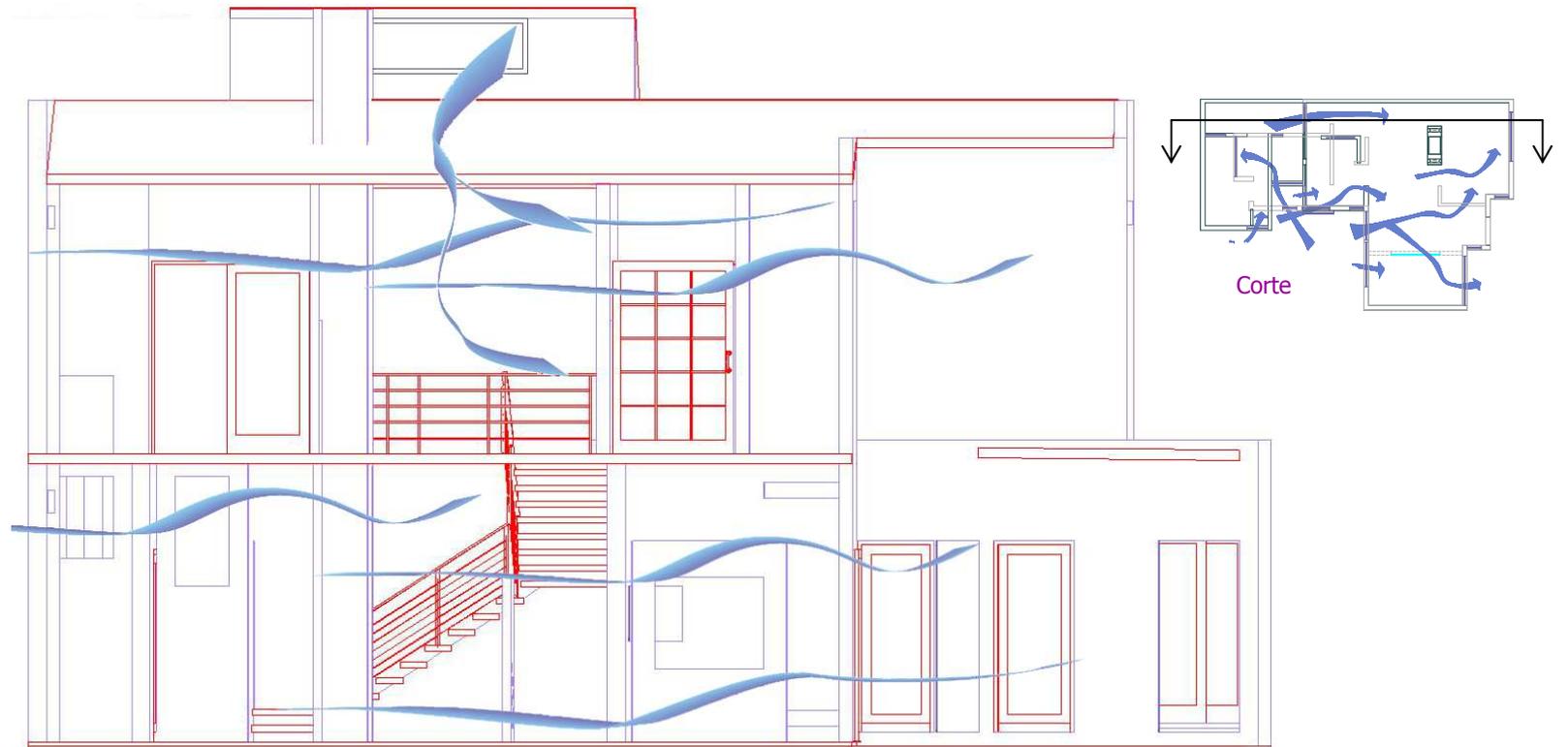
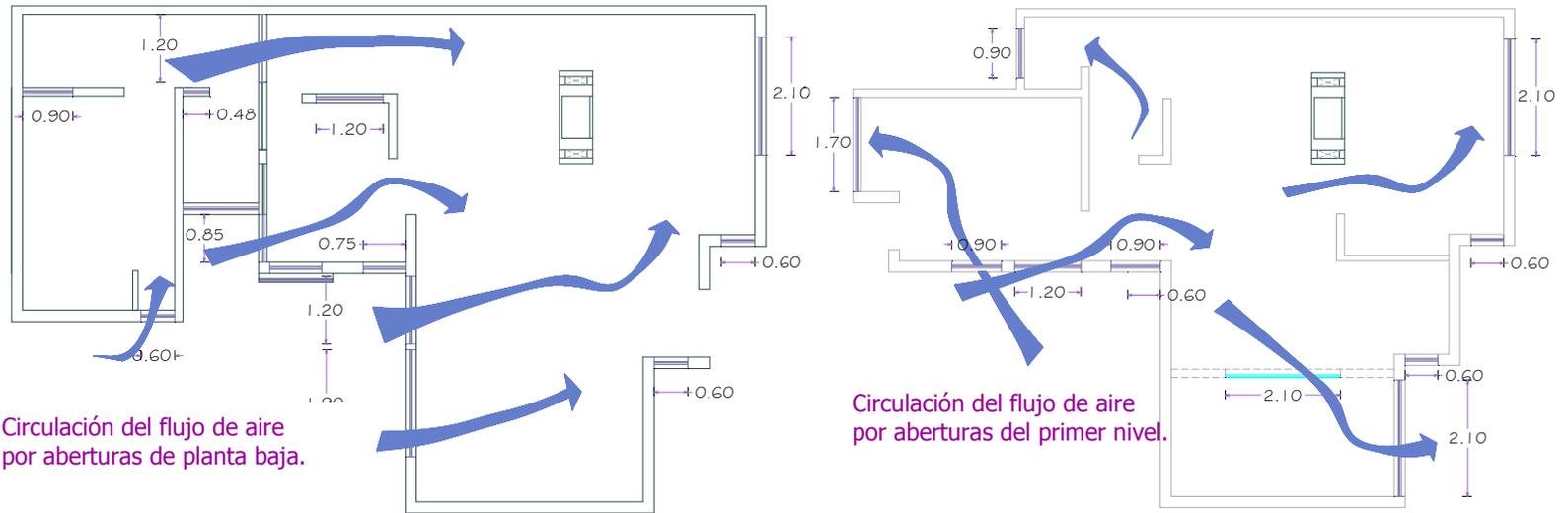
*Ventana abatible solo en sección horizontal baja de .70 x .20 mts.

*Ventana abatible solo en sección horizontal alta de .48 x .20 mts.

* Calido seco con alta evaporación de agua.

[^] Mayormente del Suroeste y Sur, con menor incidencia del Sureste y Noreste.

Se propone que la circulación del aire a través del espacio interior conserve una continuidad, facilitada por la compartimentación y permeabilidad de los paramentos.

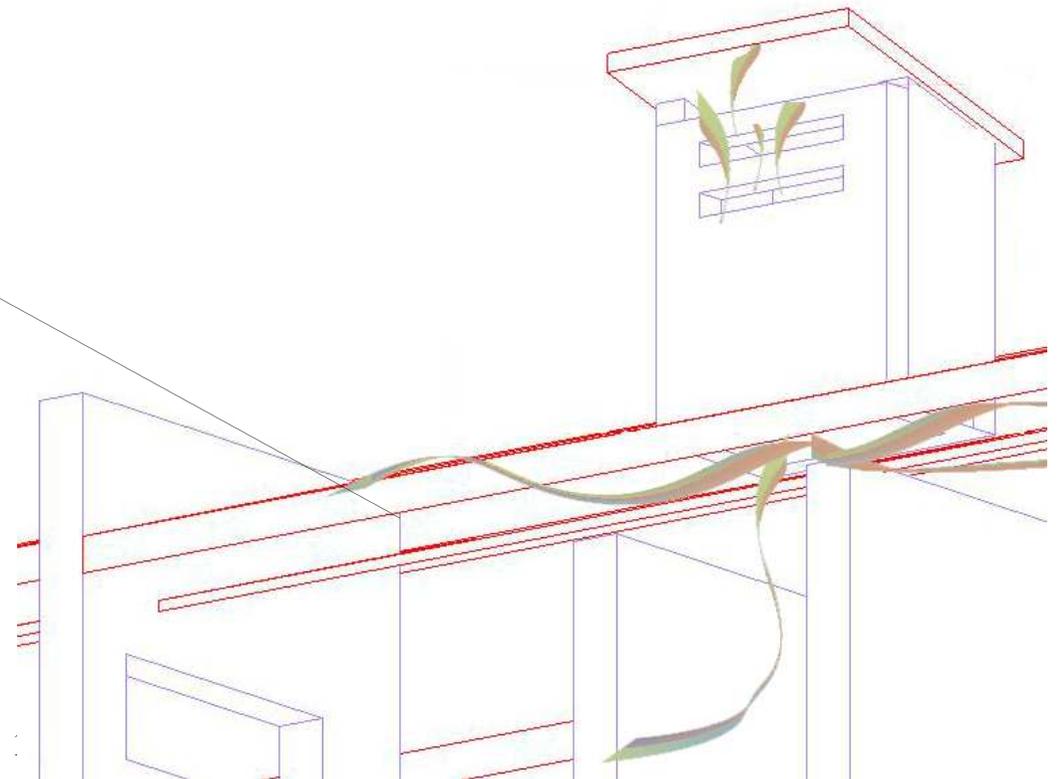


Chimenea solar: La propuesta integra una técnica para inducir por diferencia de temperatura la salida de aire caliente acumulado en las partes altas. El sistema consiste en un conducto vertical que se eleva 1.50 mts. por encima de la azotea, ubicado en la sección Noreste del techo, con un tiro libre interior de .60 x .30 mts. y paredes con 10 cms. de espesor.

Para aumentar la extracción de aire caliente, el sifón[▼] (conducto) acumula calor con un tratamiento en los muros exteriores de color oscuro y rugosidad, para cubrir el remate de la chimenea se propone colocar una tapa o cubierta vidriada con una dimensión de .84 x 80 mts. e inclinación de 15° al Sur, pretendiendo que funcione como inductor térmico, al producir un "efecto invernadero"; la salida del aire es provocada por tres perforaciones en la parte superior del muro orientado al Norte.

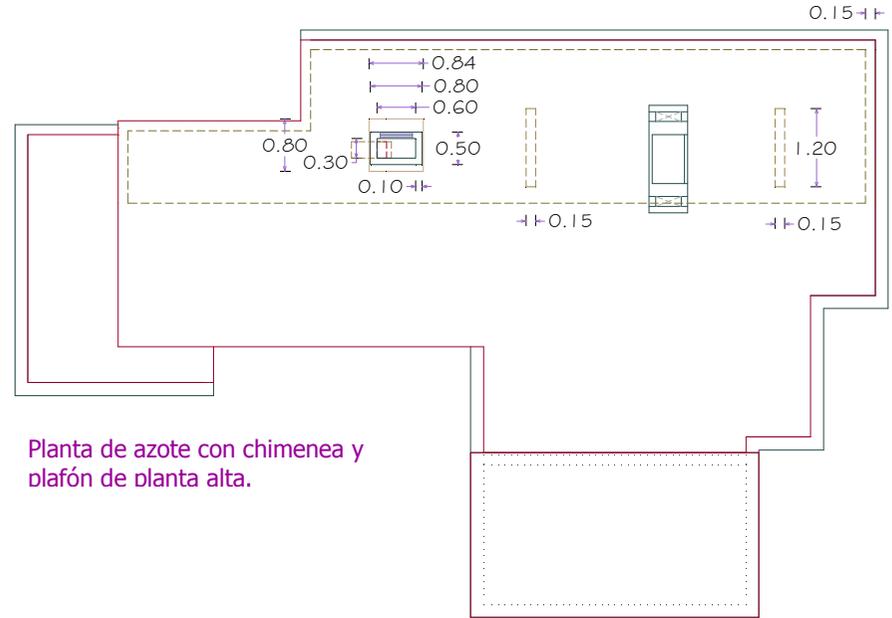
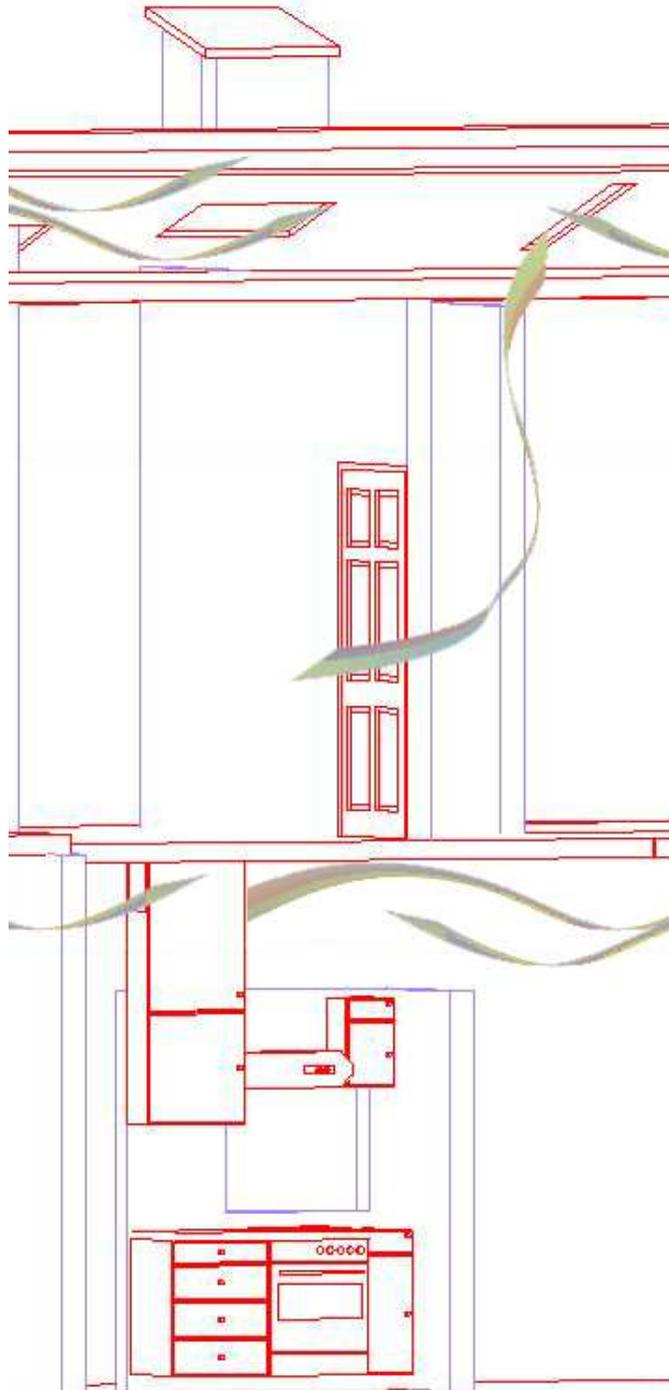
Las dobles alturas propuestas en el diseño de la V-m permiten que por conexión del interior se produzcan intercambios energéticos entre niveles, favoreciendo que el aire caliente acumulado en el estrato superior de planta baja, suba rápidamente al primer nivel. En el espacio de planta baja que alberga a la cocina la conexión entre niveles es menor, por lo que se ha propuesto que el flujo suba naturalmente por dos aberturas colocadas en la parte superior de un armario de cocina, pasando por un conducto oculto en el muro del dormitorio hasta llegar a la chimenea.

En la parte superior de planta alta se sugiere colocar un falso plafón paralelo al forjado de azotea, con separación entre plafón y elementos estructurales de 15 cms. y dos aberturas de 1.20 x .15 mts. cada una, para facilitar el recorrido del aire caliente hacia la chimenea.



Flujo de aire a chimenea.

▼ Para inducir la extracción es indispensable un aporte de aire del interior.



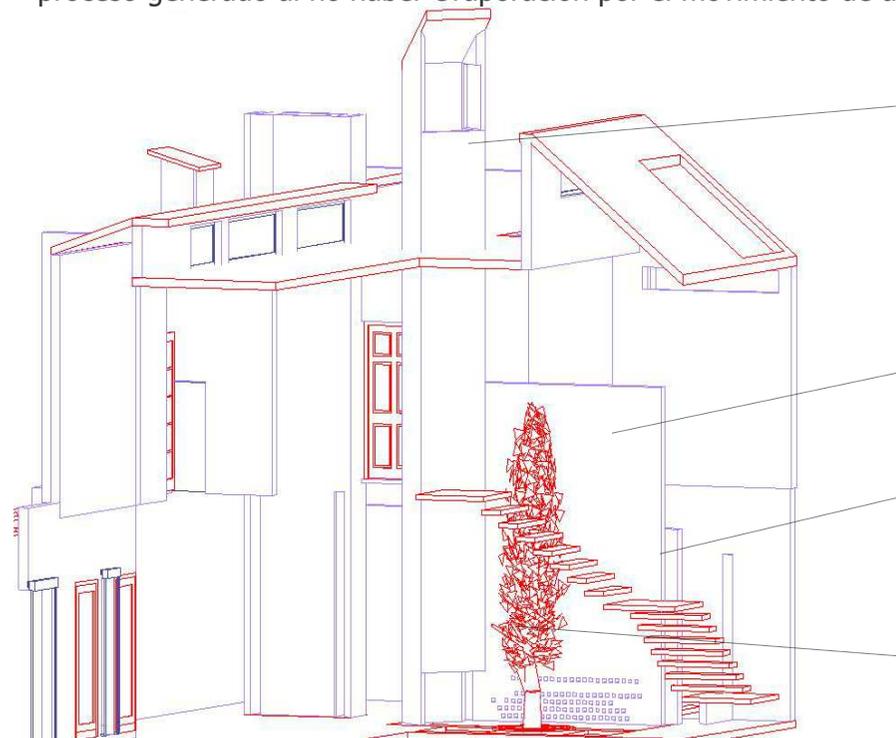
Sistema de inducción y enfriamiento del aire: El sistema de enfriamiento combina dos estrategias, un captador de viento vertical que reconduce el caudal de aire proveniente del Sur y Suroeste hacia niveles inferiores de la casa, (la propuesta esta basada en la alta efectividad de los captadores unidireccionales utilizados en viviendas ubicadas en Pakistán).

El captador funciona como una torre de viento elevándose hasta 5.00mts. por encima de la losa de azotea que la contiene, baja al interior confinando un espacio abierto y de doble altura circunscrito por los pasillos de escaleras.

Las dos aberturas ubicadas en la parte inferior del cerramiento que divide al patio del pasillo de escaleras, aportan flujo de aire para aumentar el volumen inducido por el captador, ambas corrientes de aire son dirigidas hacia la parte baja de un muro perforado en donde se mantiene una caída de agua provocando un enfriamiento por convección y evaporación®. El aire enfriado al contacto con el agua básicamente convierte al muro en un radiador frío.

Las estrategias combinan la inducción de aire y posteriormente lo humidifican en el interior. El muro que funciona como una lámina de agua contendrá una tubería que impulsara el fluido con un pequeño motor (similar al utilizado en los aparatos evaporativos) hacia la parte superior y la dejara caer por gravedad, la propuesta de diseño del muro contempla que en la sección opuesta de la caída de agua, con una separación de 5cms. quede ubicado un muro que contiene el espacio vacío de menor altura, con perforaciones en la parte baja para permitir la permeabilidad del aire y desde la parte media hacia arriba contenga la energía (frío) y la transmita por conducción (enfriamiento radiativo); proceso generado al no haber evaporación por el movimiento de aire y agua.

Características constructivas:



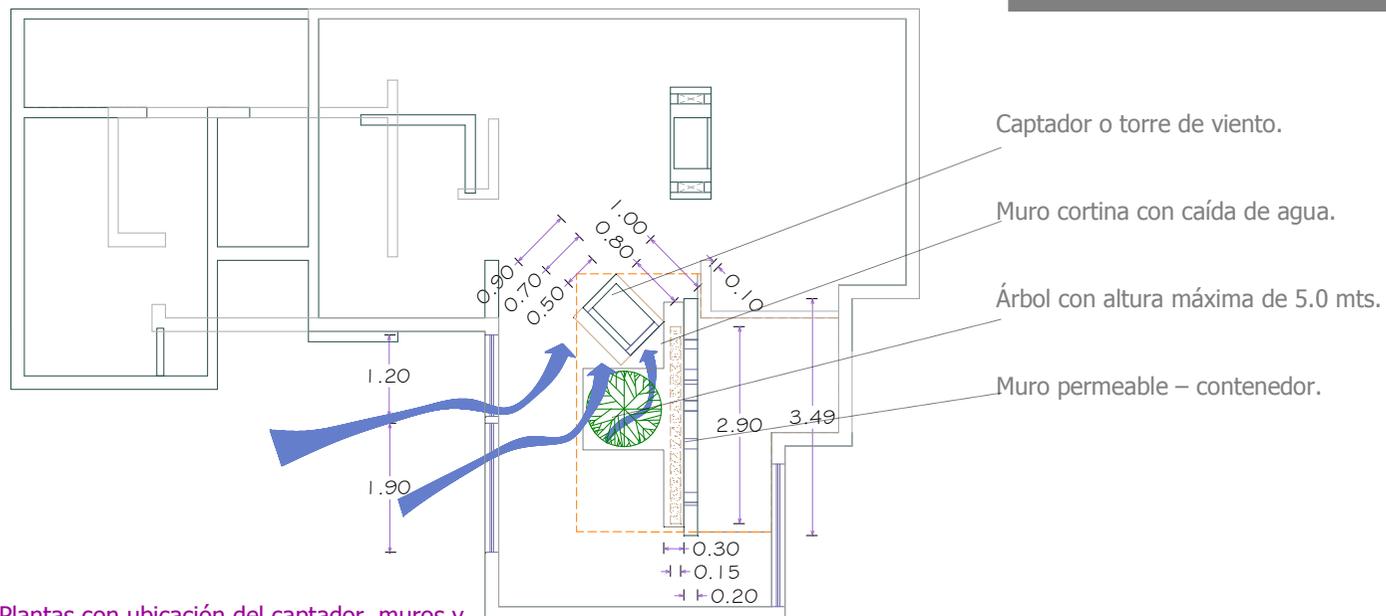
5. Captador – torre de viento:
Tiro o conducto semi-abierto .50 x.80mts. h=11.5m. con paredes de .10 mts. de tabique de barro cocido. con cubierta de .90 x 1.0 x .15 mts., que se abre al Suroeste con una inclinación de 38° Noreste de barro cocido con un tratamiento blanco liso por ambos lados.

6. Muro húmedo:
Construido con tabique de barro y revestido de piedra de corte con 2.90 x 4.50 x .15 mts.

7. Muro contenedor:
Edificado con barro rojo color y con un tratamiento de color blanco rugoso, con dimensiones de 3.50 x 2.60 x .20 mts.

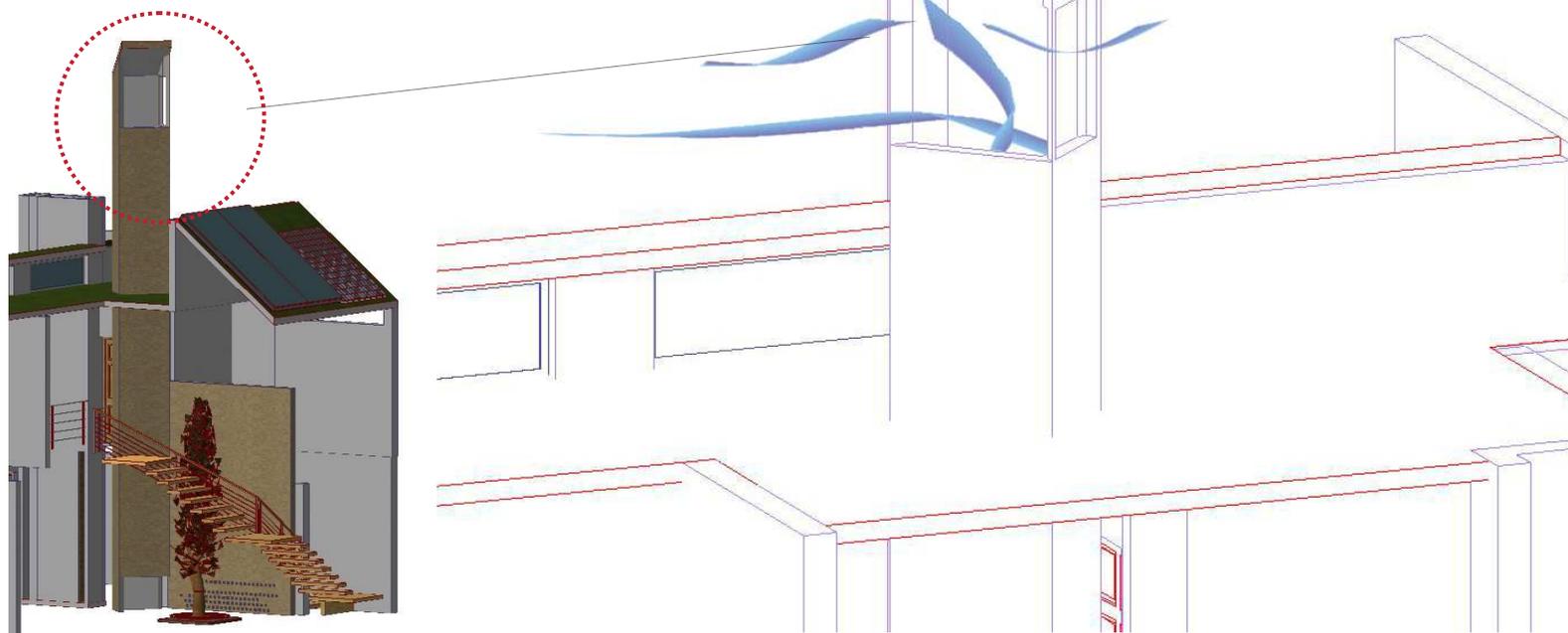
El diseño contempla que en la parte central del espacio abierto colocar un árbol de poca altura.

® La evaporación de un gramo de agua reduce la temperatura de un metro cúbico de aire 2.2 °C.



Plantas con ubicación del captador, muros y vegetación en el espacio libre con doble altura.

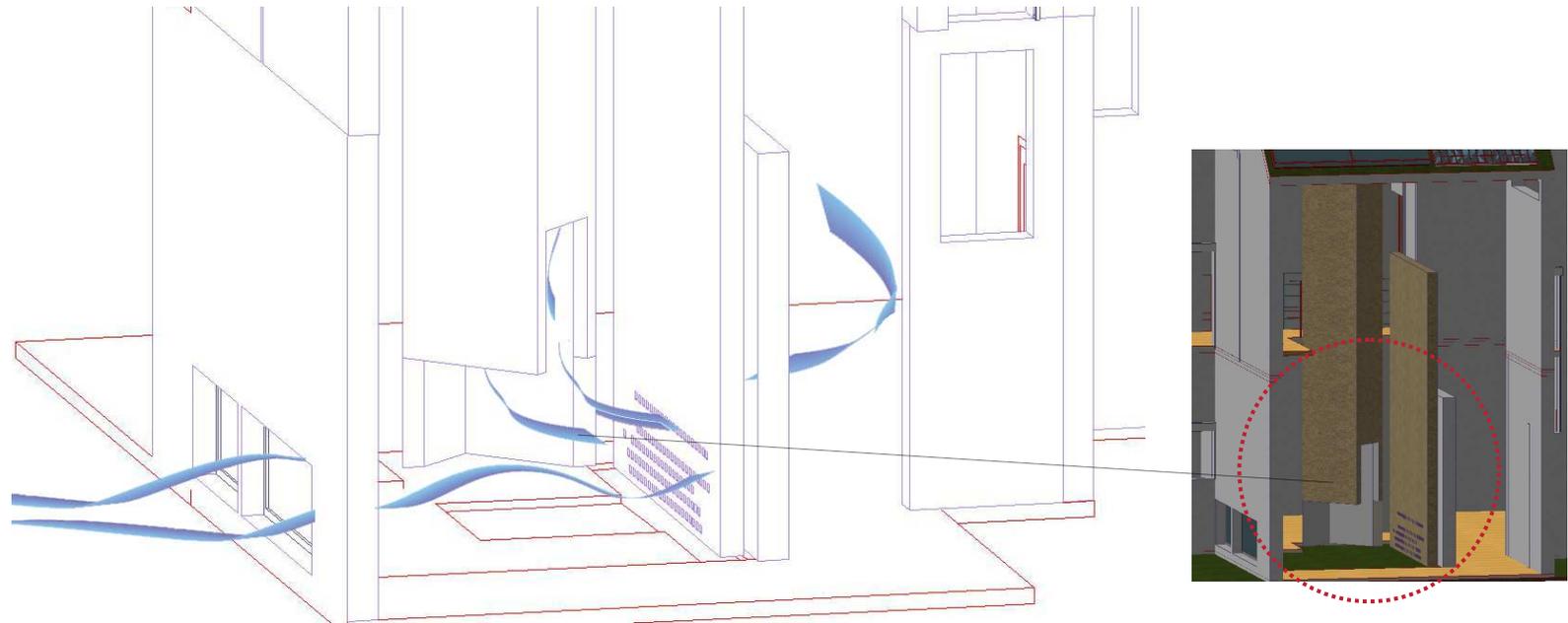
Torre captadora de viento[▲]



▲ El diseño de la ventilación considera la demanda y renovaciones de aire, ganancias de calor por transmisión y conducción, la disipación del calor por ventilación, y las cantidades y renovaciones aire al interior de la vivienda. Parámetros calculados con apoyo de base de datos desarrollada por el Dr. Luís Carlos Herrera Sosa.

El diseño de la torre para captación de viento se apoya en los parámetros determinados por el Prof. José Manuel Almodóvar Melendo para determinar el tamaño de aperturas, flujo y velocidad de viento y dimensionado del ducto.

Ver referencia en Anexos páginas 237 a 241: Apoyo para diseño de ventilación y torre captadora de viento.

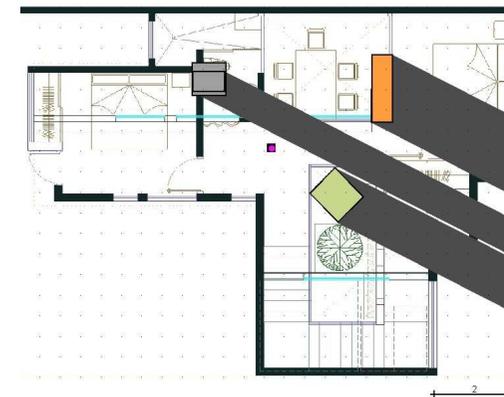


Soleamiento exterior de las estrategias proyectadas:

Los elementos que integran algunas de las estrategias propuestas para la vivienda modelo sobrepasan el nivel de forjado de azotea; un previo análisis gráfico asistido por el Software Eliodon® muestra que las sombras proyectadas por los componentes, no obstruyen la radiación solar para ganancia de calor o luminosidad en estrategias como el lucernario o en los sistemas híbridos para apoyo de ahorro energético (paneles térmicos y/o fotovoltaicos).

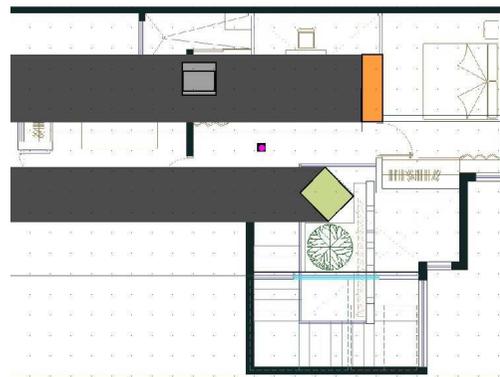


Junio 21, 05:00 hrs.

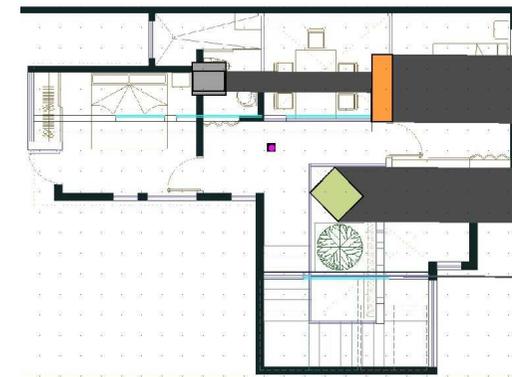


Junio 21, 19:00 hrs.

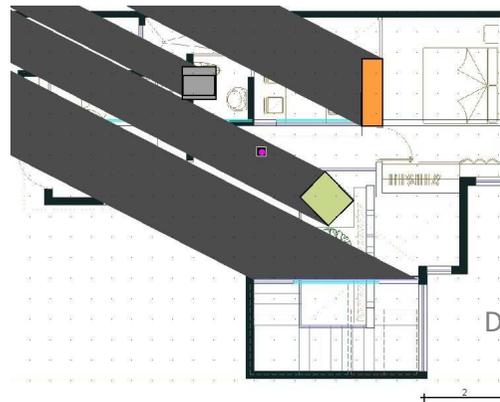
® Referencia en Anexos pagina 236: Datos introducidos en el software Eliodon para soleamiento de elementos sobresalientes del nivel del forjado de azotea.



Septiembre 20 y
Marzo 22, 06:00 hrs.



Septiembre 20 y
Marzo 22, 18:00 hrs.



Diciembre 21, 07:00 hrs.



Diciembre 21, 17:00 hrs.

Estrategias para la reducción en el consumo de energía.

Envolvente:

El tratamiento de la piel que envuelve físicamente a la edificación considera básicamente la permeabilidad energética.

La eficiencia, e incluso un óptimo funcionamiento en el conjunto de las estrategias pasivas y mixtas incorporadas para el acondicionamiento de la vivienda, no tendrían sentido sin considerar a la piel envolvente como un elemento de control para disminuir el consumo de energía en el proyecto.

No obstante que la envolvente se constituye por: paredes o cerramientos, forjados, cubiertas, soleras y ventanas; en la situación geografía y climática de Chihuahua el aumento de la densidad de los cerramientos resulta necesaria para el ahorro de energía. Incorporar masa térmica a la superficie envolvente, además de reducir las pérdidas implica que los muros con una orientación favorable funcionen como acumuladores de energía (frío o calor) para mantener una estabilidad térmica y disminuir la utilización de los sistemas mixtos o activos.

Algunas de las pautas de diseño consideradas por indicadores previos[®] estiman que aumentar la estanquidad del edificio a través del factor de inercia disminuye principalmente la demanda energética en régimen de calefacción; además *"incorporar masa térmica en combinación con enfriamiento convectivo y/o evaporativo disminuye la demanda energética en época de verano"*^{*}.

En la construcción de la vivienda analizada como referencia (V-r), los cerramientos opacos exteriores están constituidos por combinaciones de materiales que permiten coeficientes de transmitancia térmica "K" entre 2.03 y 2.69 W/m²°C., lo que representa poca resistencia térmica, haciéndolos poco eficientes como acumuladores de energía.

El tiempo de retraso térmico mínimo recomendable en Chihuahua para los materiales utilizados en cada cerramiento de la envolvente, debe ser superior a ocho horas, lo que supone coeficientes de transmitancia menores a 1.20 W/m²°C.,

En la vivienda propuesta (V-m), para la comparación energética y térmica se integran distintos tratamientos, combinación de materiales en paredes y techos, dependiendo de la orientación y del uso del espacio que confinan.

Se ha seleccionado tres tipos de configuraciones:

- "Muro *pt*", construido con tabique rojo macizo (artesanal) de 15 cms. de espesor, en la cara exterior con aplanado o revoque de mortero cemento arena y enlucido con pintura de color blanco; en el perfil interior los acabados son revoque de mortero cemento arena, enlucido con yeso y pintura de color claro.
- "Muro *pp*", construido con tabique rojo macizo (artesanal) de 15 cms. de espesor, sobre el perfil exterior se incorpora una placa de poliestireno extruído de alta densidad con 1" (2.54 cms.) de espesor y sobre de ella una malla de alambre para colocar el aplanado de mortero cemento arena, enlucido de pintura de color blanco; en el perfil interior los acabados son revoque de mortero cemento arena, enlucido con yeso, y pintura de color claro.
- Techo *tj*", edificado con losa estructural de concreto de 10 cms. de espesor, sobre la cara exterior se propone colocar una cubierta vegetal que consiste en: una capa impermeable (impermeabilizante con 1 cms. de espesor), una capa para protección de poliestireno de 2.54 cms., una membrana de separación resistente a las raíces con impermeabilizante bituminoso de 1.00 cm., una capa de protección tipo fieltro de 2 mm., una capa drenante para conducción del agua pluvial de 3 mm. (arena, grava, arcilla expandida o ladrillo poroso picado desecho de obra), una membrana tipo fieltro con 2 mm. de espesor para filtrar y retener la humedad, 5 cms. de sustrato (material orgánico) que para el caso particular será una tierra poco arcillosa o empobrecida con material pedacera producto de obra, y la cubierta vegetal (con altura de hasta 5 cms.). En el perfil interior los acabados son de mortero cemento arena, enlucido con yeso, y pintura de color blanco.

[®] "Estrategias de control para diseño en el sitio", C-5 pags. 98-104

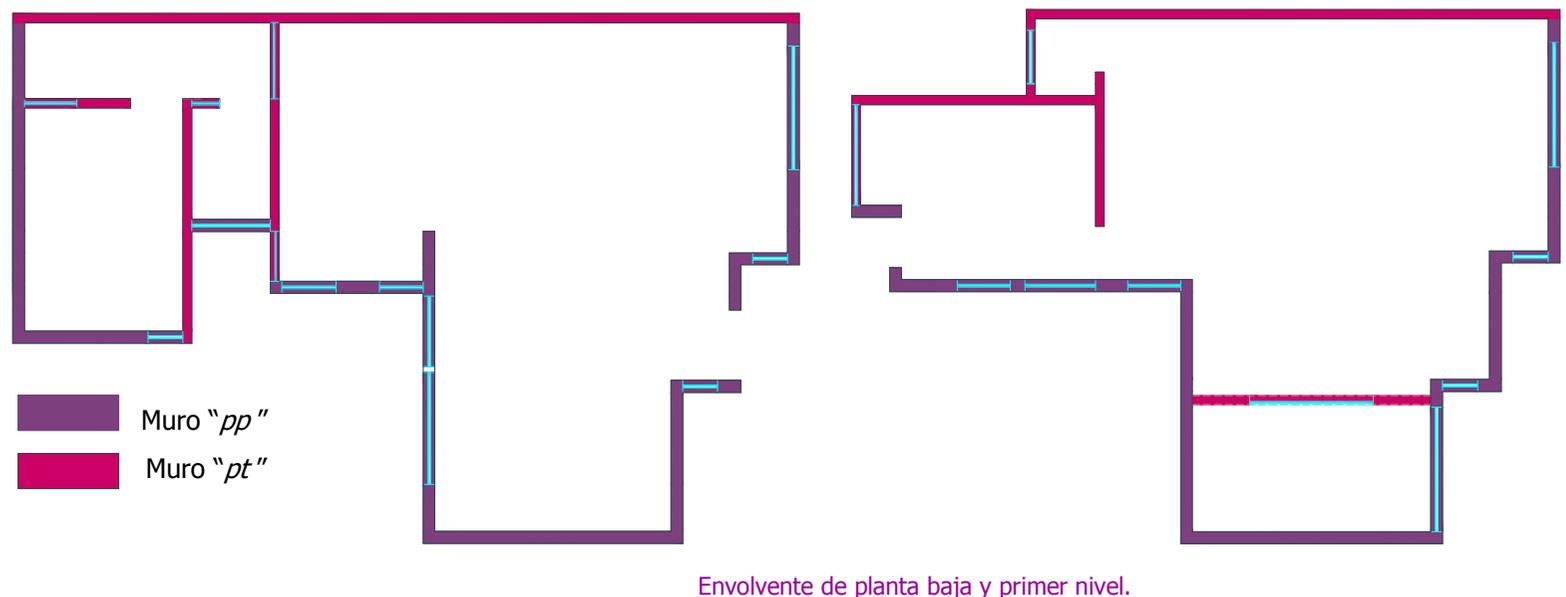
^{*} Hipótesis comprobada en simulación utilizando el software "Ecotect",
Dr. Eduardo González Cruz, Chihuahua México, Marzo del 2008.

La cubierta vegetal propuesta sobre los techos, generaliza el procedimiento constructivo para las superficies planas (con pendiente mínima) y para las superficies inclinadas.

En regiones con intensa radiación solar y climas calidos secos como es el caso de Chihuahua, el techo ajardinado además de ser altamente efectivo como aislante térmico, tiene la capacidad de retener humedad, evitando el sobrecalentamiento por funcionar como una capa termo aislante gracias al aire retenido por las plantas, resultando en un efecto de enfriamiento y reduciendo el consumo de energía tanto en invierno como en verano, además por su masa, aumenta el aislamiento acústico.

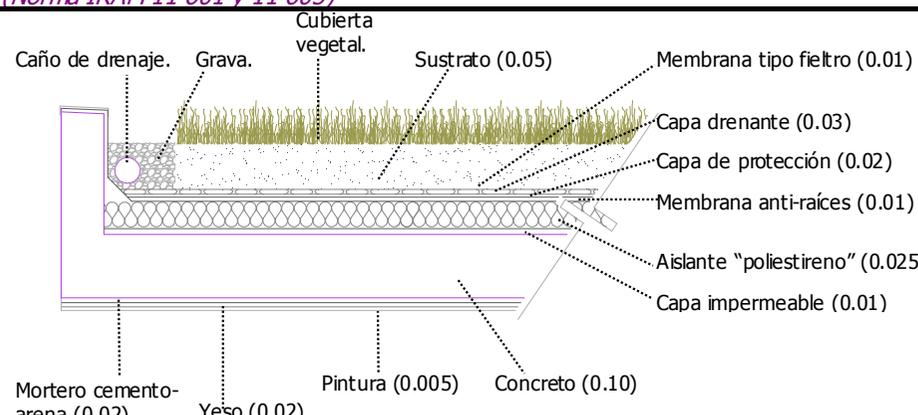
Se ha comprobado que no obstante la temperatura del exterior oscile entre los 30 y 36°C., la temperatura en la tierra del techo no sube por encima de los 25°C., esto se debe a que, por un lado la sombra arrojada por la vegetación no calienta la tierra, y por otro a que la energía solar es ampliamente usada para la evaporación de agua.®

En los muros, el tratamiento depende principalmente de la ubicación, para las paredes orientadas al Norte los materiales sugeridos son de una efusividad media (especificados en las características del "Muro *pt*") y para los cerramientos con mas exposición a la radiación solar orientados al poniente, levante y Sur (Muro *pp*) se procura además colocar una capa con material de baja efusividad (aislante térmico) en el perfil exterior.



® Techos verdes: planificación, ejecución y consejos- Gernot Minke.

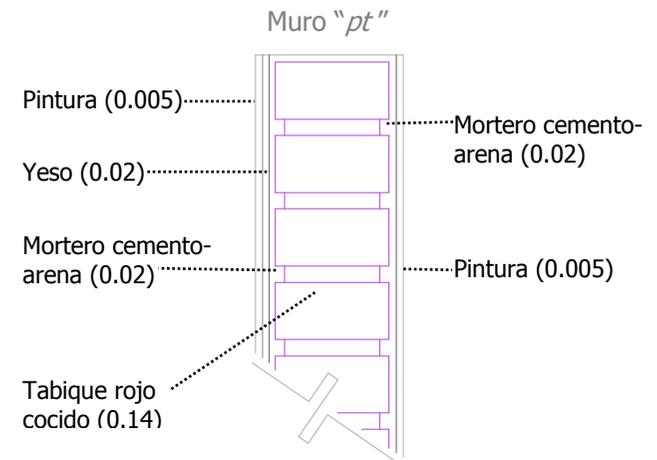
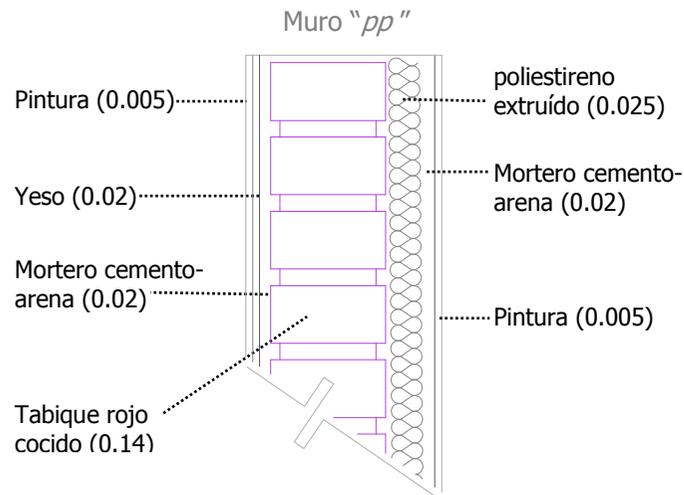
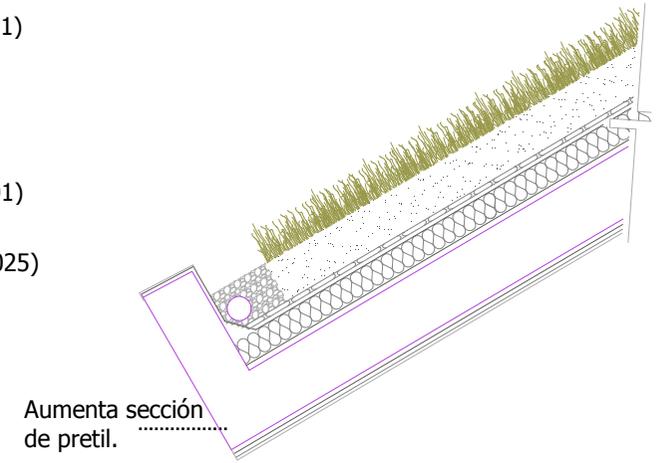
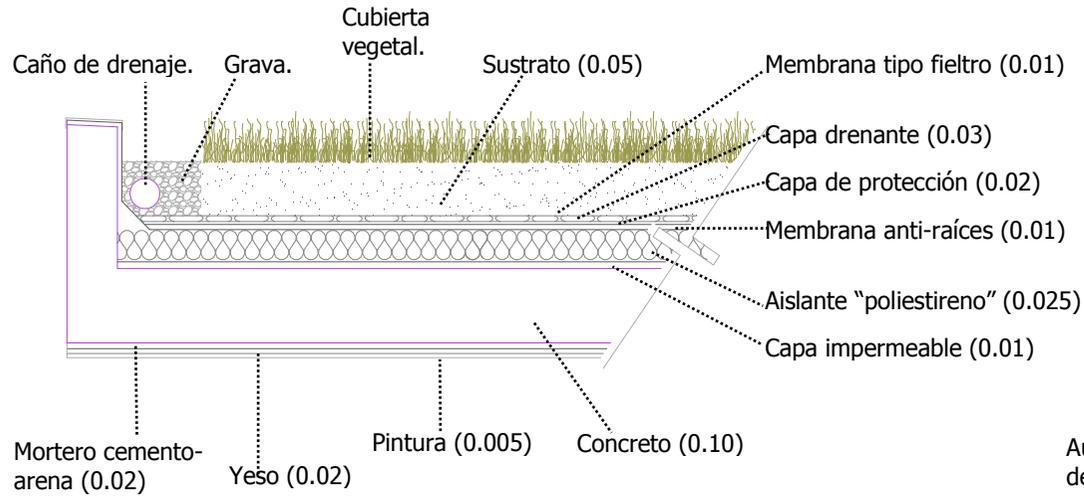
Techos:

Calculo del Coeficiente de Transmisión Térmica "K" de Cerramientos: (Norma IRAM 11 601 y 11 605)						
1	Elemento Techo					
2	Forma constructiva Concreto y cubierta vegetal					
3	Orientación Varias					
4	Sentido flujo de calor Vertical hacia arriba					
5	Zona bioambiental Calido seco					
6	Resistencia superficiales, capas de materiales y resistencias de cámaras de aire	7	8	9	10	11
		espesor de cada capa e [m]	coeficiente conductividad λ [W / m °C]	resistencia térmica e / λ [m² °C / W]	densidad ρ [Kg. / m³]	peso por m2 e * ρ [Kg. / m²]
RSI (resistencia superficial interna)		—	—	0.120	—	—
Sustrato (tierra con pedacería de tabique).		0.050	0.420	0.119	1800.00	90.00
Membrana tipo fieltro.		0.010	0.174	0.057	1100.00	11.00
Capa drenante (arcilla y ladrillo poroso molido).		0.030	0.370	0.081	1500.00	45.00
Capa de protección tipo fieltro.		0.020	0.170	0.118	1100.00	22.00
Membrana anti-raíz con imperme. bituminoso.		0.010	0.250	0.040	1300.00	13.00
Protección de poliestireno.		0.025	0.032	0.781	30.00	0.75
Capa de impermeabilizante.		0.010	0.300	0.033	1500.00	15.00
Concreto.		0.100	1.400	0.071	2200.00	220.00
Mortero cemento-arena.		0.020	1.200	0.017	2000.00	40.00
Yeso.		0.020	0.350	0.057	900.00	18.00
Pintura blanca.		0.005	0.200	0.025	1200.00	6.00
RSE (resistencia superficial externa)		—	—	0.030	—	—

Muros:

Calculo del Coeficiente de Transmisión Térmica "K" de Cerramientos: (Norma IRAM 11 601 y 11 605)						
1	Elemento Muro.					
2	Forma constructiva Tabique de arcilla con poliestireno.					
3	Orientación S, E y O.					
4	Sentido flujo de calor Horizontal					
5	Zona bioambiental Calido seco.					
6	Resistencia superficiales, capas de materiales y resistencias de cámaras de aire	7	8	9	10	11
		espesor de cada capa e [m]	coeficiente conductividad λ [W / m °C]	resistencia térmica e / λ [m² °C / W]	densidad ρ [kg / m³]	peso por m2 e * ρ [kg / m²]
	RSI (resistencia superficial interna)	—	—	0.120	—	—
	Tabique rojo de arcilla horneada.	0.140	0.814	0.172	1600.00	224.00
	Placa de poliestireno extruido.	0.025	0.032	0.781	30.00	0.75
	Mortero cemento- arena (exterior).	0.020	1.200	0.017	2000.00	40.00
	Pintura (exterior).	0.005	0.200	0.025	1200.00	6.00
	Mortero cemento- arena (interior).	0.020	1.200	0.017	2000.00	40.00
	Yeso	0.020	0.350	0.057	900.00	18.00
	Pintura (interior).	0.005	0.200	0.025	1200.00	6.00
	RSE (resistencia superficial externa)	—	—	0.043	—	—

Datos computados para vivienda modelo con hoja de cálculo diseñada por el Dr. Jorge Czajkowski, Universidad de Buenos Aires.



Techos:
 Coeficiente "K" = 0.65 W/m² °C.
 Resistencia total = 1.55 m² °C/W.
 Peso por m² = 480.75

Muros "pp":
 Coeficiente "K" = 0.80 W/m² °C.
 Resistencia total = 1.26 m² °C/W.
 Peso por m² = 334.75

Muros "pt":
 Coeficiente "K" = 2.10 W/m² °C.
 Resistencia total = 0.48 m² °C/W.
 Peso por m² = 334.00

Retraso térmico y control de infiltraciones:

El retraso térmico de los cerramientos es el tiempo que toma una diferencia térmica en manifestarse en la superficie opuesta al cerramiento. Los materiales tienen una determinada conductividad, también un espesor con un determinado calor específico (capacidad térmica), por lo que componen lo que se conoce como "masa térmica".

Los cerramientos tienen la cualidad de absorber la energía y distribuirla gradualmente en un determinado periodo de tiempo al espacio interior, (la conducción de calor a través de ellos propicia un efecto de "almacenamiento"). En este sentido, el retraso térmico es un concepto que opera en régimen dinámico para medir el efecto de la masa térmica.

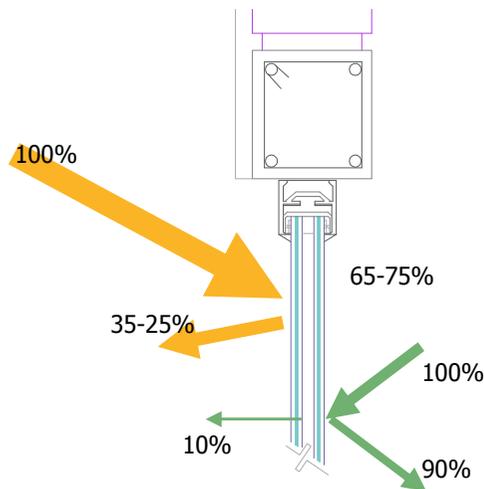
Por la oscilación de temperaturas diarias que caracteriza el clima cálido seco de la ciudad de Chihuahua, considerar masa térmica en los cerramientos más expuestos a la radiación solar resulta una estrategia eficiente. Para los muros de la V-m lo más favorable es que el calor absorbido de la radiación solar, se transmita lentamente hacia el interior en un tiempo aproximado de 8 horas., así el espacio confinado recibirá la energía almacenada durante la noche, aun cuando el muro pierda la energía también hacia fuera (si la temperatura exterior desciende lo suficiente), un flujo considerable continuará ingresando al espacio interior.

El aumento de la masa térmica en los cerramientos verticales y horizontales más expuestos a la radiación, amplía la inercia y favorecen el retraso térmico, obteniendo que funcionen como elementos acumuladores de energía.

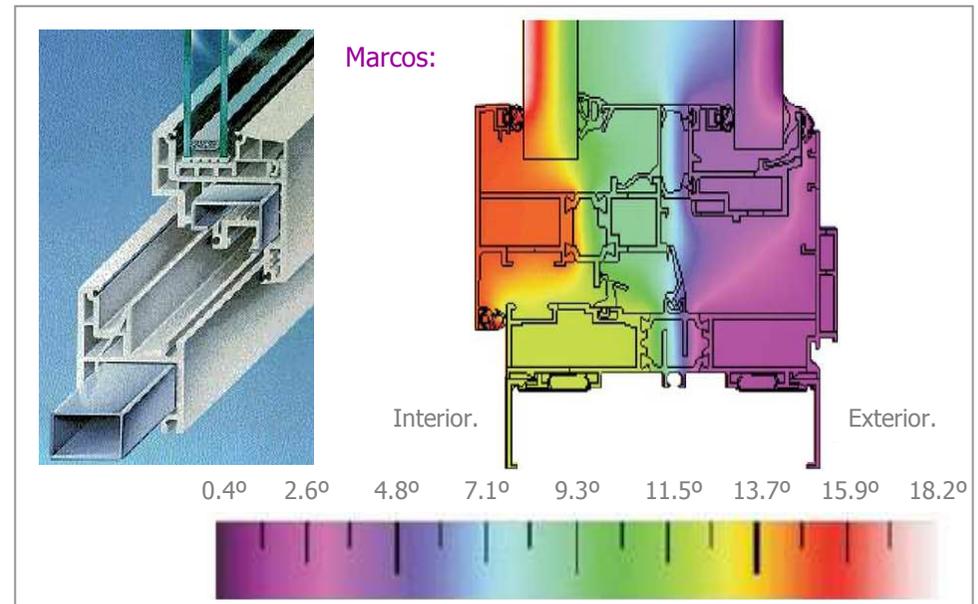
Para evitar pérdidas energéticas es importante considerar las perforaciones en los cerramientos donde se han colocado cristales abatibles, ignorar la conductividad térmica del cristal y los puentes térmicos de las ventanas puede ocasionar pérdidas de hasta el 20% de la energía contenida al interior de la vivienda. ^

Ventanas:

Vidrio doble con cámara de aire.



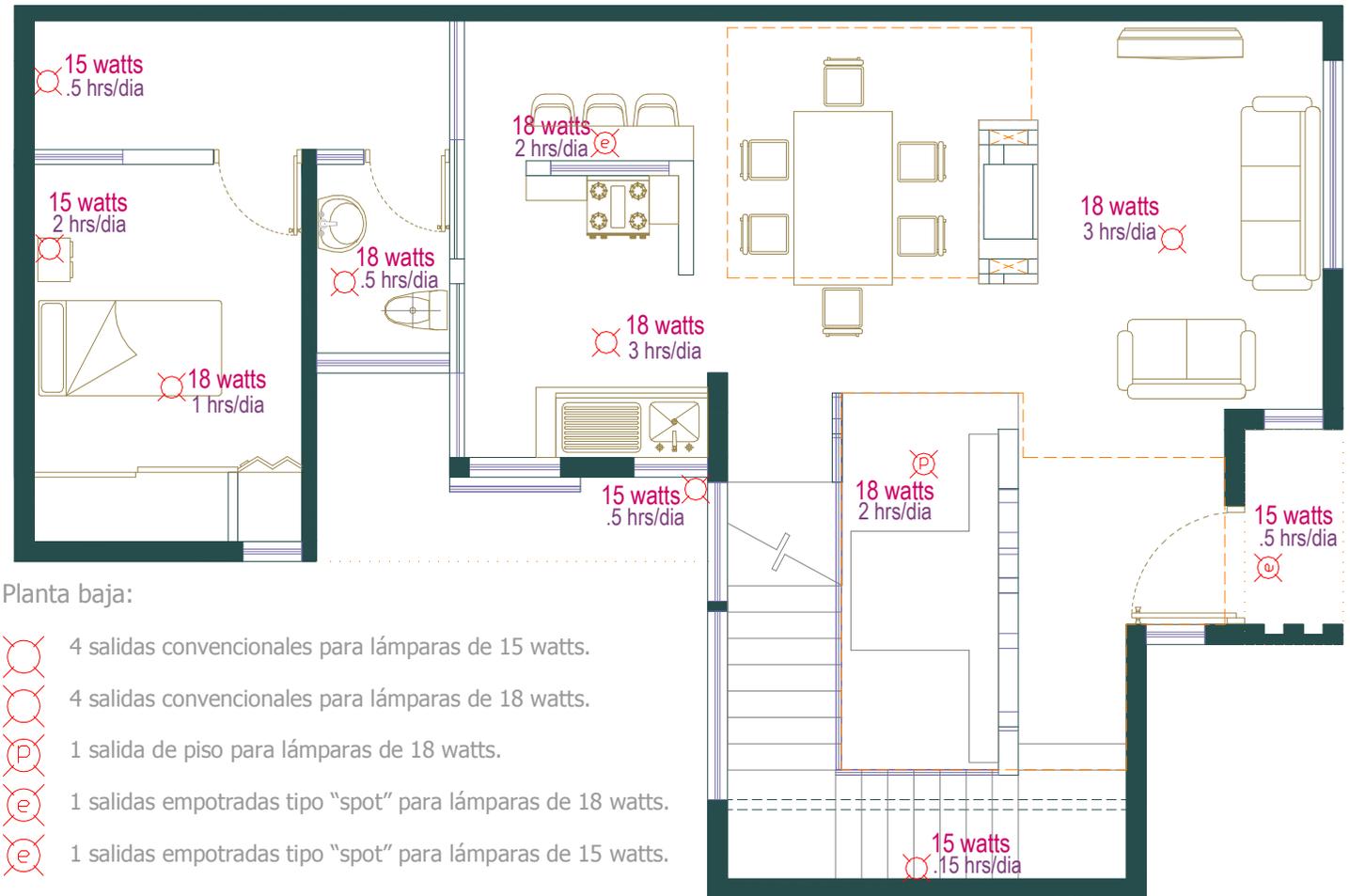
^ Es recomendable que en las viviendas terminadas, antes de habitarse realizar una "prueba de presión", consistente en extraer el aire y provocar una caída de la presión al interior (entre más rápida cae la presión, mejor aislada estará la vivienda).



Consideraciones y sistemas mixtos de apoyo para ahorro energético:

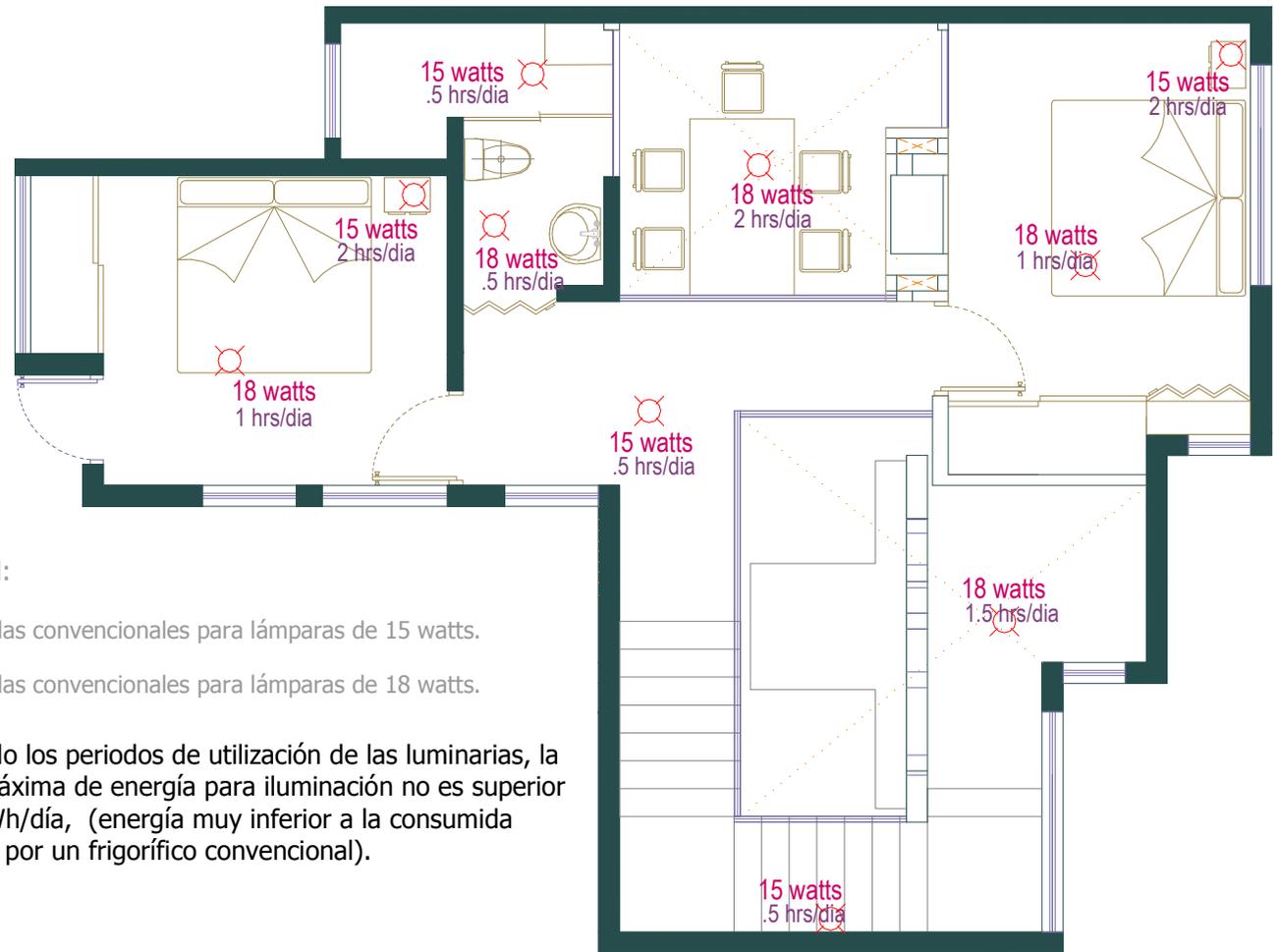
Aparte de los medios pasivos para mejoramiento de las condiciones ambientales interiores y del tratamiento propuesto en la envolvente de la vivienda, igualmente se procuran una serie de consideraciones de diseño para reducción del consumo de energía.

El diseño de la vivienda (V-m) ubica el espacio destinado para el frigorífico* en un área alejada de fuentes de calor y en donde se genera ventilación cruzada, además la propuesta de iluminación se resuelve con lámparas de bajo consumo.



Propuesta de iluminación con lámparas de bajo consumo.

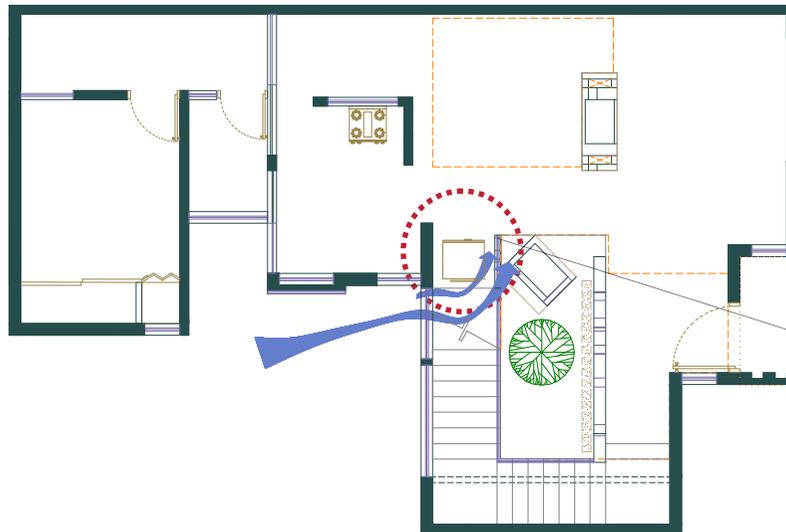
* El frigorífico ocasiona el consumo de energía mas significativo comparativamente con el resto de los aparatos, su correcta disposición y particularidades pueden disminuir su gasto hasta en un 80%.



Primer nivel:

-  5 salidas convencionales para lámparas de 15 watts.
-  5 salidas convencionales para lámparas de 18 watts.

Considerando los periodos de utilización de las luminarias, la demanda máxima de energía para iluminación no es superior a los 405 Wh/día, (energía muy inferior a la consumida diariamente por un frigorífico convencional).



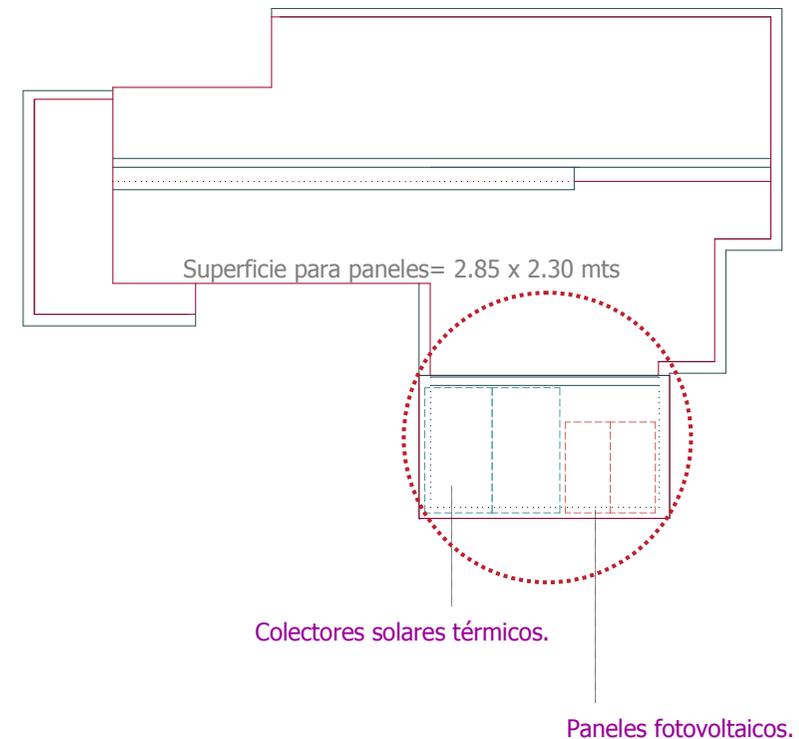
Espacio con ventilación cruzada para la ubicación del frigorífico en la planta baja.

No obstante la integración de estrategias y complementos constructivos en el diseño de la vivienda para reducir el gasto energético, incorporar sistemas mixtos en donde se aprovechan las energías renovables para el funcionamiento de sistemas en el interior de la vivienda pueden reducir adicionalmente el consumo hasta un 25% mas.

Al diseño de la vivienda modelo (V-m) que se compara con la vivienda tradicional (V-r), se han integrado dos colectores solares térmicos para el calentamiento del agua como un sistema de apoyo que disminuya el consumo de gas L.P., además dos paneles fotovoltaicos para generar energía eléctrica, que de igual forma, se proponen como un sistema de apoyo para disminuir la demandada total de energía tradicional generada con la quema de hidrocarburos.

A la fecha de la realización del presente estudio, la utilización de fotovoltaicos para producción de energía es una tecnología escasamente utilizada en las áreas urbanas de México, y prácticamente nula en el sector domestico, es poco promovida, a pesar de ser una ventaja económica a mediano plazo para el usuario y un claro beneficio ambiental.

La vivienda modelo incorpora los fotovoltaicos como un sistema mixto de apoyo[®], la superficie libre en la vivienda y los costes de oferta de la tipología de casas que se pretende comparar limita considerar los paneles para cubrir totalmente la demanda.



Perspectiva y planta de azotea con paneles solares.

[®] Para calculo de la inclinación de los paneles se considero la máxima radiación solar en el mes menos favorable (Diciembre): Hora sol pico (h.s.p.) Dic. = 5.34 Kw.h/m², a una inclinación en el cuadrante de 35° grados de sur a Norte o 55° de Norte a Sur.

Cálculo de los captadores de energía solar incorporados para el ahorro energético:

En la incorporación de sistemas mixtos de apoyo para disminuir el consumo de energía se aplican criterios básicos de cálculo y simulación con software.

Para conversión de la energía solar incidente en energía térmica y calentamiento de agua caliente sanitaria (ACS), se han considerado colectores para una ocupación de 4 personas en la vivienda unifamiliar proyectada (ocupación similar a la de la casa de referencia), en donde el consumo de agua varía entre los 35 a 40 lts. por persona y por día, a una temperatura de hasta 60°C®, los catadores seleccionados deberán tener un coeficiente global de perdidas menor a 10 Wm²/°C. y una efectividad entre el 50 y 80%.

Parámetros básicos de la instalación:

- **Condiciones climáticas-**

Localidad: AMT-Chihuahua

Latitud: 28.60 [°]

Fichero meteorológico utilizado en la simulación: ..\weather\AMT-Chihuahua.met

- **Demanda para vivienda unifamiliar-**

Espacio para ubicación del sistema de acumulación: 0.384 m³.

Temperatura de referencia: 55.00 [°C].

Numero máximo de usuarios: 4 usuarios.

Litros agua caliente/usuarios/día: 40 litros.

Consumo diario medio de ACS: 160 [litros/día].

Capacidad total de acumulación: 384 lts.

Demanda térmica mensual (incluyendo distribución y recirculación, caso de haberlas definido como porcentajes de la demanda) [MJ/mes]:

Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.
1402.43	1190.17	1155.37	1018.76	978.72	739.23

Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
465.49	572.92	852.44	1052.72	1168.93	1570.72

- **Instalación solar-**

Área total de captación: 5.32 [m²].

Número de captadores en serie: 2.

Inclinación con respecto a la horizontal: 35.00 [°].

Orientación con respecto al sur: 0.00 [°].

Rendimiento óptico del captador: 0.74 [%/100].

Término lineal de pérdidas: 1.60 [W/m²·K].

® Datos considerados según especificaciones del Código Técnico Español para edificación (CTE)

Término cuadrático de pérdidas: 0.00 [W/m²·K²].
 Fluido primario: agua (Cp = 4.185 [kJ/kg·K]).
 Flujo másico bomba del primario: 159.60 [litros/h].
 Valor promedio del coeficiente global de pérdidas de las tuberías del primario: 0.00 [W/m²·K].
 Temperatura de sobrecalentamiento: 110.00 [°C].
 Efectividad del intercambiador de calor: 80.00 [%] .

Fluido secundario: agua (Cp=4.19 kJ/kg·K).
 Flujo másico bomba del secundario: 159.60 [litros/hora].
 Volumen de acumulación solar: 425.60 [litros].
 Temperatura máxima permitida en el acumulador solar: 60.00 [°C].
 Coeficiente global de pérdidas del acumulador: 0.64 [W/m²·K].
 Temperatura de impulsión sistema convencional: 55.00 [°C].
 Rendimiento medio sistema convencional: 80.00 [%].
 Coeficiente global de pérdidas de la tubería de distribución: 0.00 [W/m²·K].
 Coeficiente global de pérdidas de la tubería de recirculación: 0.00 [W/m²·K].
 Recirculación sobre: Sistema de apoyo.
 Flujo de la bomba de recirculación: 0.00 [litros/h].

Método de control: por temperatura.
 Diferenciales de temperatura: 7.00 [°C] y 2.00 [°C].
 Diferenciales de radiación: 0.00 [W/m²] y 0.00 [W/m²].

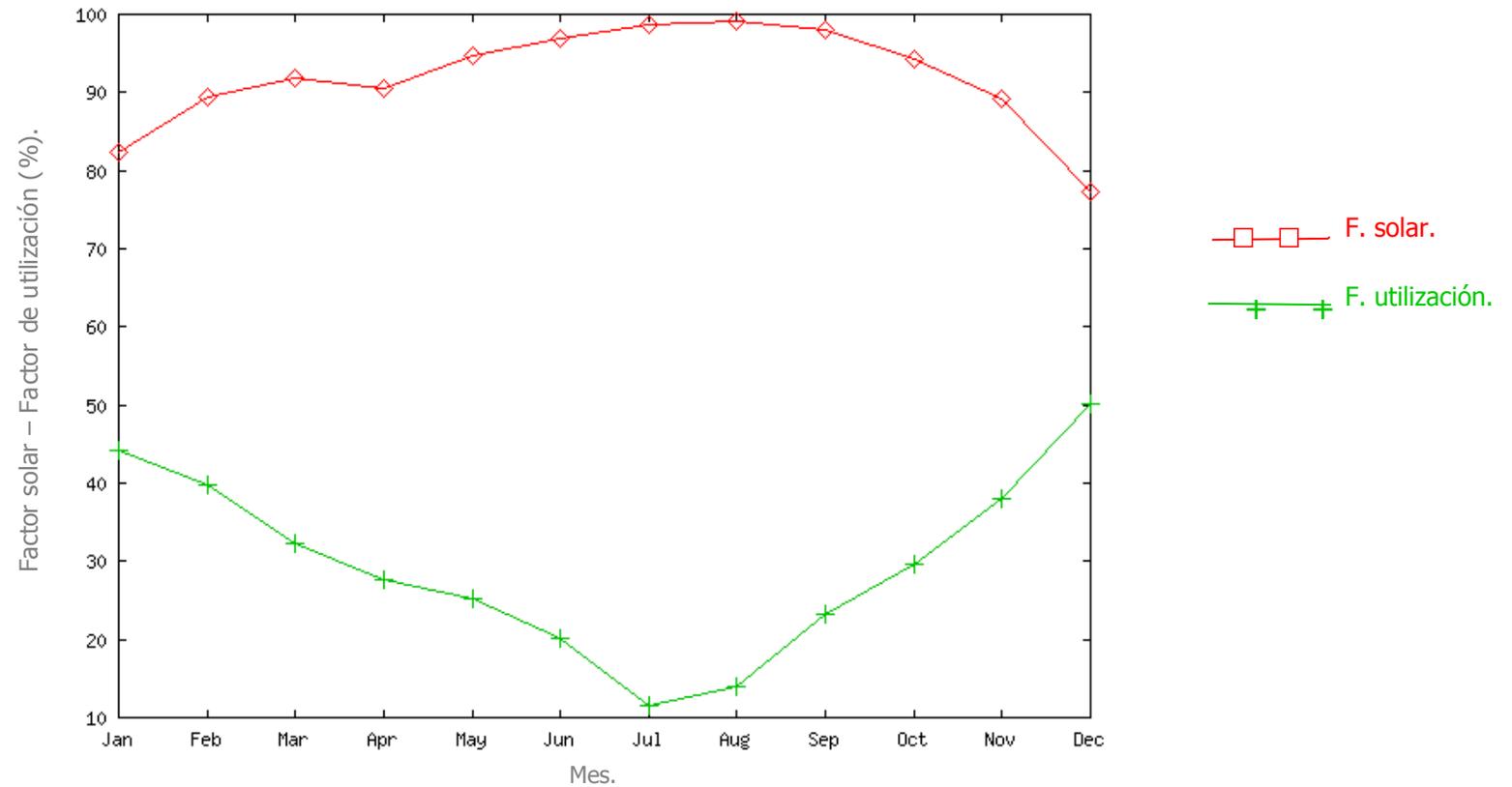
Prestaciones-

		AÑO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Fracción solar (%)		90.06	82.26	89.4	91.84	90.6	94.71	96.82	98.7	99.11	98.08	94.27	89.24	77.32
Factor de utilización (%)		27.86	44.2	39.85	32.37	27.7	25.19	20.06	11.51	13.92	23.15	29.69	37.95	50.17
Horas de funcionamiento		1945	216	181	181	183	176	130	89	100	137	163	177	212
Horas en sobrecalentamiento		1331	34	50	80	101	135	155	221	213	144	105	64	29
Pérdidas radiac. (%)	Total	0.06	-0.41	-0.24	-0.05	0.18	0.38	0.49	0.46	0.28	0.03	-0.2	-0.38	-0.43
	Orientación	0.06	-0.41	-0.24	-0.05	0.18	0.38	0.49	0.46	0.28	0.03	-0.2	-0.38	-0.43
	Obstáculos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

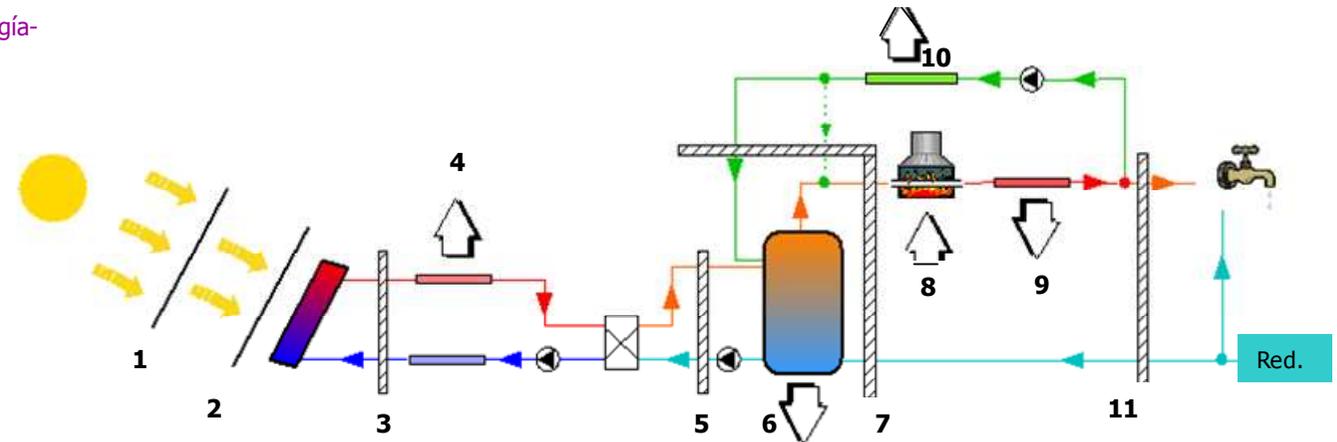
Nota 1: La fracción solar se ha definido como el cociente entre la energía de origen solar extraída del acumulador y demanda térmica (incluyendo las pérdidas por distribución y recirculación).

Nota 2: El factor de utilización se ha definido como el cociente entre la energía de origen solar extraída del acumulador y la energía solar incidente sobre el plano de captación (incluyendo las pérdidas de radiación).

Nota 3: Las pérdidas por sombras totales incluyen el sombreado entre filas contiguas si la correspondiente opción fue seleccionada.



Intercambios de energía-



FLUJO		Energía [MJ]	Reparto [%]
Ganancias	(3) Energía cedida por los captadores.	11446.64	90.44
	(8) Energía térmica cedida por el sistema auxiliar.	1210.23	9.56
Demanda	(11) Demanda térmica de A.C.S.	10580.78	83.6
Pérdidas	(4) Pérdidas en las tuberías del primario.	0	0
	(6) Pérdidas del acumulador solar.	406.65	3.86
	(9) Pérdidas en la distribución.	529.04	4.18
	(10) Pérdidas en la recirculación.	1058.08	8.36

Balance global del sistema y cómo se distribuyen las ganancias (aportes solar y auxiliar) entre la demanda y las diferentes pérdidas.

FLUJO	Energía [MJ]	Reparto primario [%]
(1) Radiación incidente sobre orientación óptima	39358.07	
(2) Radiación sobre captadores (incluyendo sombras)	39335.66	100
(3) Energía cedida por los captadores al fluido primario	11446.64	29.1
(4) Pérdidas en las tuberías del primario	0	0
(5) Energía transferida en el intercambiador de calor	11425.26	29.05
(6) Pérdidas del acumulador solar	406.65	1.03
(7) Energía extraída del acumulador solar	10957.85	
(8) Energía térmica cedida al fluido por el sistema auxiliar	1210.23	
(8bis) Energía consumida por el sistema auxiliar (gas,...)	1512.78	
(9) Pérdidas en la distribución	529.04	
(10) Pérdidas en la recirculación	1058.08	
(11) Demanda térmica de A.C.S.	10580.78	

Flujos de energía que ocurren en la instalación y clasificación de cómo se distribuye la energía en el primario.

El informe de los resultados para instalación de colectores térmicos se calculó con el Software ACSOL v.1.0 de la Agencia Andaluza de la Energía. Asimismo, los resultados se corroboraron con una hoja de cálculo para predimensionar las instalaciones solares térmicas a baja temperatura®.

® Ver referencia en Anexos: Pág. 242: Comprobación para verificar el predimensionamiento de la instalación solar térmica de baja temperatura.

Para producción de energía a través de la luz por efecto fotovoltaico, se han considerado dos módulos como apoyo al gasto de energía eléctrica de la vivienda.

Usualmente el gasto de energía generado en el sector domestico mexicano es alto a causa de los hábitos de consumo y los electrodomésticos ofertados por el mercado; considerando los aparatos, equipos utilizados en la vivienda de referencia se calculo la energía demandada para la vivienda modelo, y se adiciono la propuesta de consumo para iluminación.

Aparato:	Potencia (watts):	Tiempo de uso:	hr./día	No. aparatos	Demanda Wh/día
Secadora de pelo	1600	40 min/sem	0.09524	1	152.381
Horno eléctrico	1250	20 min/día	0.33333	1	416.6667
Plancha de vapor domestica	1100	60 min/sem	0.14286	1	157.1429
Frigorífico en ca	600	8 hrs/día	8	1	4800
Tostador	800	10 min/día	0.16667	1	133.3333
Aspiradora domestica	850	1 hrs/sem	0.14286	1	121.4286
Cafetera	750	1 hrs/día	1	1	750
Lavadora aeroburbujas	550	8 hrs/sem	1.14286	1	628.5714
Licuada de 5 velocidades	500	10 min/día	0.16667	1	83.33333
Extractor	240	2 hrs/día	2	2	960
Extractor de frutas y legumbres	300	10 min/día	0.16667	1	50
Ventilador de pedestal	288	6 hrs/día	6	1	1728
Computador de escritorio	300	4 hrs/día	4	1	1200
Computador personal PIV CPU	200	3 hrs/día	3	1	600
Batidora	180	2 hrs/sem	0.28571	1	51.42857
TV pantalla plana 34"	200	4 hrs/día	4	1	800
TV normal 19-21"	70	2 hrs/día	2	1	140
TV normal 13-17"	53	2 hrs/día	2	1	106
Reproductor CD/DVD	25	8 hrs/sem	1.14286	1	28.57143
Reproductor 5 CD	13	2 hrs/día	2	1	26
Radio AM/FM	35	1 hr/día	1	1	35
Abrelatas	60	15 min/sem	0.03571	1	2.142857
Exprimidor de cítricos	30	10 min/día	0.00694	1	0.208333
Fax / Teléfono	16	1.5 hrs/día	1.5	1	24
Filtro de agua	7	25 min/día	0.41667	1	2.916667
Tubo fluorescente 18 W en cc	18 (Prom.)	1.58 hrs/día	1.58	11	312.84
Tubo fluorescente 15 W en cc	15 (Prom.)	.6 hrs/día	0.6	10	90
Bomba de 3/4 CV	555	6 hrs/día	6	1	3330

La demanda total de energía para el uso de todos los aparatos es: Ed=16.73 Kw./h.

Con una potencia total instalada = 10,605 W. y energia demandada = 5,303 W.

Generador fotovoltaico	
Inversor.	
Inversor	19.8 W
V _{nb}	12 V
Energía producida por captador solar.	
E _{cs}	479.57 Wh
E _d	302.13 Wh
η _b	0.70
η _i	0.90
Energía del panel.	
E _{panel}	292.32 Wh
V _{nb}	12 V
Intensidad.max.panel	4.35 A
Hora Solar Pico (h.s.p.)	5.6 h
Numero de paneles.	
N_{tp}	2 paneles
N _{ps}	1 panls serie
V _{nb}	24 V
V _{np}	34.60 V
N _{ph}	2 paneles //
Energía de la batería.	
E _{bateria}	419.63 Wh
η _{b'}	0.80
η _i	0.90
Capacidad de la batería.	
C _t	218.55 Ah
N (autonomia)	5 dias
Horas dia	10 h
E _d	302.13 Wh
V _{nb}	12 V
P _{fd}	0.8
η _{b'}	0.80
η _i	0.90
C100	249 Ah
Regulador.	
I _r	6 Ah
I _{max.c.s}	4.35 Ah
I _{max.demanda}	1.53 Ah
P _{demandada}	16.50 W
V _{nb}	12 V
η _i	0.90

La demanda total de energía para el encendido de la iluminación:
 $E_d = 303.13 \text{ Kw./h.}$

Con una potencia total instalada = 33.00 W.

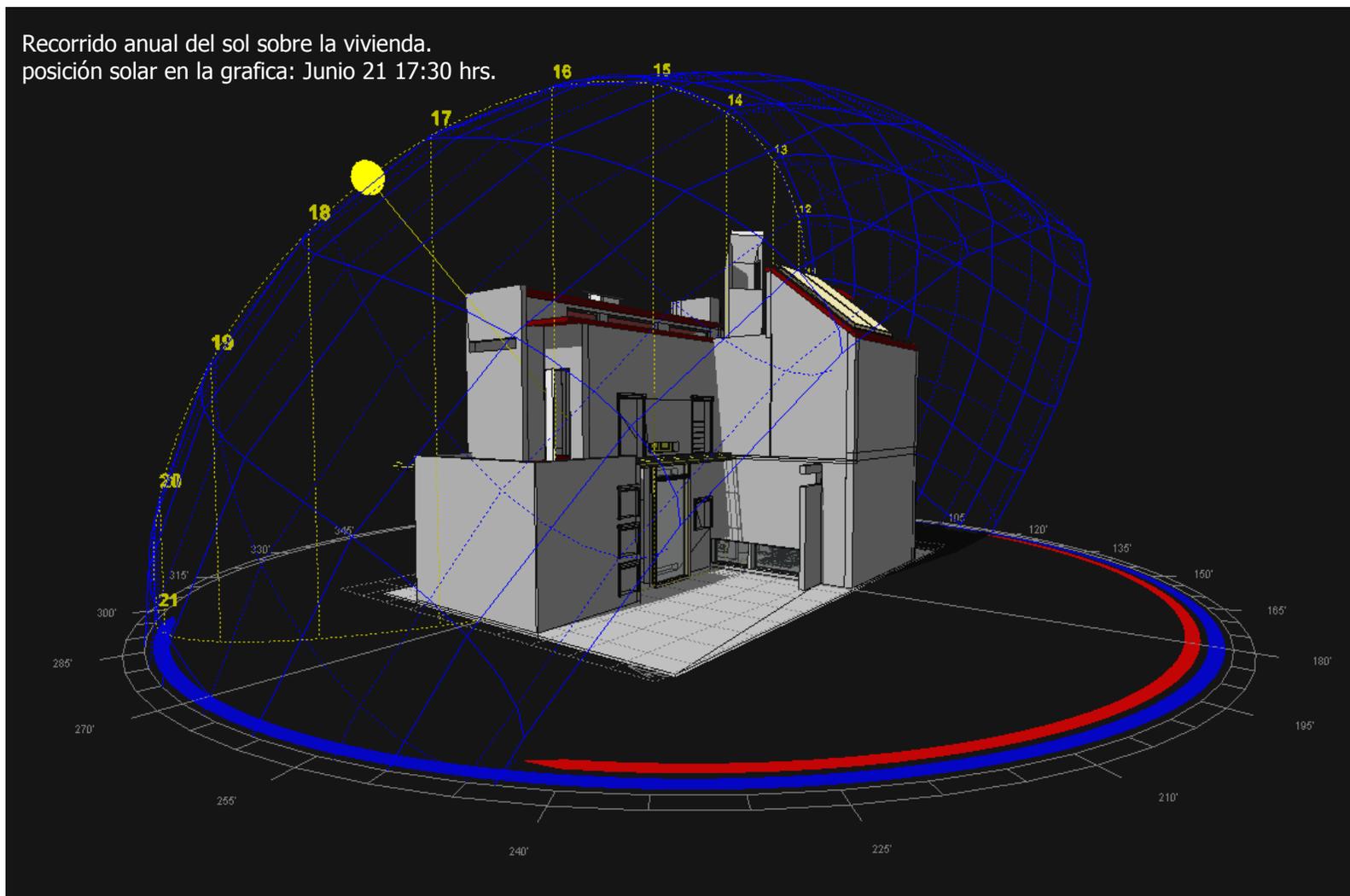
Con potencia demandada = 6.50 W.

El rango de costes considerados para la edificación y oferta en la tipología de vivienda estudiada, limita la factibilidad de cubrir totalmente la demanda de energía a través de producción de electricidad con módulos fotovoltaicos.

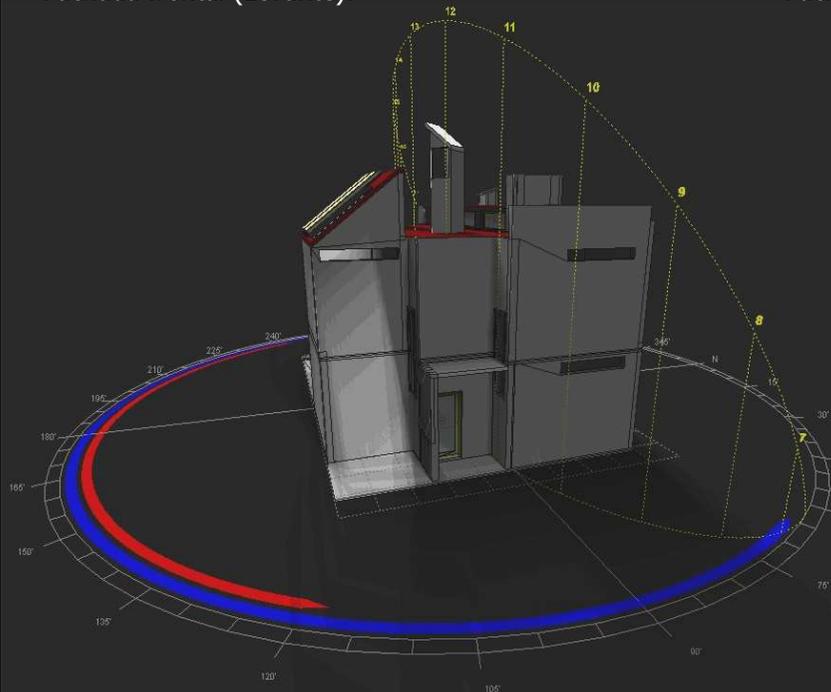
La propuesta (V-m) incorpora 2 módulos como un sistema de apoyo para cubrir la demanda eléctrica de la iluminación, además disminuye el consumo de energía producida de forma convencional.

Soleamiento del edificio modelo propuesto:

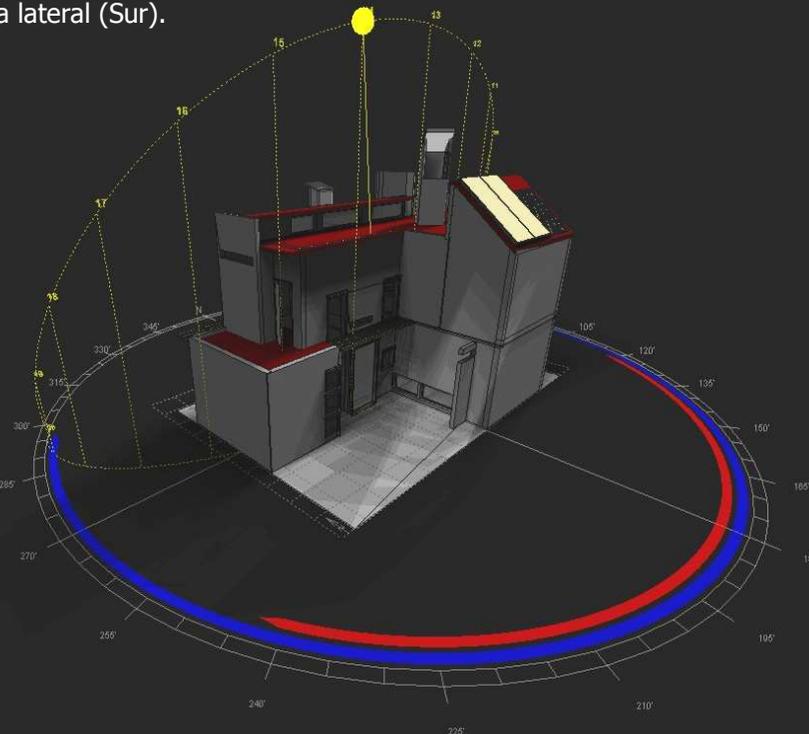
Considerando la situación climática de Chihuahua y la orientación propuesta para la vivienda modelo, resulta necesario verificar por medio del recorrido solar, las sombras proyectadas en verano sobre los elementos constructivos y sobre las estrategias propuestas para mejoramiento térmico y ahorro energético, así como el flujo luminoso recibido en invierno sobre los cerramientos, ventanas y sistemas mixtos para producción de energía.



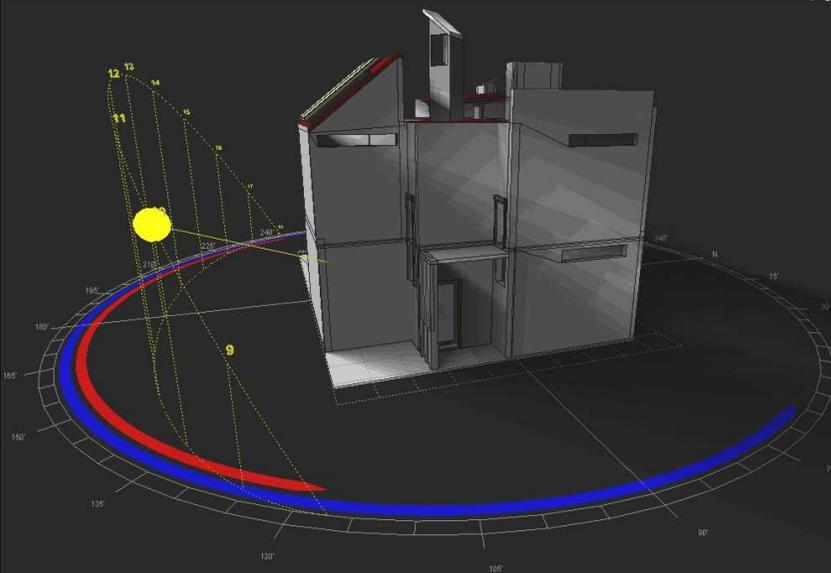
Solsticio de verano 10:00 hrs.
Fachada frontal (Levante).



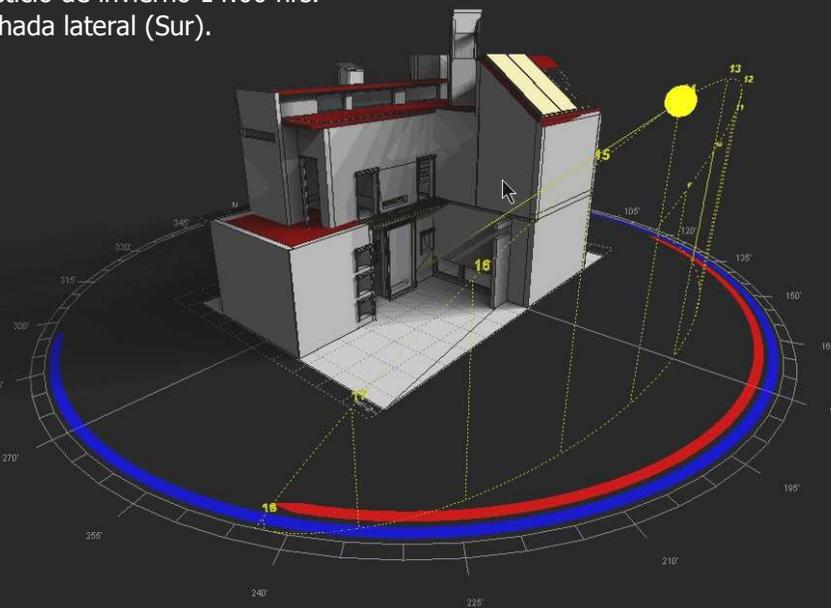
Solsticio de verano 14:00 hrs.
Fachada lateral (Sur).



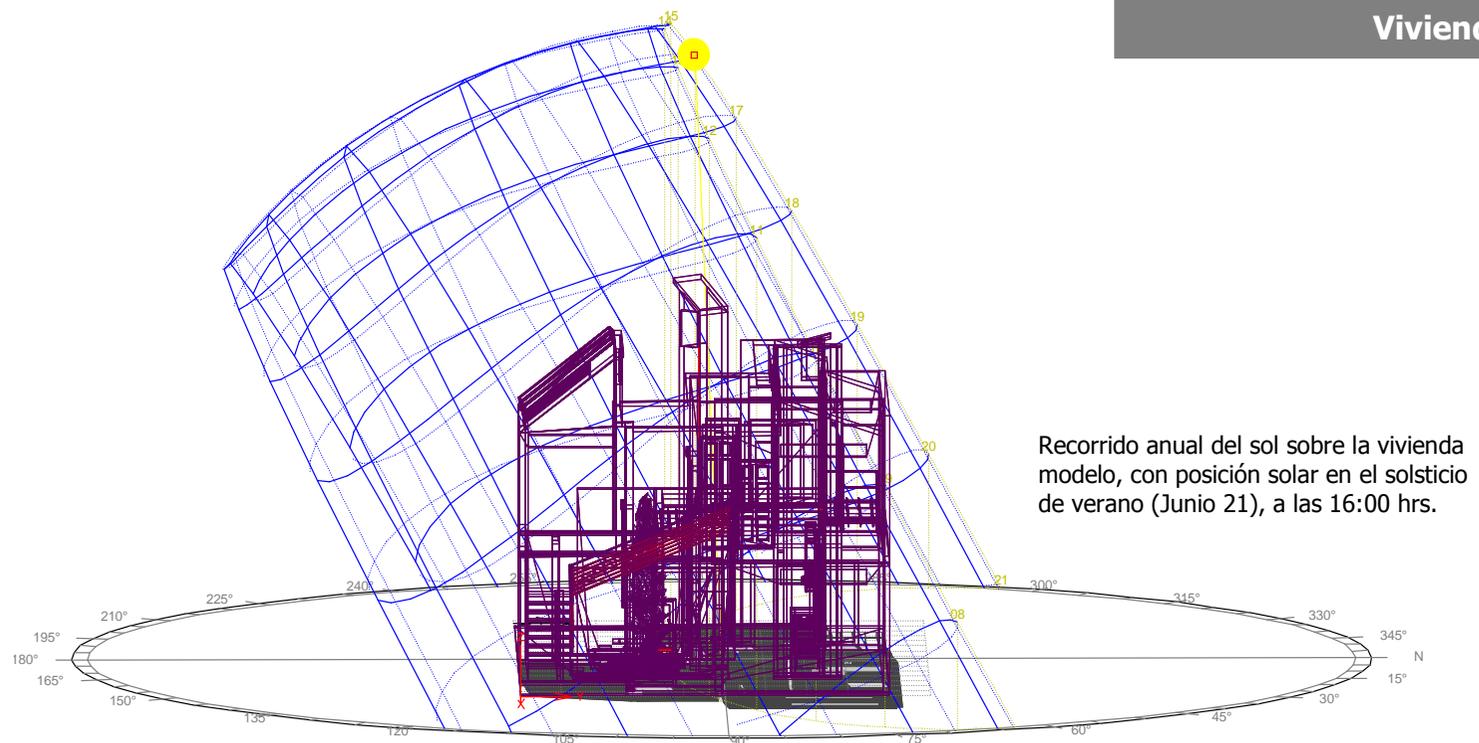
Solsticio de invierno 10:00 hrs.
Fachada frontal (Levante).



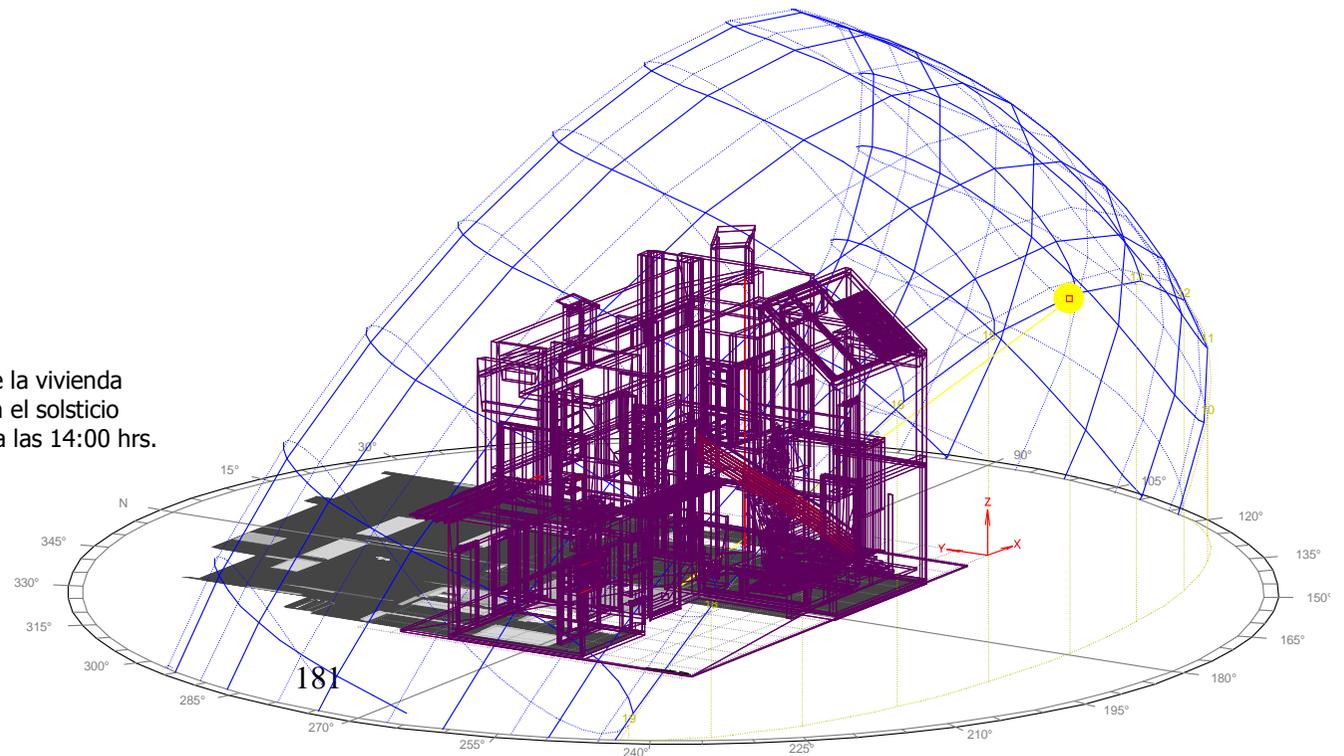
Solsticio de invierno 14:00 hrs.
Fachada lateral (Sur).



Calculo de recorrido solar para volumetría
de vivienda modelo con Software Ecotect.



Recorrido anual del sol sobre la vivienda modelo con posición solar en el solsticio de invierno (Diciembre 21), a las 14:00 hrs.



Calculo de soleamiento para volumetría de vivienda modelo con Software Ecotect.

Simulaciones y comparaciones.

Simulaciones térmicas y energéticas de las viviendas.

Análisis por simulación de los flujos de energía (calor), en la envolvente de las viviendas:

Los datos particulares del medio ambiente y la composición de los cerramientos permiten estimar y comparar la inercia y cargas térmicas en régimen transitorio para las viviendas de referencia y modelo en el clima cálido seco y soleado que caracteriza a Chihuahua.

Con las propiedades de absorción, emisión y rugosidad de las superficies, y los valores de espesor, densidad, calor específico y conductividad de las capas que componen los cerramientos es posible obtener la temperatura media del cerramiento, retardo de las temperaturas máximas superficiales, amortiguación de la onda de calor y flujo medio interior.

Para el estudio por simulación se editaron los ambientes considerando las características de los cerramientos en el periodo verano.

Editor de ambiente para cerramientos verticales:

Nombre-> Chihuahua - Calido seco						
Radiación	Latitud= 28.6 °		Orientación= 0 °		Emit. Ext.= 0.955	
▲	Fecha /365= 172		Inclinación= 90 °			
■	W. abs g/Kg= 10.0		Alt. Horizonte= 15 °			
Salto	Hora Sol R/T= 0.90		Albedo Ext.= 0.20		Coef Luzdia= 0.040	
▼	0	Importa	Importa	Importa	Importa	Genera
Valor	TE	TI	VE	VI	SE	SI
MÍNIMO	23.20	25.30	2.00	0.10	0.00	0.00
Hora Mir	5.75	5.75	10.75	12.00		
MÁXIMO	36.70	28.80	2.60	0.10	248.42	37.20
Hora Ma	14.00	15.75	18.75	19.00	12.00	12.00
Diferenci	13.50	3.50	0.60	0.00	248.42	37.20
MEDIA	29.59	26.98	2.28	0.10	76.69	12.89

Editor de ambiente para cerramientos horizontales:

Nombre-> Chihuahua - Calido seco						
Radiación	Latitud= 28.6 °		Orientación= 0 °		Emit. Ext.= 0.85	
▲	Fecha /365= 172		Inclinación= 0 °			
■	W. abs g/Kg= 10.0		Alt. Horizonte= 15 °			
Salto	Hora Sol R/T= 0.90		Albedo Ext.= 0.20		Coef Luzdia= 0.040	
▼	0	Importa	Importa	Importa	Importa	Genera
Valor	TE	TI	VE	VI	SE	SI
MÍNIMO	23.20	25.30	2.00	0.10	0.00	0.00
Hora Mir	5.75	5.75	10.75	12.00		
MÁXIMO	36.70	28.80	2.60	0.10	930.27	37.20
Hora Ma	14.00	15.75	18.75	19.00	12.00	12.00
Diferenci	13.50	3.50	0.60	0.00	930.27	37.20
MEDIA	29.59	26.98	2.28	0.10	318.10	12.89

Valores de latitud, temperatura exterior (TE) e interior (TI), viento exterior (VE) e interior (VI), soleamiento exterior (SE) y radiación interior (SI); con inclinaciones horizontal (0°) y vertical (90°) de las superficies exteriores de los cerramientos, suponiendo orientación de los cerramientos respecto al Sur (0°).

Nombre->	Ladrillo de arcilla+acabados					
	Superficies Absortan. Emitancia Rugosidad:					
Nº Capas	Exterior->	.5	.9	1		
3	Interior->	.25	.9	1.5		
[Nº]	[metros]	[Kg/m3]	[Kj/Kg°C]	[W/m²C]	[Kj/m2°C]	[m2°C/W]
Capa	Espesor	Densid.	Calor E.	Conduct.	Capacid.	Resist.
Total	0.18				295.6	0.219
1.	0.02	2000.	1	1.2	40.	0.017
2.	0.14	1800.	0.9	0.814	226.8	0.172
3.	0.02	1600.	0.9	0.65	28.8	0.031

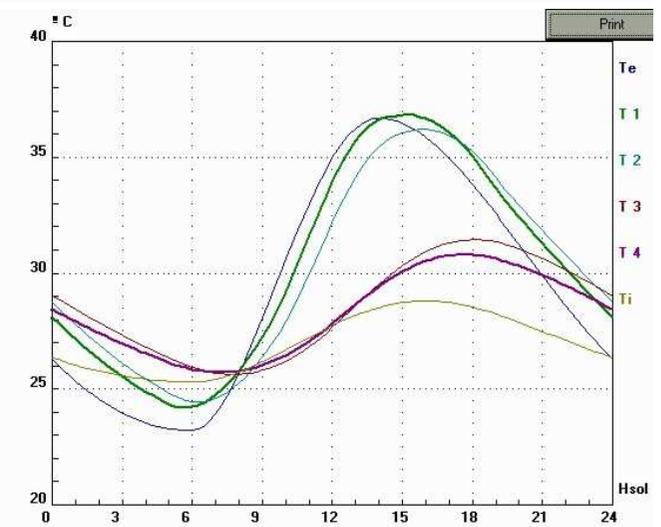
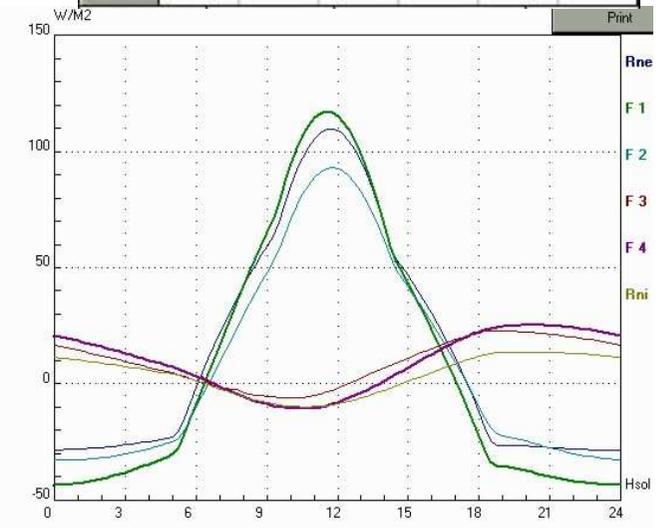
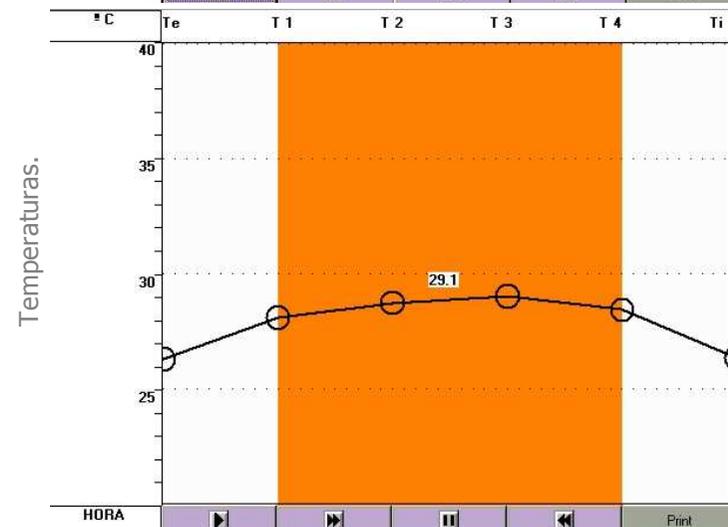
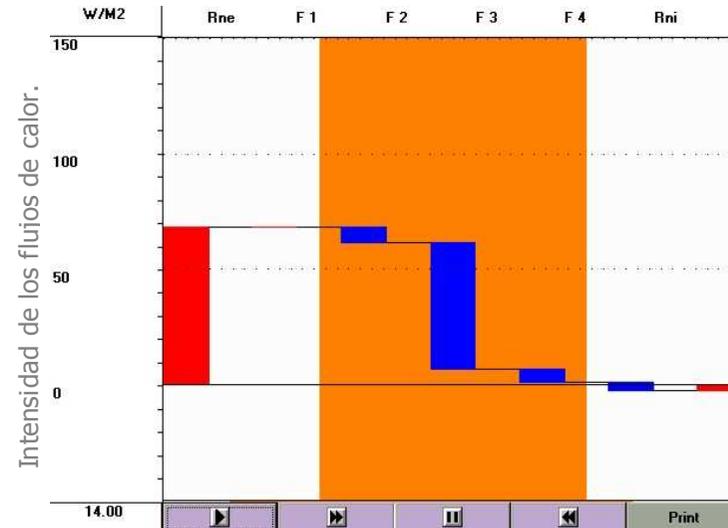
Flujos de calor:

Resum	Rne	F 1	F 2	F 3	F 4	Rni
Minimo	-28.46	-43.54	-32.75	-6.15	-10.68	-9.89
H.Min	23.75	23.75	0.75	9.75	10.25	10.75
Maximo	109.80	117.28	93.00	22.88	25.27	13.78
H.Max	11.75	11.50	11.75	18.50	20.00	20.00
Difere	138.26	160.82	125.75	29.03	35.95	23.67
MEDIA	14.79	8.83	8.94	9.45	9.46	3.83

Temperaturas:

Resum	Te	T 1	T 2	T 3	T 4	Ti
Minimo	23.20	24.16	24.43	25.63	25.70	25.30
H.Min	5.75	5.50	6.25	7.75	7.25	5.75
Maximo	36.70	36.83	36.21	31.44	30.80	28.80
H.Max	14.00	15.25	15.75	18.00	17.50	15.75
Difere	13.50	12.67	11.78	5.82	5.09	3.50
MEDIA	29.56	30.26	30.11	28.52	28.23	26.97

V-r
Cerramientos verticales con tabique de arcilla y acabados (cem.-arena y estuco).
T. media=29.3°C. / Retardo=2.25 H. / Amortiguación=40% / F. medio=9.5 W/m²



Calculo detallado de la transmisión del calor en el tiempo y cuantificación de la carga térmica máxima de los cerramientos para la vivienda de referencia.

Realizado con el Software ANTESOL versión 06.

Nombre-> **Ladrillo de arcilla+acabados estuco y estuco**

Superficies: Absortan. Emitancia Rugosidad:

Nº Capas Exterior-> 5 9 1.5 Interior-> 5 9 1.5 

[Nº] [metros] [Kg/m³] [Kj/Kg°C] [W/m°C] [Kj/m²°C] [m²°C/W]

Capa	Espesor	Densid.	Calor E.	Conduct.	Capacid.	Resist.
Total	0.18				290.8	0.231
1.	0.02	1600.	1	0.7	32.	0.029
2.	0.14	1800.	0.9	0.814	226.8	0.172
3.	0.02	1600.	1	0.65	32.	0.031

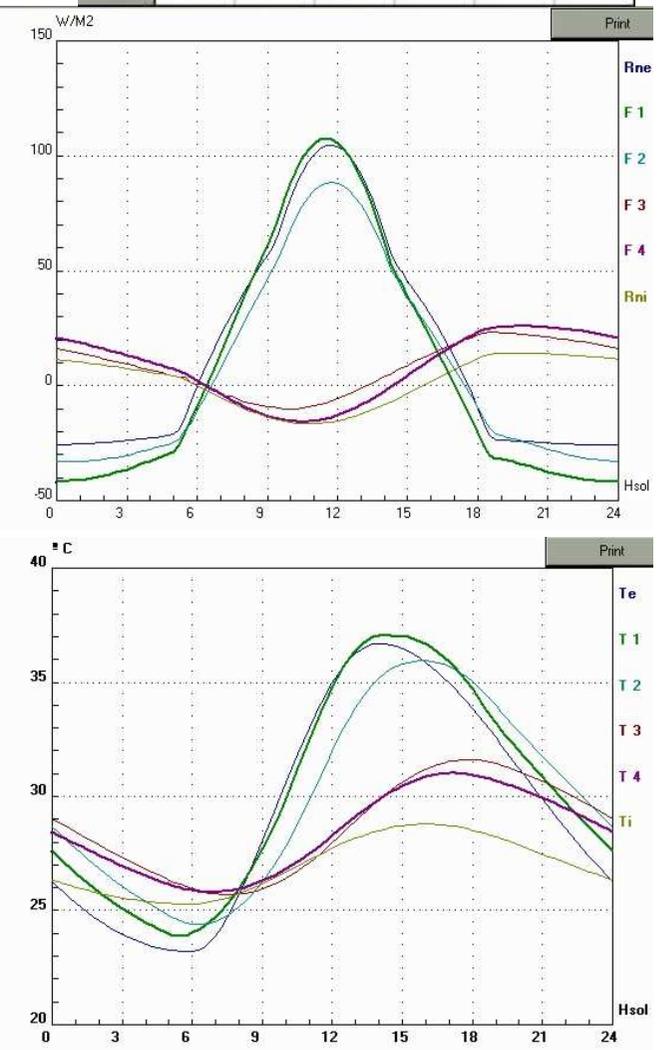
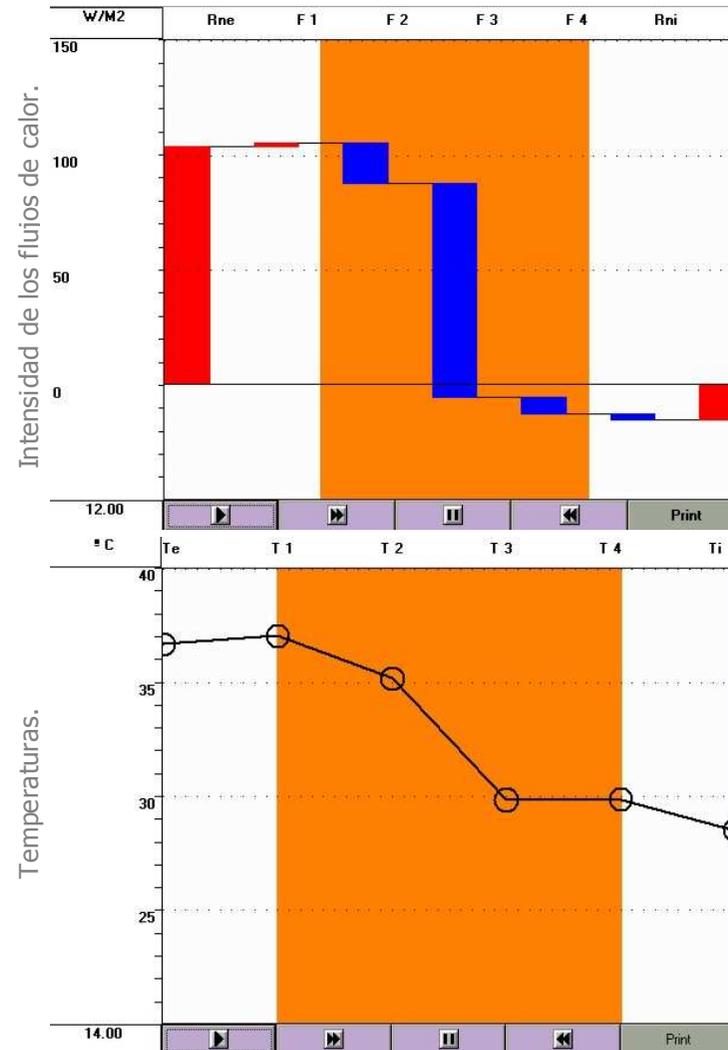
Flujos de calor:

Resum	Rne	F1	F2	F3	F4	Rni
Minimo	-25.70	-41.81	-33.17	-10.20	-15.68	-16.57
H.Min	23.50	0.00	0.25	9.75	10.50	10.75
Maximo	104.73	107.45	88.41	23.24	25.79	14.05
H.Max	11.75	11.50	11.75	18.50	19.75	19.75
Difere	130.43	149.27	121.58	33.45	41.47	30.62
MEDIA	15.09	7.38	7.47	7.98	8.01	1.60

Temperaturas:

Resum	Te	T1	T2	T3	T4	Ti
Minimo	23.20	23.87	24.40	25.70	25.82	25.30
H.Min	5.75	5.50	6.25	7.50	6.75	5.75
Maximo	36.70	37.08	35.95	31.61	31.01	28.80
H.Max	14.00	14.25	15.75	17.75	17.25	15.75
Difere	13.50	13.21	11.55	5.91	5.20	3.50
MEDIA	29.56	30.20	29.99	28.65	28.40	26.97

V-r
Cerramientos verticales con tabique de arcilla y acabados (estuco y estuco).
T. media=29.3°C. / Retardo=3.00 H. / Amortiguación=39.4% / F. medio=8.0 W/m²



Nombre-> **Forjado azotea concreto aligerado con poliestireno**

Flujo de calor:

Superficies Absortan. Emitancia Rugosidad:

Nº Capas
4

Exterior->	0.10	0.50	.85
Interior->	0.15	0.90	.9



[Nº] [metros] [Kg/m3] [Kj/Kg°C] [W/m°C] [Kj/m2°C] [m2°C/W]

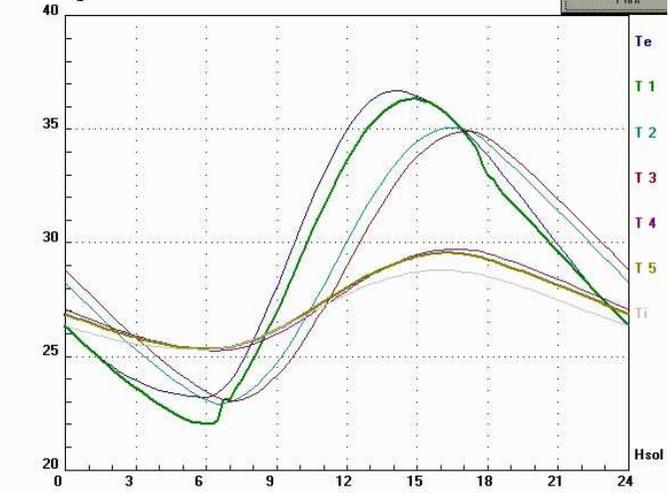
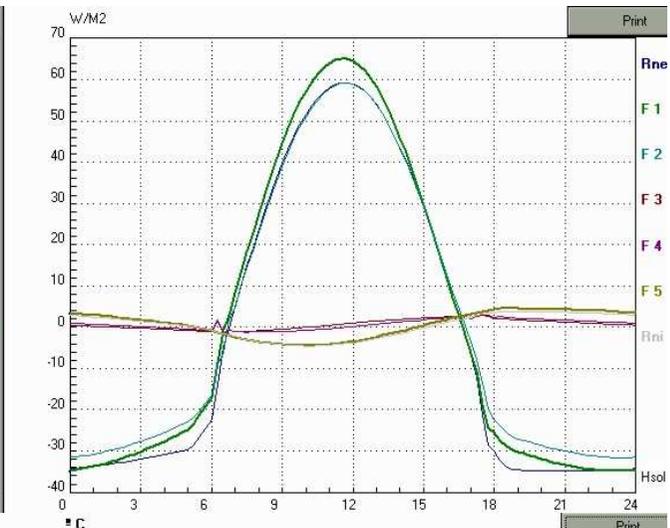
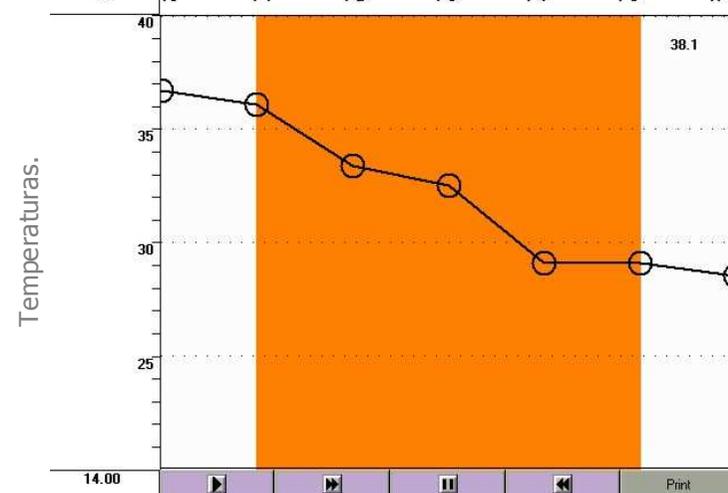
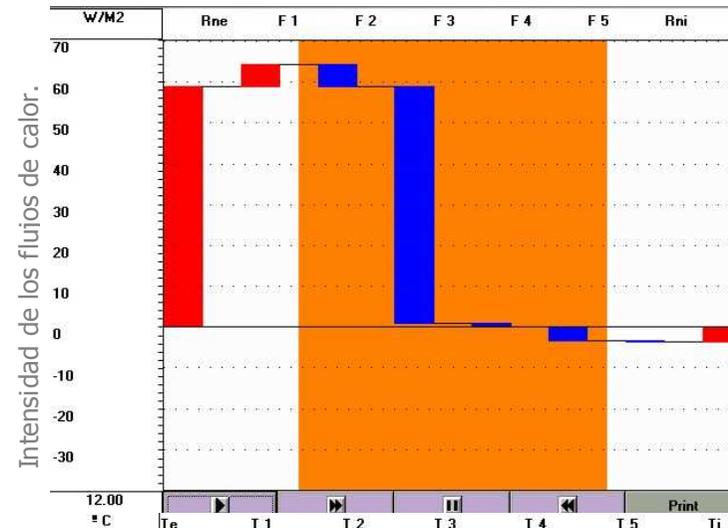
Capa	Espesor	Densid.	Calor E.	Conduct.	Capacid.	Resist.
Total	0.15				145.31	2.361
1.	0.01	1100.	1.	0.174	11.	0.057
2.	0.05	2200.	1.	1.4	110.	0.036
3.	0.07	30.	1.1	0.032	2.31	2.188
4.	0.02	1100.	1.	0.25	22.	0.08

Temperaturas:

Resum	Rne	F1	F2	F3	F4	F5	Rni
Minimo	-34.90	-34.84	-31.61	-1.54	-1.44	-4.49	-4.57
H.Min	21.25	23.00	23.25	6.50	6.50	10.00	10.25
Maximo	59.25	65.08	59.13	3.01	3.19	4.55	3.87
H.Max	11.75	11.50	11.75	17.50	17.50	18.50	18.50
Difere	94.15	99.92	90.74	4.55	4.63	9.03	8.44
MEDIA	-2.37	0.34	0.37	0.70	0.71	0.71	0.33

Resum	Te	T1	T2	T3	T4	T5	Ti
Minimo	23.20	22.03	22.91	23.06	25.25	25.31	25.30
H.Min	5.75	6.25	6.50	7.00	6.50	6.00	5.75
Maximo	36.70	36.33	35.07	34.91	29.73	29.55	28.80
H.Max	14.00	14.75	16.50	17.00	16.50	16.25	15.75
Difere	13.50	14.30	12.16	11.85	4.47	4.24	3.50
MEDIA	29.56	28.97	28.95	28.94	27.43	27.38	26.97

V-r
 Cerramientos horizontales para cubierta de concreto aligerado con poliestireno.
 T. media = 28.3 °C. / Retardo = 1.75 H. / Amortiguación = 28.6% / F. medio = 0.7 W/m²



Nombre-> **Ladrillo de arcilla+poliestireno+acabados**

Superficies Absortan. Emitancia Rugosidad:

Nº Capas Exterior-> .2 .9 1 Interior-> .15 .9 .9

[Nº] [metros] [Kg/m3] [Kj/Kg°C] [W/m°C] [Kj/m2°C] [m2°C/W]

Capa	Espesor	Densid.	Calor E.	Conduct.	Capacid.	Resist.
Total	0.225				322.1	1.044
1.	0.02	2000.	1.	1.2	40.	0.017
2.	0.025	30	1.2	0.032	0.9	0.781
3.	0.14	1800.	0.9	0.814	226.8	0.172
4.	0.02	2000.	1.	1.2	40.	0.017
5.	0.02	800	0.9	0.35	14.4	0.057

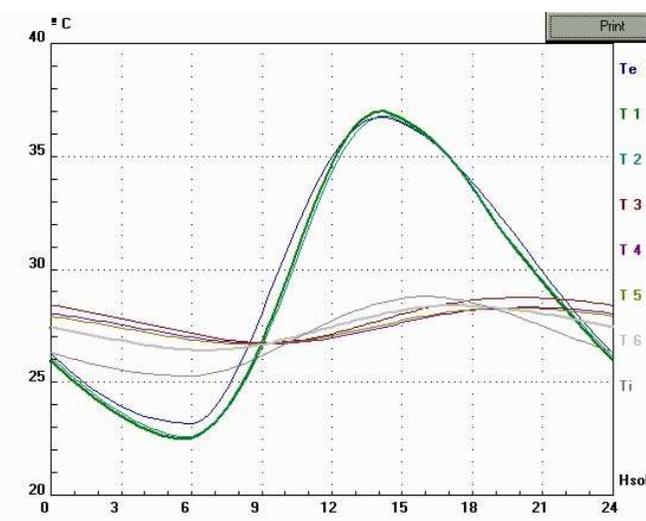
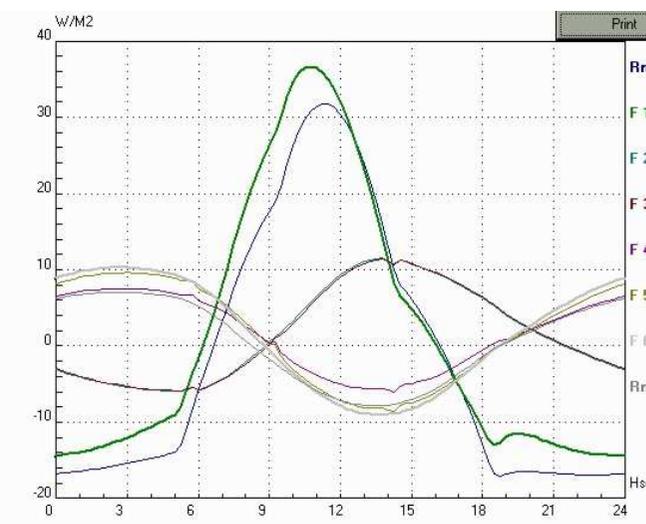
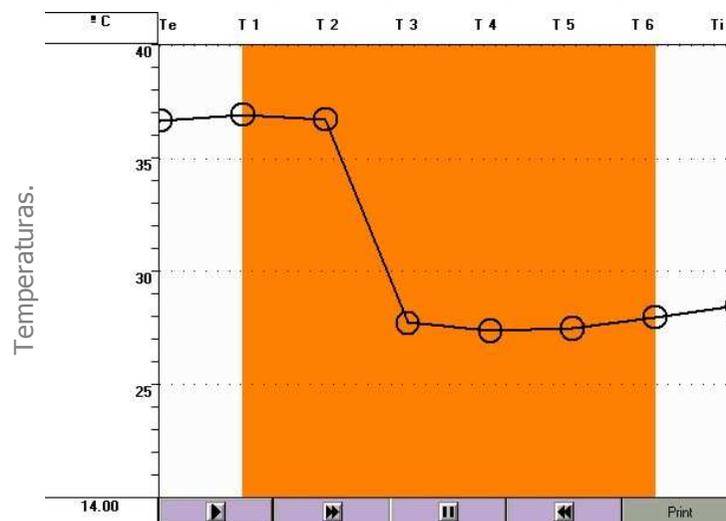
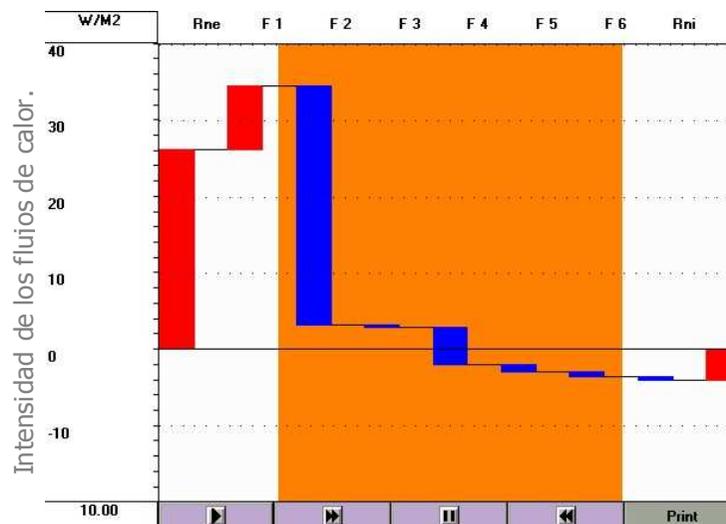
Temperaturas:

Resum	Rne	F1	F2	F3	F4	F5	F6	Rni
Minimo	-17.05	-14.42	-5.96	-5.91	-6.02	-8.62	-9.04	-7.86
H.Min	18.75	23.75	5.25	5.25	14.25	14.25	13.75	13.50
Maximo	31.78	36.68	11.50	11.43	7.55	9.61	10.29	7.06
H.Max	11.25	10.75	13.75	13.75	2.50	3.00	2.75	2.75
Difere	48.83	51.10	17.47	17.34	13.57	18.23	19.32	14.92
MEDIA	-1.69	1.48	1.59	1.59	1.69	1.71	1.72	0.59

Resum	Te	T1	T2	T3	T4	T5	T6	Ti
Minimo	23.20	22.49	22.60	26.76	26.71	26.69	26.41	25.30
H.Min	5.75	5.50	5.75	9.25	9.25	8.50	6.50	5.75
Maximo	36.70	36.96	36.76	28.75	28.32	28.29	28.39	28.80
H.Max	14.00	14.00	14.25	20.00	20.25	19.75	17.00	15.75
Difere	13.50	14.47	14.16	1.99	1.61	1.59	1.98	3.50
MEDIA	29.56	29.12	29.09	27.84	27.56	27.53	27.43	26.97

V-m
Cerramientos verticales con tabique de arcilla, poliestireno y acabados.

T. media=28.1°C. / Retardo=3.25 H. / Amortiguación=13.7% / F. medio=1.7 W/m²



Calculo detallado de la transmisión del calor en el tiempo y cuantificación de la carga térmica máxima de los cerramientos para la vivienda modelo.

Realizado con el Software ANTESOL versión 06.

Nombre-> **Ladrillo de arcilla+acabados**

Superficies Absortan. Emitancia Rugosidad:

Nº Capas
4

Exterior->	.2	.9	1
Interior->	.15	.9	.9



[Nº]	[metros]	[Kg/m3]	[Kj/Kg°C]	[W/m°C]	[Kj/m2°C]	[m2°C/W]
Capa	Espesor	Densid.	Calor E.	Conduct.	Capacid.	Resist.
Total	0.2				321.2	0.262
1.	0.02	2000	1	1.2	40.	0.017
2.	0.14	1800	0.9	0.814	226.8	0.172
3.	0.02	2000	1	1.2	40.	0.017
4.	0.02	800.	0.9	0.35	14.4	0.057

Flujos de calor:

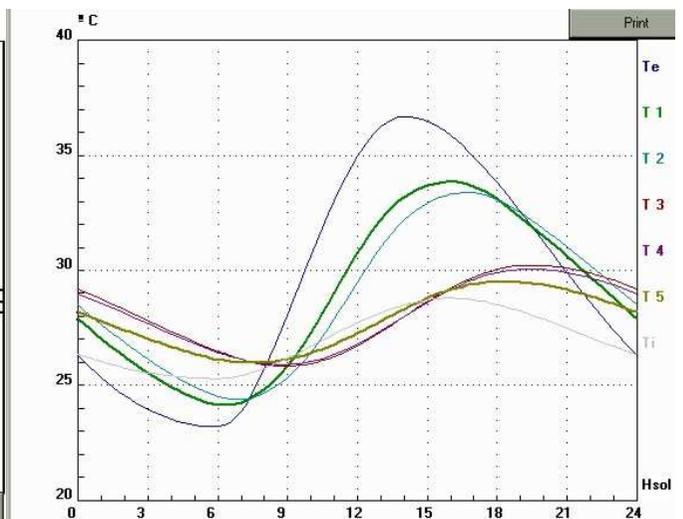
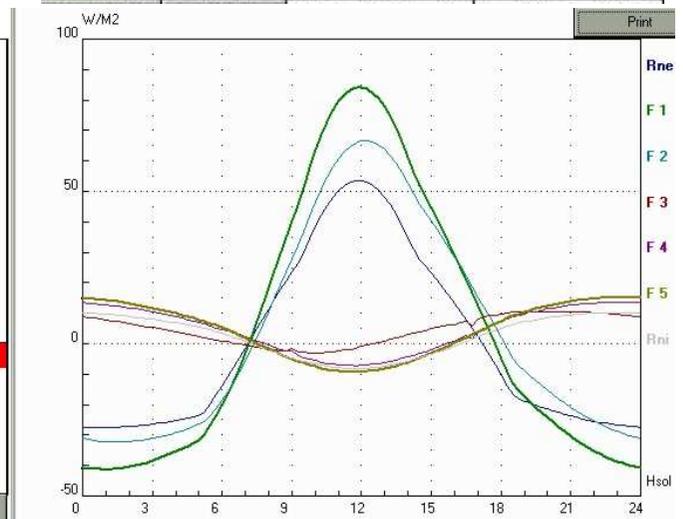
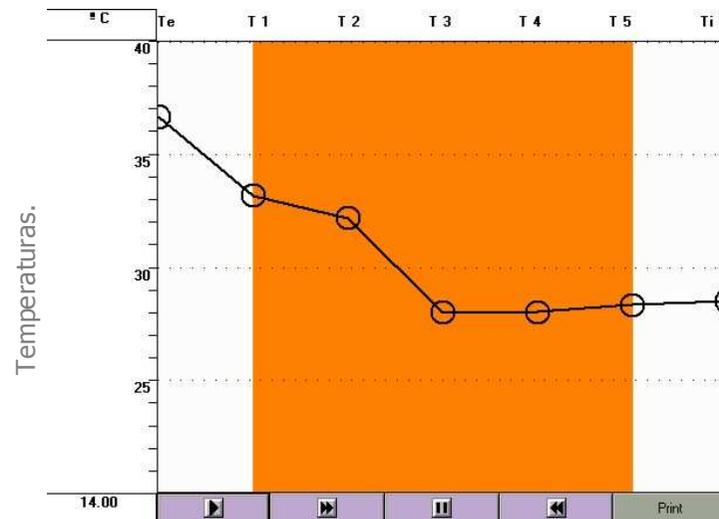
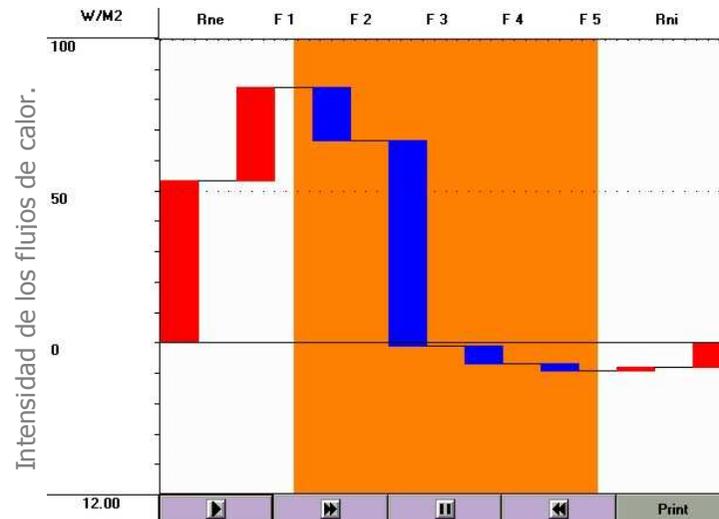
Resum	Rne	F1	F2	F3	F4	F5	Rni
Minimo	-27.52	-41.32	-32.33	-3.07	-7.19	-9.27	-8.15
H.Min	0.75	1.00	1.25	9.75	11.75	11.75	11.75
Maximo	53.52	84.29	66.72	10.62	13.66	15.15	10.23
H.Max	12.00	12.00	12.25	20.00	23.00	23.00	23.00
Difere	81.04	125.61	99.05	13.69	20.85	24.42	18.38
MEDIA	-0.33	4.06	4.16	4.57	4.62	4.60	2.53

Temperaturas:

Resum	Te	T1	T2	T3	T4	T5	Ti
Minimo	23.20	24.15	24.40	25.85	25.90	25.97	25.30
H.Min	5.75	6.25	6.75	9.00	8.75	7.50	5.75
Maximo	36.70	33.84	33.38	30.23	30.05	29.50	28.80
H.Max	14.00	16.00	16.75	19.50	19.50	18.25	15.75
Difere	13.50	9.69	8.98	4.38	4.15	3.53	3.50
MEDIA	29.56	28.94	28.88	28.12	28.04	27.78	26.97

V-m

Cerramientos verticales con tabique de arcilla y acabados (cem.-arena, yesos).
 T. media=28.4°C. / Retardo=2.25 H. / Amortiguación=36.4% / F. medio=4.6 W/m²



Temperaturas y flujos de calor:

Resum	Rne	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11	Rni
Minimo	-74.92	-142.52	-29.17	-24.11	-15.63	-11.69	-9.17	-9.06	-8.19	-2.60	-4.02	-4.22	-3.84
H.Min	18.75	17.75	21.00	21.75	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50	12.75	13.50	14.50	14.00
Maximo	628.50	161.67	69.27	60.62	30.27	22.26	21.49	21.43	20.49	12.22	13.86	14.21	11.85
H.Max	11.75	10.00	12.00	12.50	14.25	17.50	17.50	17.50	17.50	3.25	5.25	3.25	3.25
Difere	703.42	304.19	98.43	84.73	45.90	33.95	30.66	30.49	28.68	14.82	17.88	18.44	15.69
MEDIA	171.74	4.82	5.14	5.18	5.36	5.44	5.48	5.48	5.49	5.52	5.53	5.93	4.80

Resum	Te	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	Ti
Minimo	23.20	21.93	25.27	26.11	26.79	27.16	27.21	28.10	28.04	27.87	27.81	27.31	25.30
H.Min	5.75	5.25	6.25	6.75	7.25	8.00	8.00	10.25	11.00	10.50	9.50	6.75	5.75
Maximo	36.70	56.00	46.99	44.92	43.04	41.19	40.64	30.04	29.72	29.11	28.97	28.74	28.80
H.Max	14.00	13.00	15.25	16.00	17.25	18.00	18.00	21.00	22.25	22.00	21.50	17.75	15.75
Difere	13.50	34.07	21.72	18.81	16.25	14.04	13.42	1.94	1.68	1.24	1.16	1.44	3.50
MEDIA	29.56	36.06	35.42	35.10	34.64	33.96	33.73	29.13	28.94	28.51	28.41	28.08	26.97

Nombre-> **Cubierta vegetal**

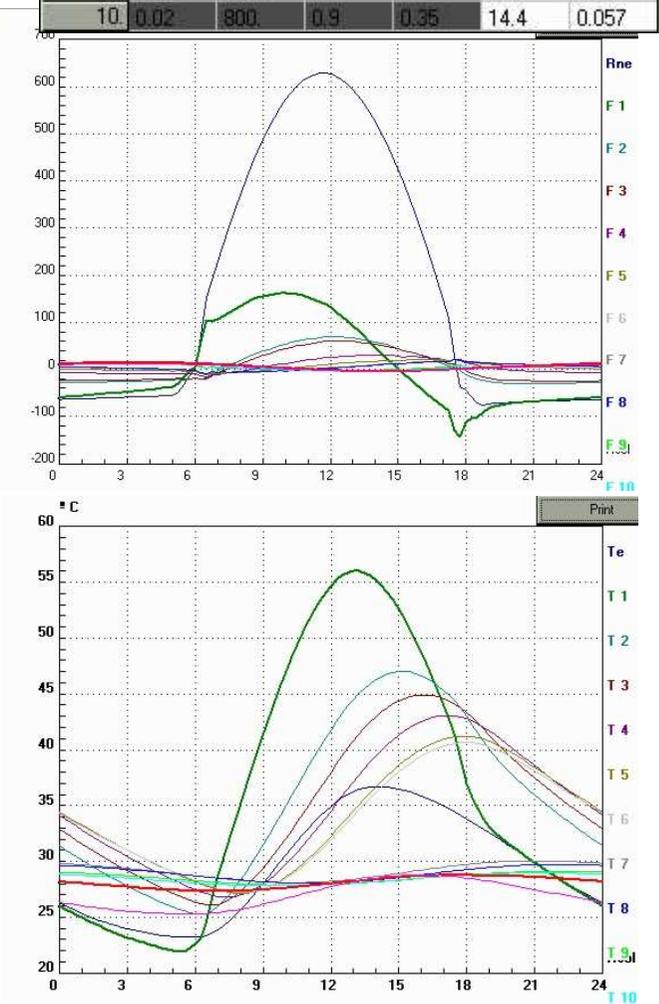
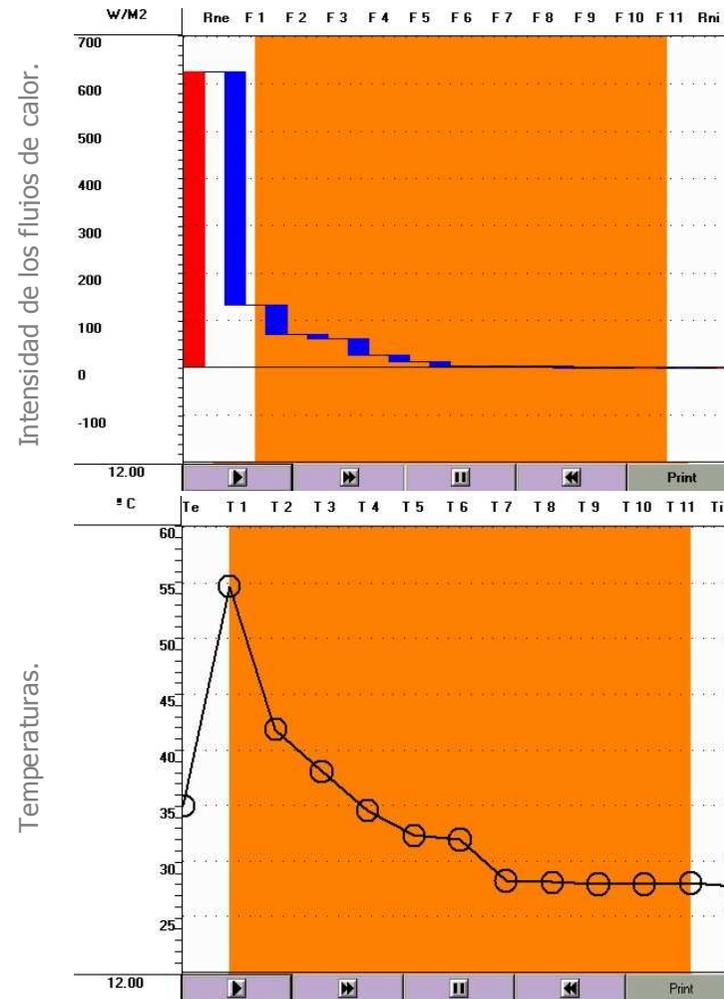
Superficies: Absortan. Emitancia Rugosidad:

Nº Capas: Exterior-> .9 .95 2.5 Interior-> .1 .9 9

[Nº] [metros] [Kg/m3] [Kj/Kg°C] [W/m²C] [Kj/m²C] [m²C/W]

Capa	Espesor	Densid.	Calor E.	Conduct.	Capacid.	Resist.
Total	0.295				471.3	1.375
1.	0.05	1800	1	0.42	90.	0.119
2.	0.01	1100	1	0.174	11.	0.057
3.	0.03	1500	1	0.37	45.	0.081
4.	0.02	1100	1	0.17	22.	0.118
5.	0.01	1300	1	0.25	13.	0.04
6.	0.025	30	1.2	0.032	0.9	0.781
7.	0.01	1500	1	0.3	15.	0.033
8.	0.1	2200	1	1.4	220.	0.071
9.	0.02	2000	1	1.2	40.	0.017
10.	0.02	800	0.9	0.35	14.4	0.057

V-m
 Cerramientos horizontales para cubiertas vegetales.
 T. media=32°C. / Retardo=4.75 H. / Amortiguación=4.2% / F. medio=5.9 W/m²



El análisis entre las soluciones constructivas para cerramientos de ambas viviendas, expone las diferencias de temperaturas y la transmisión o flujos de calor generados por los elementos que constituyen la envolvente de cada una de las viviendas.

Los resultados de la simulación para los cerramientos verticales que componen la vivienda de referencia muestran que:

En los muros de la fachada principal orientados al Sureste, la temperatura media es 29.3°C., con un retardo térmico de 2.25 h., una amortiguación de la onda de calor del 40% y un flujo medio interior de 9.5 W/m². En los muros que cierran los laterales y la fachada posterior, los datos resultantes presentan una temperatura media de 29.3°C., retardo térmico de 3.00 h., amortiguación del 39.4% y un flujo medio interior de 8.0 W/m².

En los cerramientos horizontales que forman la cubierta, la simulación expone una temperatura media de 28.3°C., retardo de 1.75 h., amortiguación del 28.6% y flujo medio de 0.7 W/m².

Para la vivienda modelo, los cerramientos verticales propuestos en el lateral que se orienta al Norte (muros *pt*)[®], muestran que la temperatura media es de 28.4°C., con retardo térmico de 2.25 h., amortiguación de la onda de calor del 36.4% y flujo medio 4.6 W/m².

No obstante, los valores entre los muros verticales de la casa de referencia y los de la vivienda modelo sobre la fachada Norte son muy similares, los muros con mayor exposición al flujo de energía orientados al Sur, Este y Oeste (muros *pp*) presentan una temperatura media de 28.1°C., un retardo de 3.25 h., amortiguación del 13.7% y flujo medio de 1.7 W/m², aumentando el tiempo de retraso térmico.

Asimismo el análisis de la cubierta propuesta para la casa modelo (tipo vegetal) que muestra una temperatura media de 32°C., un retardo térmico de 4.75 h., amortiguación del 13.7% y flujo medio de 5.9 W/m², también aumenta el tiempo de retraso térmico, lo que mejora el balance térmico en la edificación.

[®] C-7, Vivienda propuesta modelo.
Envolvente, paginas 163 – 165.

Cálculo del consumo de energía en la vivienda modelo:

Con un previo análisis de los gastos históricos de energía en la serie de vivienda seleccionada y de los consumos expresados durante un año 2008 en la vivienda de referencia, se calculó un aproximado en el consumo de energía térmica y eléctrica a utilizar por la vivienda modelo, considerando la demanda total de energía para la iluminación propuesta y aparatos electrodomésticos usados convencionalmente, considerando un consumo de energía térmica para cocción de alimentos y calentamiento de agua similar a la vivienda de referencia.

Mes	Consumo anual de gas L.P.			
	Días	Litros	Costo*	Total
Enero	31	65.0	4.3652	\$283.7
Febrero	28	58.0	4.3652	\$253.2
Marzo	31	62.0	4.3652	\$270.6
Abril	30	61.0	4.3652	\$266.3
Mayo	31	62.0	4.3652	\$270.6
Junio	30	42.0	4.3652	\$183.3
Julio	31	40.0	4.3652	\$174.6
Agosto	31	60.0	4.3652	\$261.9
Septiembre	30	59.0	4.3652	\$257.5
Octubre	31	45.0	4.3652	\$196.4
Noviembre	30	63.0	4.3652	\$275.0
Diciembre	31	61.0	4.3652	\$266.3

Periodos bimensuales	Gasto de la energía eléctrica.		
	Kw./ hora	Electro-domésticos	Iluminación
Diciembre - Febrero	206	180 kw/hr.	26 kw/hr.
Febrero - Abril	155	129 kw/hr.	26 kw/hr.
Abril - Junio	185	159 kw/hr.	26 kw/hr.
Junio - Agosto	162	136 kw/hr.	26 kw/hr.
Agosto - Octubre	232	206 kw/hr.	26 kw/hr.
Octubre - Diciembre	242	216 kw/hr.	26 kw/hr.

Demanda de energía eléctrica en la casa modelo considerando consumos de iluminación y electrodomésticos sin deducir el ahorro de energía por el suministro de los sistemas mixtos.

Demanda de energía eléctrica en la casa modelo considerando consumos para cocción de alimentos y calentamiento de agua sin deducir el ahorro de energía por el suministro de los sistemas mixtos.

* Costo en pesos mexicanos para el año 2008-2009 sin considerar el impuesto al valor agregado.

© El gas L.P. es una mezcla de varios gases: Propano, Propileno, Butano y Butilenos.

273 litros de vapor de gas, se transforman en un litro de gas líquido, y un litro de gas líquido pesa aproximadamente 1/2 kg. (1 ltr. agua = 1 kgr.).

1 kg. de gas L.P. equivale a 13 Kw./h de energía eléctrica o 2 kg. de carbón o 6 kg. de leña o 35 galones de diesel.

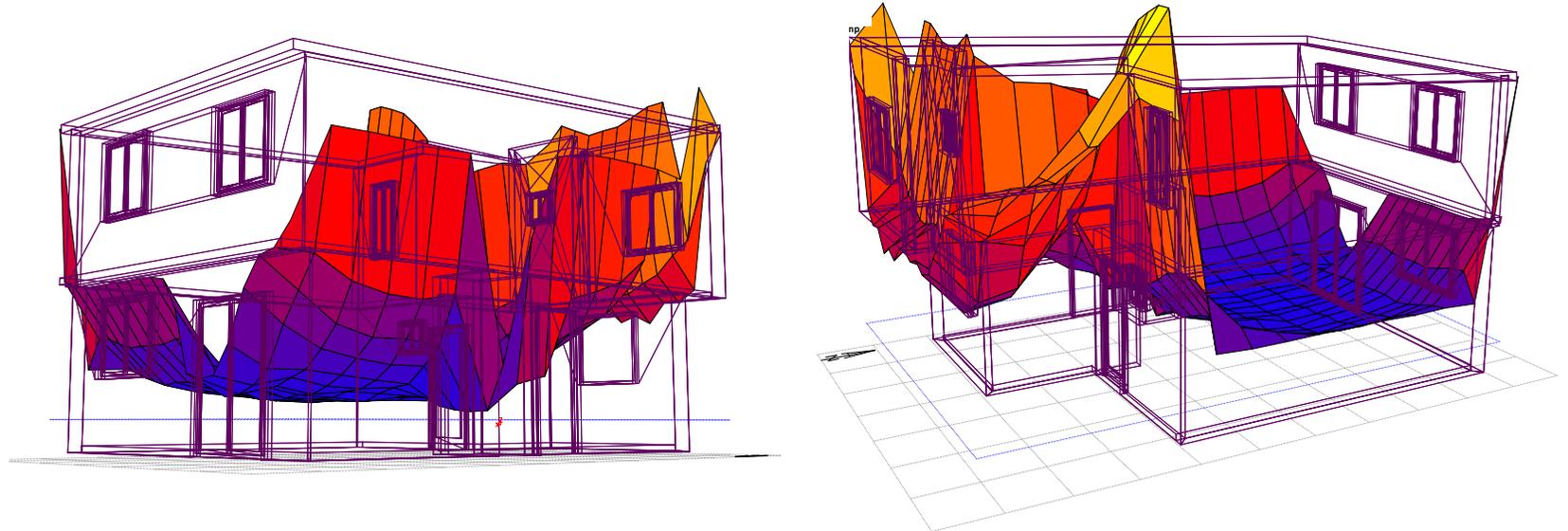
Periodos bimensuales:	Consumo anual de energía eléctrica				
	Días	Kw.h/día	Kw./ hora	Costo*	Total
Diciembre - Febrero	63	3.27	206	1.4399	\$296.6
Febrero - Abril	60	2.58	155	1.4399	\$223.2
Abril - Junio	62	2.98	185	1.4399	\$266.4
Junio - Agosto	61	2.66	162	1.4399	\$233.3
Agosto - Octubre	62	3.74	232	1.4399	\$334.1
Octubre - Diciembre	61	3.97	242	1.4399	\$348.5

El cálculo de consumo energético para la vivienda modelo, exhibe un consumo de 339 Kg. de gas, lo que equivale aproximadamente a 4,407 Kw./h. de energía eléctrica al año.

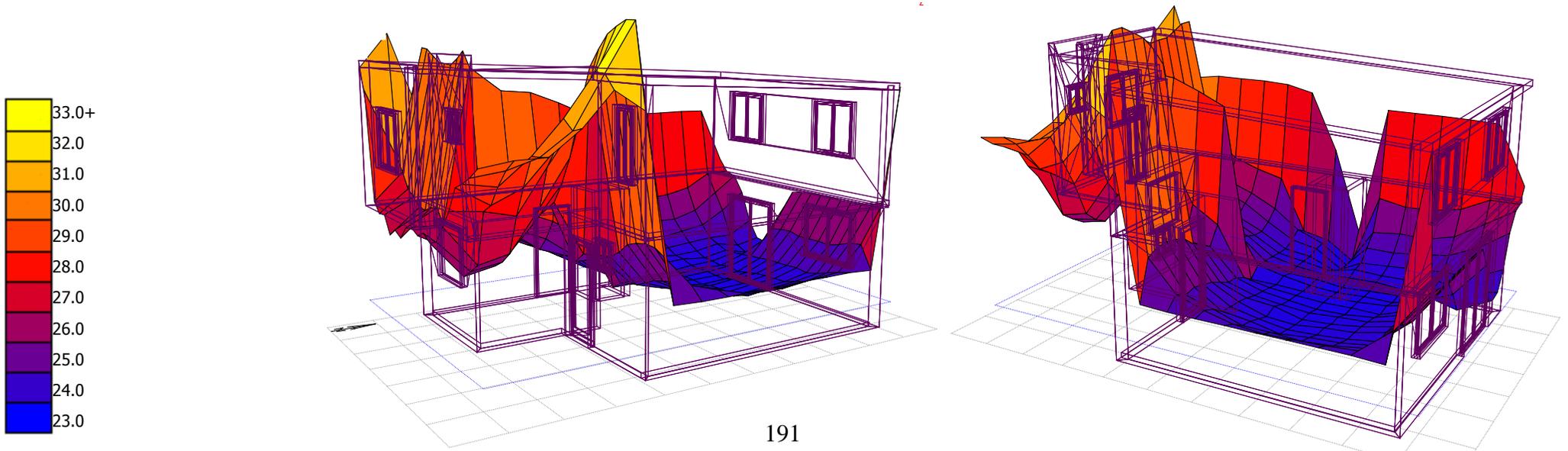
El consumo eléctrico anual sin utilización de sistemas mecánicos para climatizar artificialmente el interior es de 1182 Kw./h.

Simulación térmica de la vivienda de referencia (V-r):

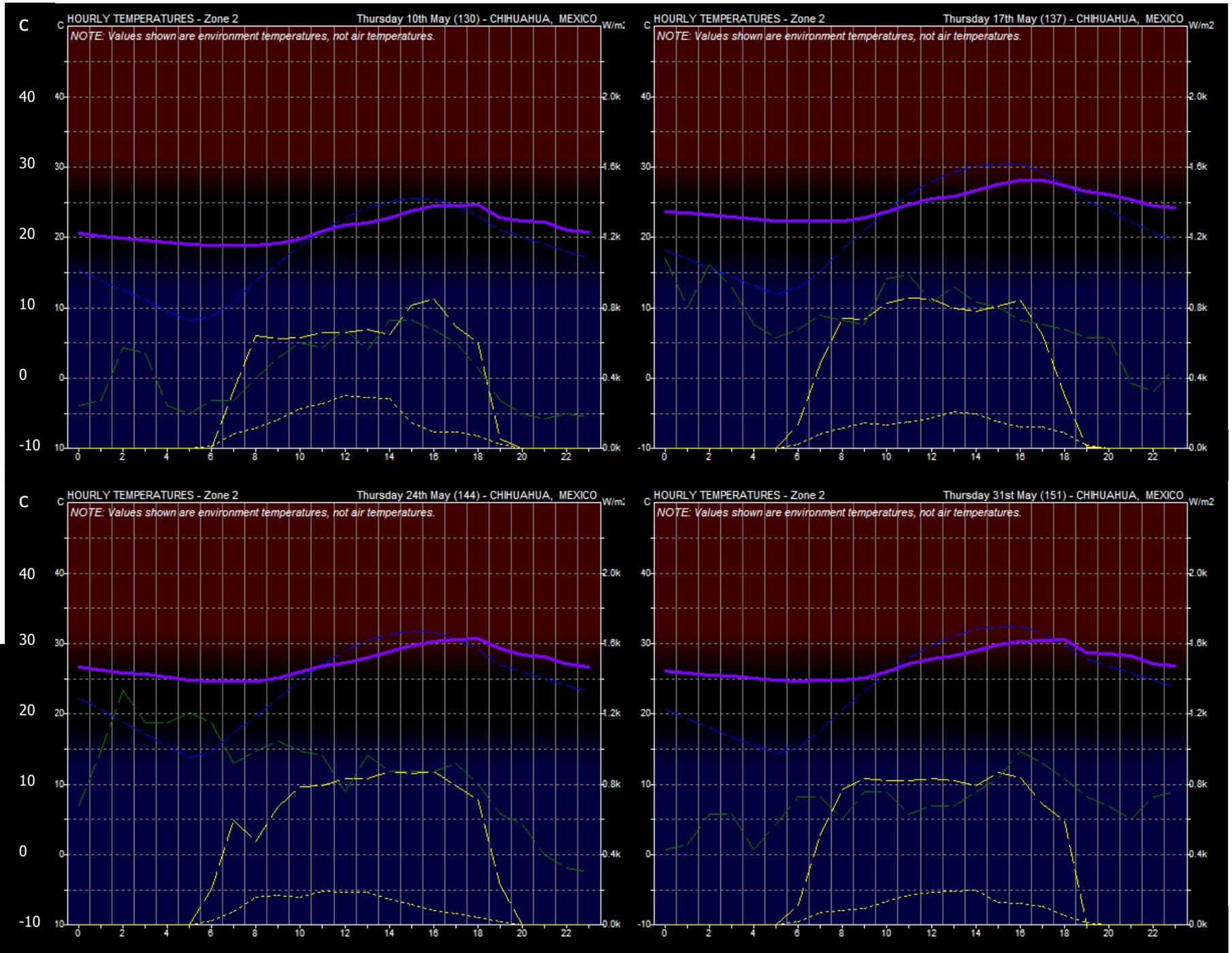
La simulación térmica para la vivienda de referencia aporta parámetros para verificar la certeza del cálculo por software con los resultados de las temperaturas recopiladas con el equipo manual y electrónico.



Representación grafica de temperaturas al interior de la vivienda de referencia en el periodo de verano.

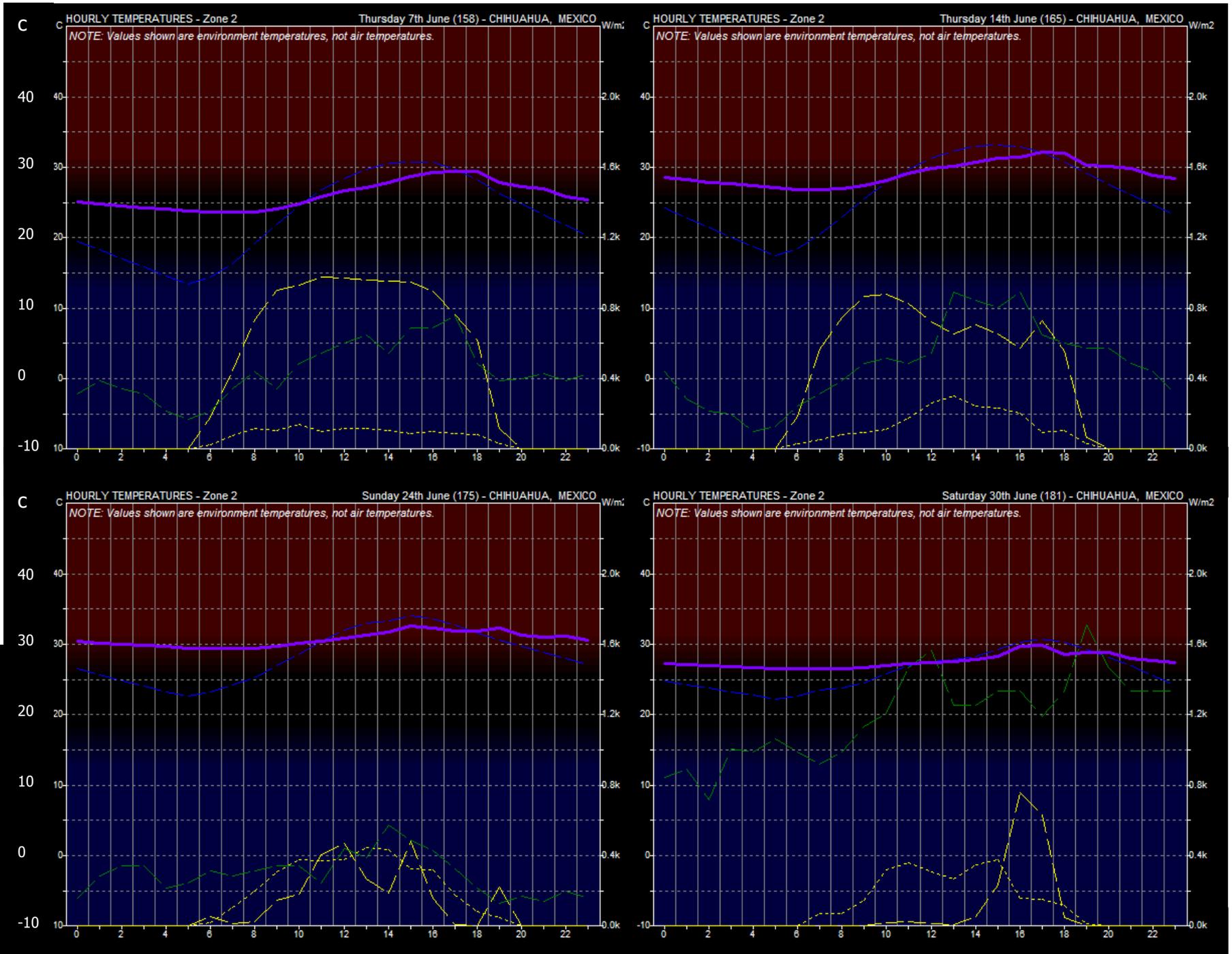


Vivienda de referencia en verano, Mayo.



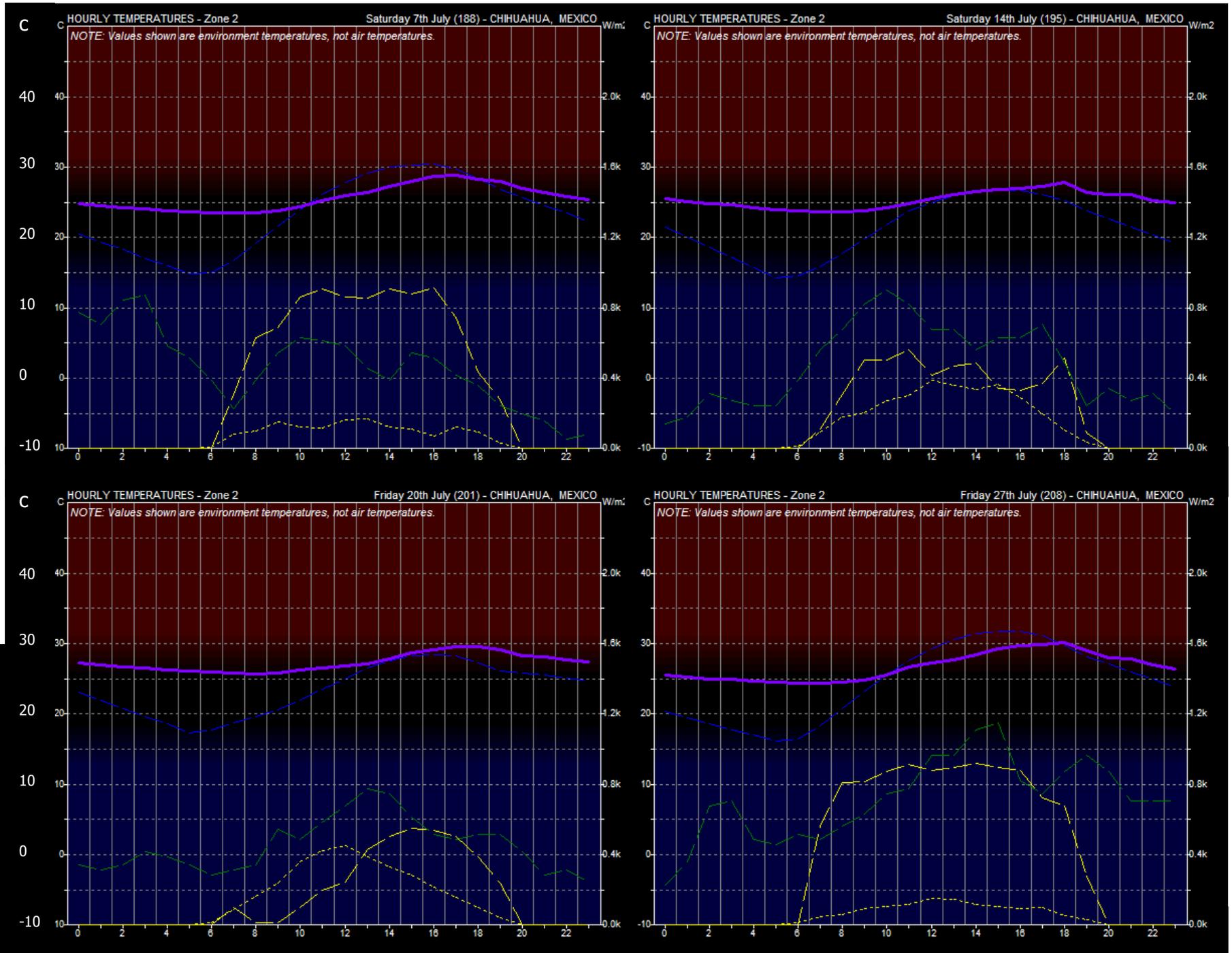
Graficas climáticas para vivienda de referencia Chihuahua, calculadas con Software Ecotect.

Vivienda de referencia en verano, Junio.



Graficas climáticas para vivienda de referencia Chihuahua, calculadas con Software Ecotect.

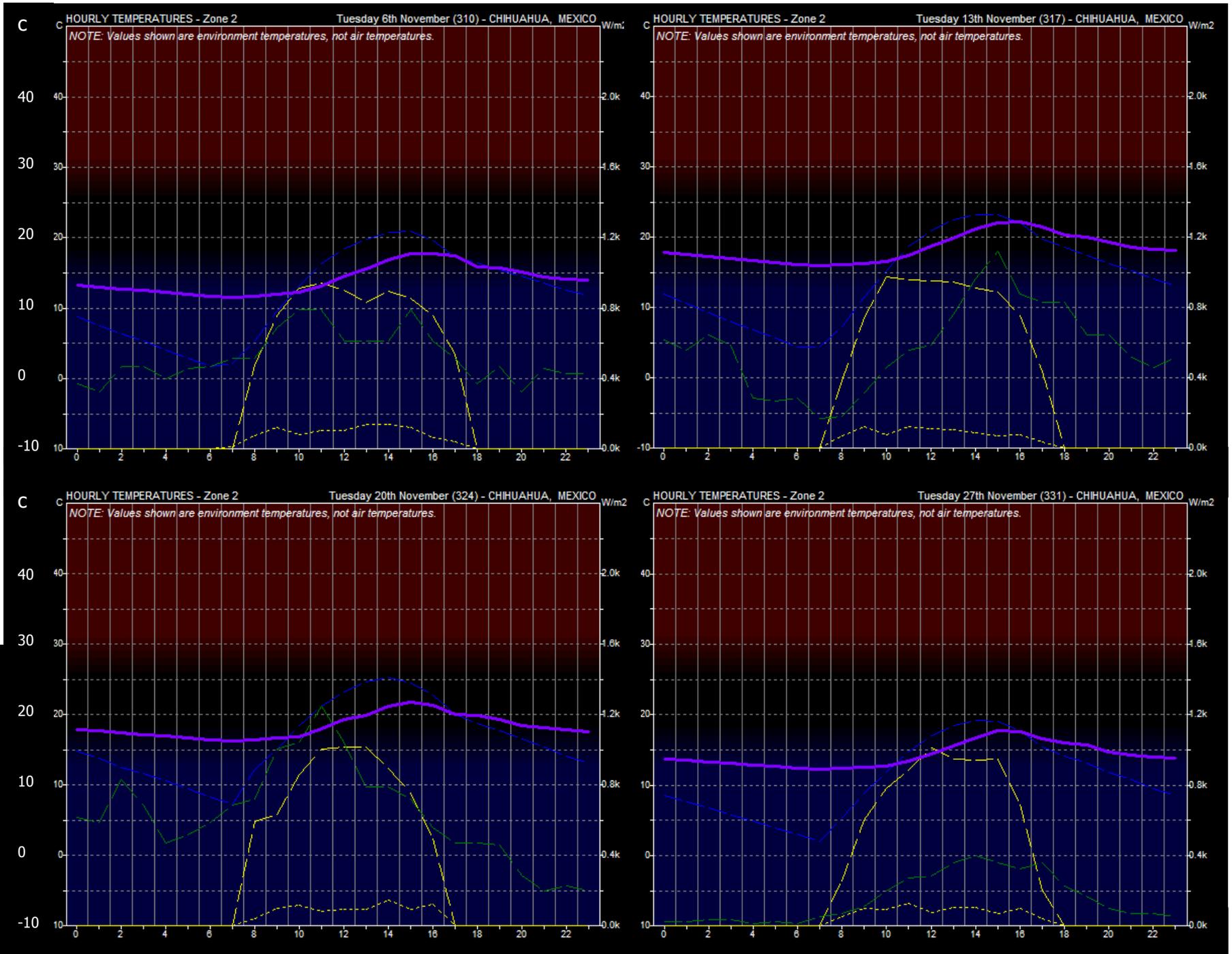
Vivienda de referencia en verano, Julio.



Graficas climáticas para vivienda de referencia Chihuahua, calculadas con Software Ecotect.

- Temperatura zona (interior V-r).
- - - Temperatura exterior.
- - - Radiación directa.
- - - Velocidad del viento.
- - - Radiación difusa.

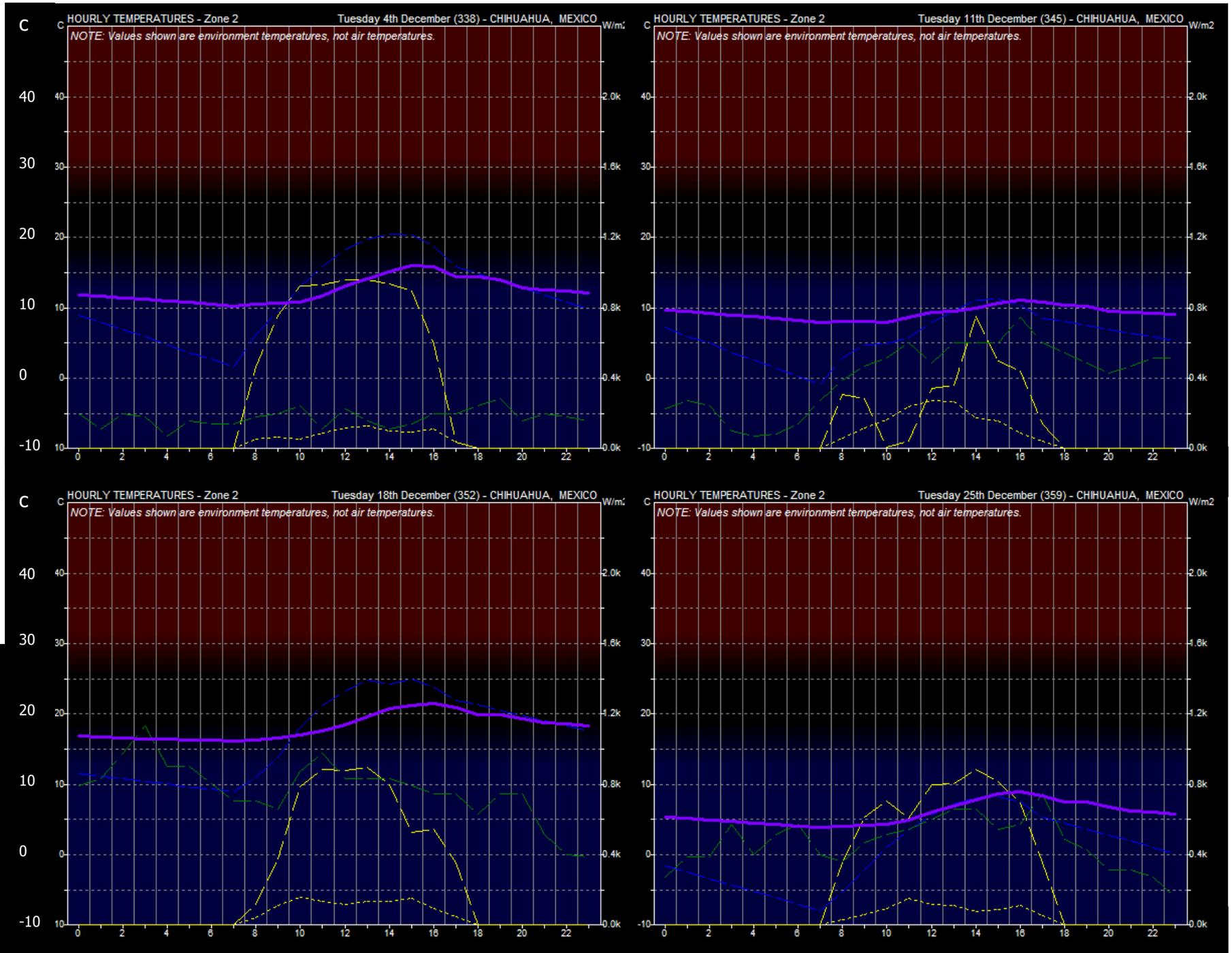
Vivienda de referencia en invierno, Noviembre.



Graficas climáticas para vivienda de referencia Chihuahua, calculadas con Software Ecotect.

- Temperatura zona (interior V-r).
- - - Temperatura exterior.
- - - Radiación directa.
- Velocidad del viento.
- - - Radiación difusa.

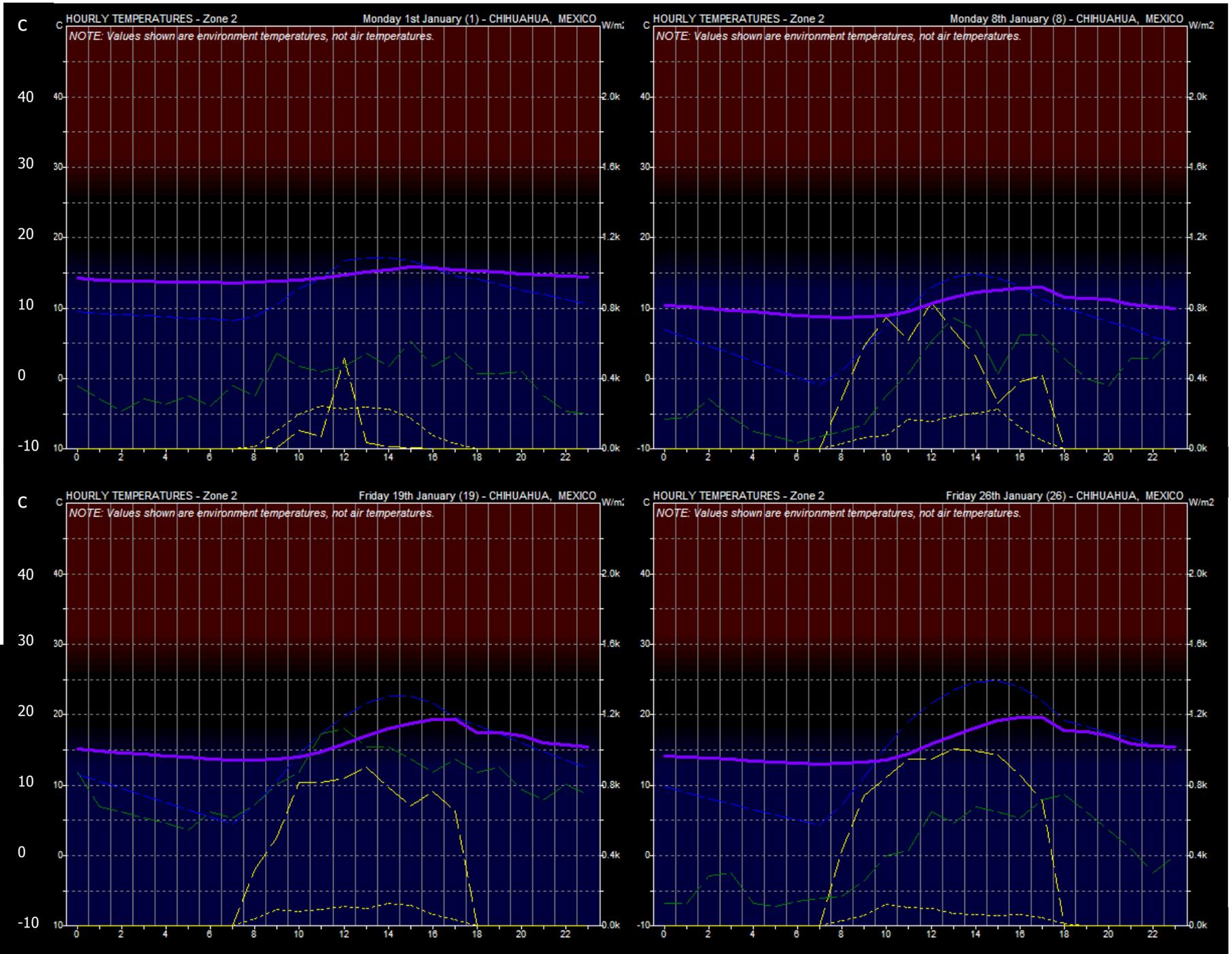
Vivienda de referencia en invierno, Diciembre.



Graficas climáticas para vivienda de referencia Chihuahua, calculadas con Software Ecotect.

- Temperatura zona (interior V-r).
- - - Temperatura exterior.
- - - Radiación directa.
- - - Velocidad del viento.
- - - Radiación difusa.

Vivienda de referencia en invierno, Enero.

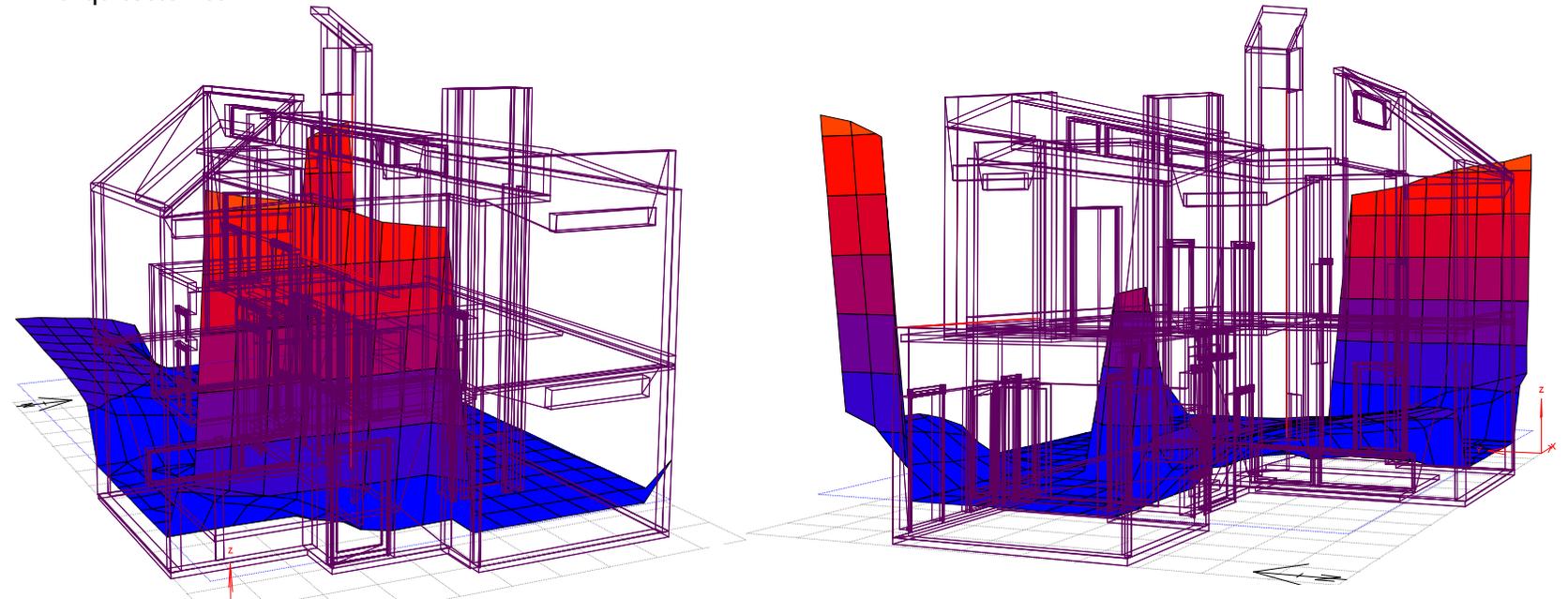


Graficas climáticas para vivienda de referencia Chihuahua, calculadas con Software Ecotect.

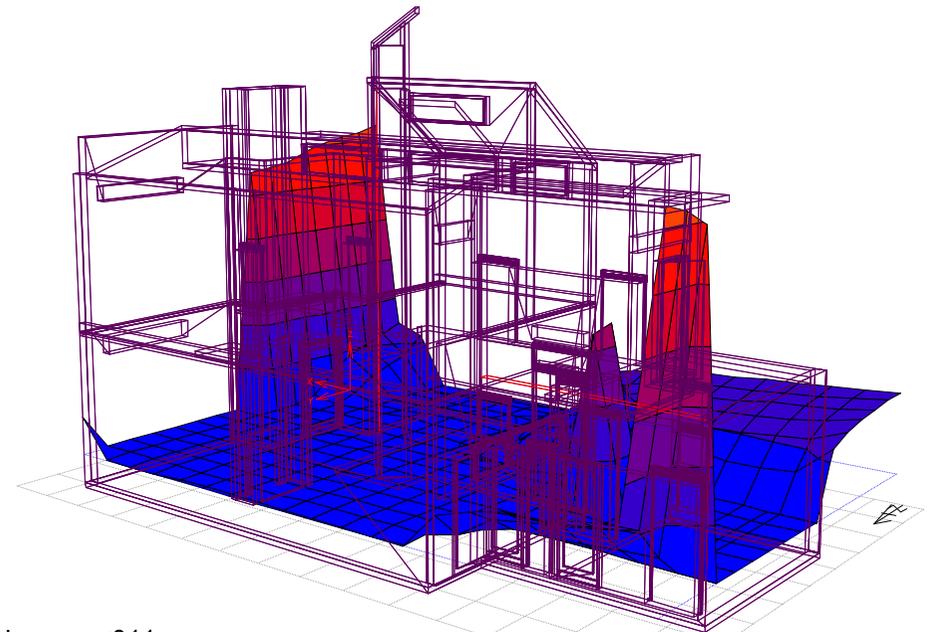
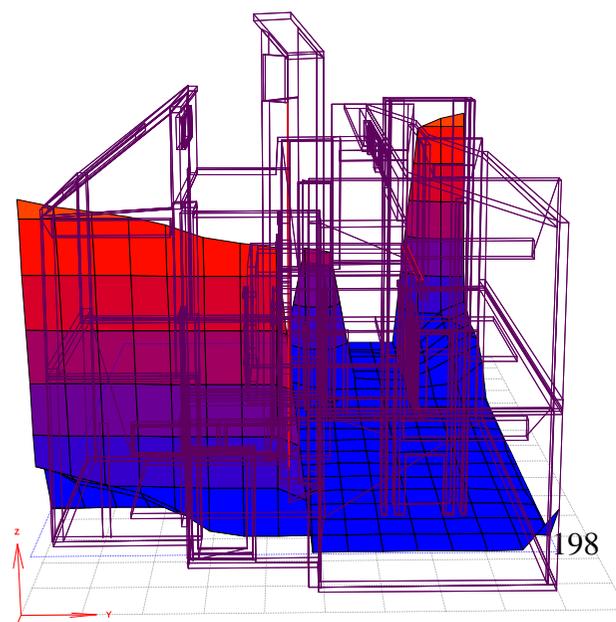
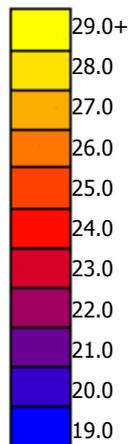
- Temperatura zona (interior V-r).
- - - Temperatura exterior.
- - - Radiación directa.
- - - Velocidad del viento.
- - - Radiación difusa.

Simulación térmica de la vivienda modelo (V-m):

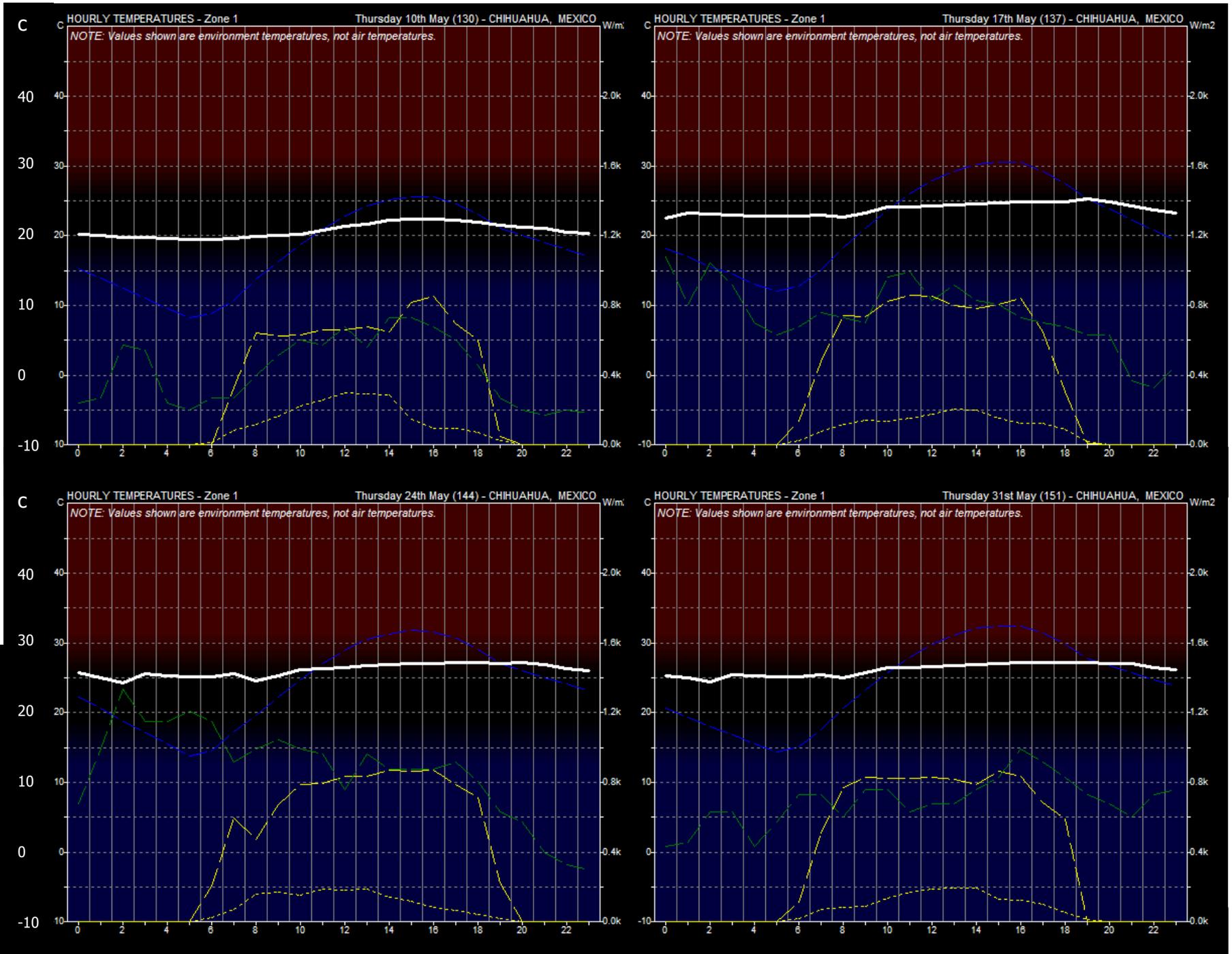
Para simular térmicamente a la vivienda modelo se contemplaron las particularidades la envolvente y el diseño arquitectónico.



Representación grafica de temperaturas mínimas al interior de la vivienda modelo en el periodo de verano.



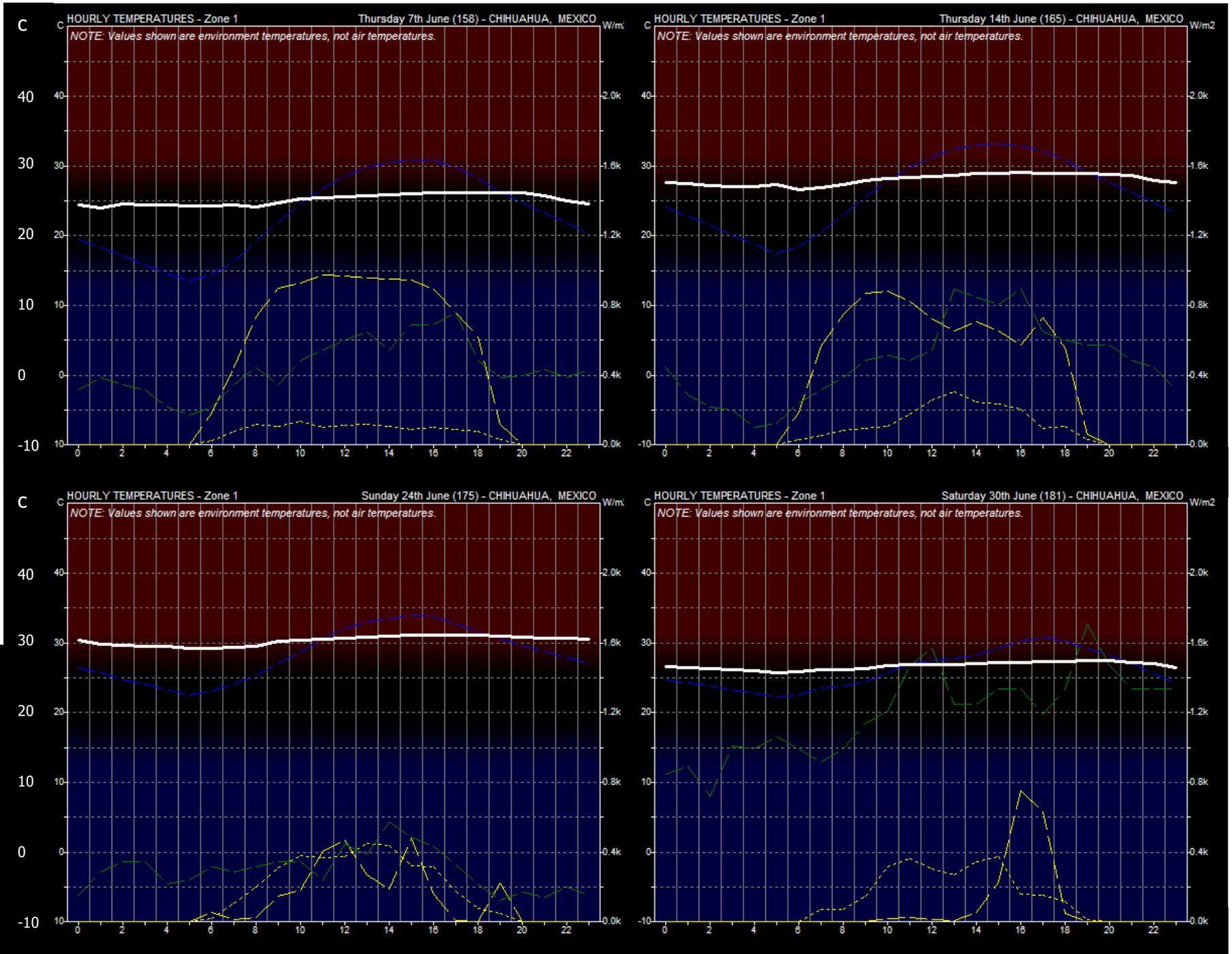
Vivienda modelo en verano, Mayo.



Graficas climáticas para vivienda de referencia Chihuahua, calculadas con Software Ecotect.

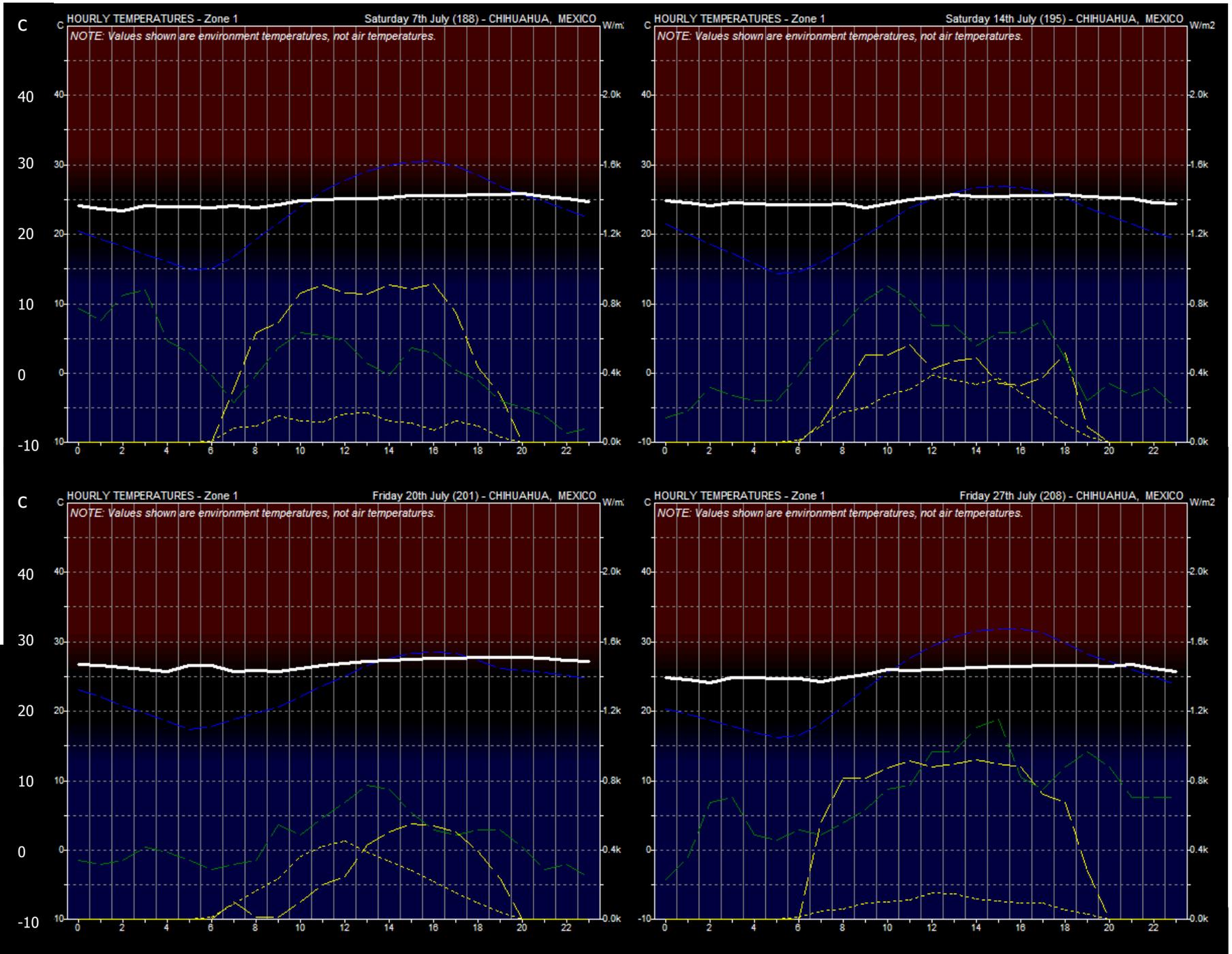
- Temperatura zona (interior V-m).
- - - Temperatura exterior.
- - - Radiación directa.
- - - Velocidad del viento.
- - - Radiación difusa.

Vivienda modelo en verano, Junio.



Graficas climáticas para vivienda de referencia Chihuahua, calculadas con Software Ecotect.

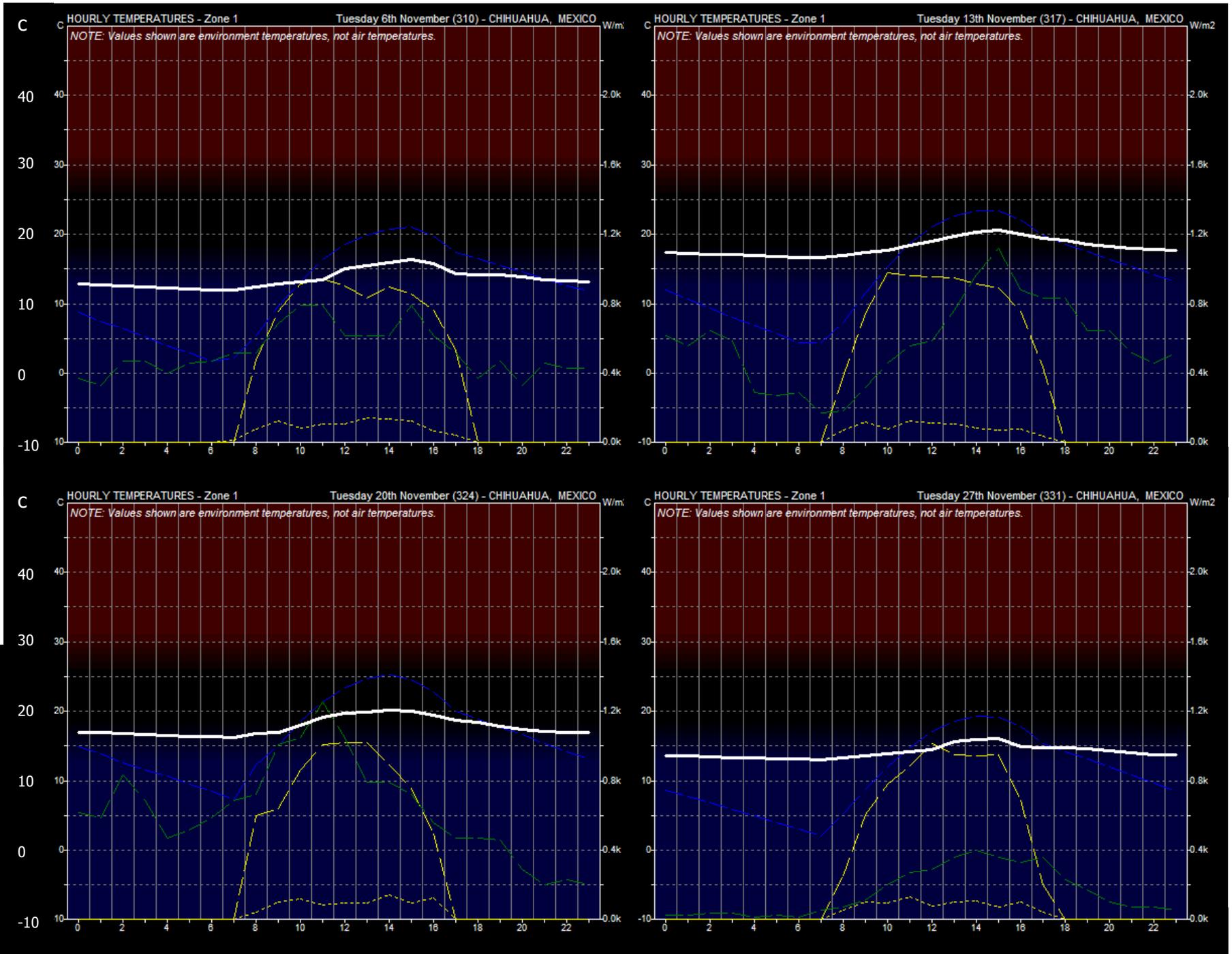
Vivienda modelo en verano, Julio.



Graficas climáticas para vivienda de referencia Chihuahua, calculadas con Software Ecotect.

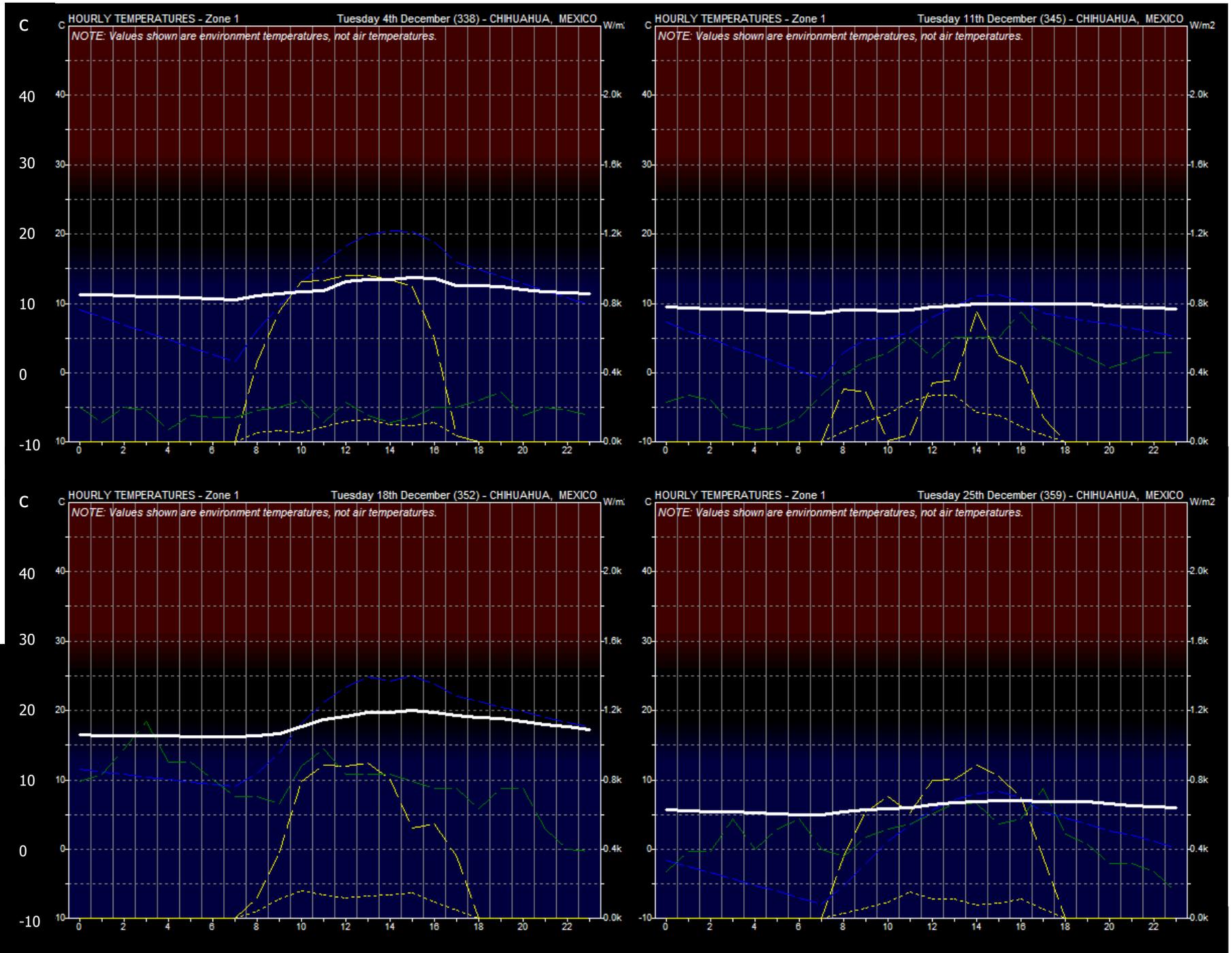
- Temperatura zona (interior V-m).
- - - Temperatura exterior.
- - - Radiación directa.
- - - Velocidad del viento.
- - - Radiación difusa.

Vivienda modelo en invierno, Noviembre.



Graficas climáticas para vivienda de referencia Chihuahua, calculadas con Software Ecotect.

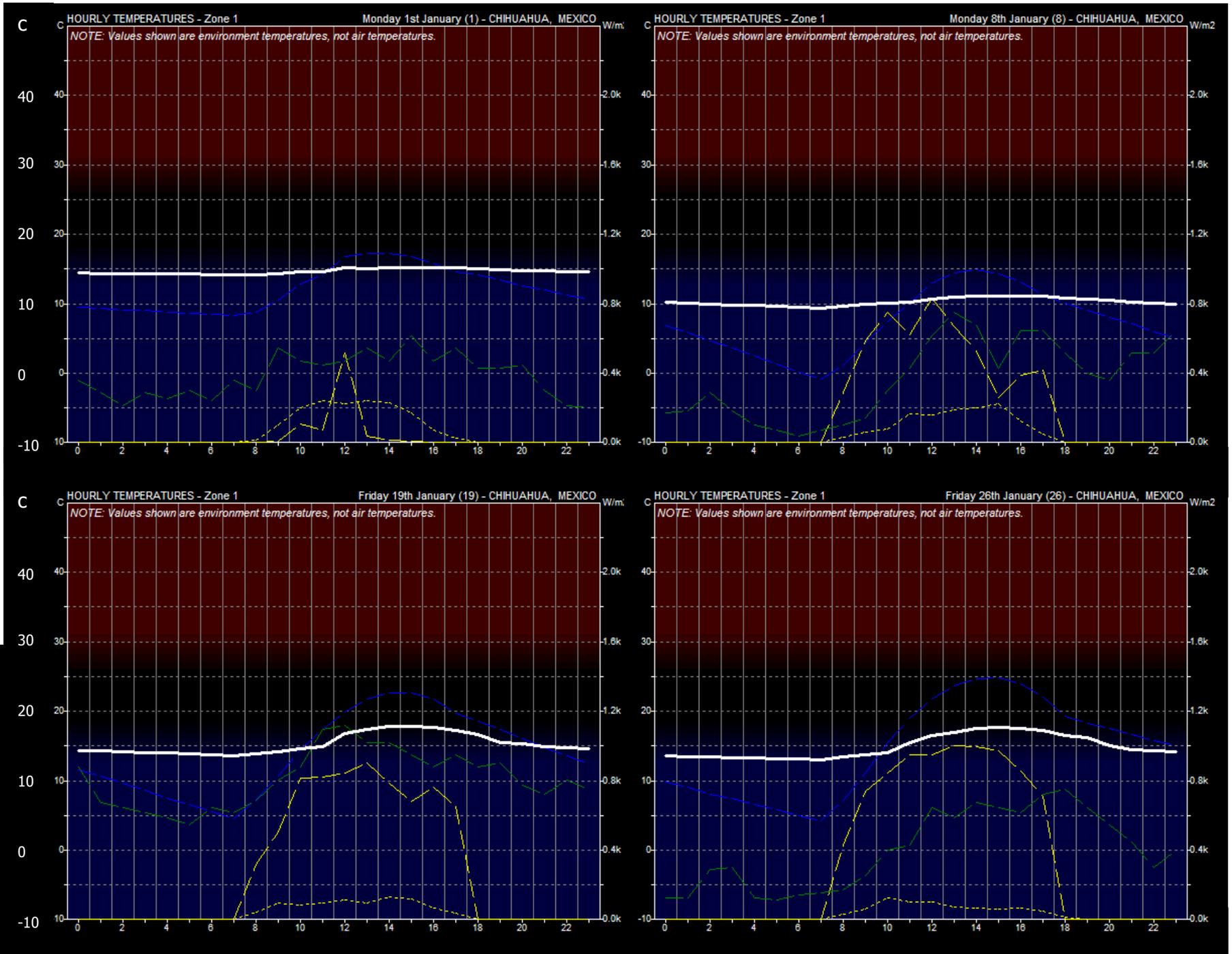
Vivienda modelo en invierno, Diciembre.



Graficas climáticas para vivienda de referencia Chihuahua, calculadas con Software Ecotect.

- Temperatura zona (interior V-m).
- - - Temperatura exterior.
- - - Radiación directa.
- - - Velocidad del viento.
- - - Radiación difusa.

Vivienda modelo en invierno, Enero.



Graficas climáticas para vivienda de referencia Chihuahua, calculadas con Software Ecotect.

- Temperatura zona (interior V-m).
- - - Temperatura exterior.
- - - Radiación directa.
- - - Velocidad del viento.
- - - Radiación difusa.

Para las simulaciones térmicas realizadas para las viviendas de referencia y modelo se considero la base de datos climáticos de Meteonorm[^] del "Global Meteorological Database for Engineers, Planners and Education" para la ciudad de Chihuahua y el software Ecotect (Autodesk Software by Building Analysis for Designers), los resultados presentan las temperaturas por variación horaria durante los meses pico de verano e invierno.

Las síntesis gráficas muestran los resultados de varios días representativos de cada mes, para simplificar las comparativas.

Vivienda referencia:

Periodo	Día	Máximas	Mínimas
Mayo	10	26.0° C.	20.0° C.
	17	28.0° C.	23.0° C.
	24	30.0° C.	25.0° C.
	31	30.0° C.	25.0° C.
Junio	7	30.0° C.	24.0° C.
	14	32.0° C.	26.0° C.
	24	32.0° C.	29.0° C.
	30	30.0° C.	27.0° C.
Julio	7	29.0° C.	28.0° C.
	14	28.0° C.	28.0° C.
	20	29.0° C.	26.0° C.
	27	30.0° C.	20.0° C.

Periodo	Día	Máximas	Mínimas
Noviembre	6	17.0° C.	12.0° C.
	13	22.0° C.	16.0° C.
	20	22.0° C.	16.0° C.
	27	18.0° C.	13.0° C.
Diciembre	4	16.0° C.	10.0° C.
	11	11.0° C.	08.0° C.
	18	22.0° C.	16.0° C.
	25	09.0° C.	04.0° C.
Enero	1	16.0° C.	13.0° C.
	8	13.0° C.	08.0° C.
	19	19.0° C.	08.0° C.
	26	19.0° C.	07.0° C.

Temperaturas resultantes de simulación por software con base climática de meteonorm para vivienda de referencia.

La simulación en la casa de referencia expone que durante los tres meses de verano las temperaturas de la vivienda de referencia son más altas que las de la vivienda modelo.

En Mayo y Junio la diferencia promedio de las máximas es de 3.0°C. y para Julio es de 2.0°C., las variaciones diarias en las temperaturas máximas durante el mes de Mayo son de 3.0°C., durante Junio las variaciones horarias diarias son desde 2.0°C. hasta 4.0°C. y desde 1.0°C. hasta 3.0°C. para Julio.

Con las temperaturas mínimas, Mayo y Junio muestran que la diferencia promedio es de 1.5°C. y para Julio solamente de 1.0°C., durante el periodo de Mayo la temperatura en la mayoría de los días resulta semejante, no obstante el día 24

[^] La base climática de Meteonorm mostró las temperaturas mas similares a las mediciones en sitio, no obstante que además se consultaron las bases de clima para software con extensiones .epw y .stat que mostraron temperaturas más altas.

expone una diferencia de hasta 6.0°C. en el transcurso del día, durante Junio las mayor diferencia es de 2.0°C. y la menor es de 1.0°C., mientras que para Julio las variaciones son desde 1.0°C. hasta 4.0°C.

Vivienda modelo:

Periodo	Día	Máximas	Mínimas
Mayo	10	23.0° C.	20.0° C.
	17	25.0° C.	23.0° C.
	24	27.0° C.	19.0° C.
	31	27.0° C.	25.0° C.
Junio	7	26.0° C.	19.0° C.
	14	29.0° C.	22.0° C.
	24	30.0° C.	29.0° C.
	30	27.0° C.	26.0° C.
Julio	7	26.0° C.	24.0° C.
	14	26.0° C.	24.0° C.
	20	28.0° C.	26.0° C.
	27	27.0° C.	19.0° C.

Periodo	Día	Máximas	Mínimas
Noviembre	6	16.0° C.	13.0° C.
	13	21.0° C.	16.0° C.
	20	20.0° C.	16.0° C.
	27	16.0° C.	14.0° C.
Diciembre	4	14.0° C.	11.0° C.
	11	11.0° C.	09.0° C.
	18	20.0° C.	16.0° C.
	25	08.0° C.	07.0° C.
Enero	1	16.0° C.	14.0° C.
	8	12.0° C.	10.0° C.
	19	18.0° C.	09.0° C.
	26	18.0° C.	09.0° C.

Temperaturas resultantes de simulación por software con base climática de meteonorm para vivienda modelo.

La simulación durante el invierno manifiesta que las temperaturas máximas en la casa de referencia son mas altas que en la casa propuesta. Con una diferencia promedio de 1.5°C. durante Noviembre, de 1.0°C. en Diciembre y de 0.75°C. en el periodo de Enero, con oscilaciones desde 0.75°C. hasta 1.5°C. a lo largo de la temporada.

No obstante que las temperaturas máximas en la referencia son más elevadas, las mínimas son relativamente más bajas que en la vivienda modelo. Con una diferencia promedio de 0.5°C. en el mes de Noviembre, de 1.0°C. en Diciembre y de 1.5°C. para Enero; con variaciones durante Noviembre que muestran desde temperaturas similares hasta diferencias de 1.0°C., en tanto los resultados para Diciembre presentan oscilaciones desde 1.0°C. hasta 3.0°C. en algunas fechas, y para los días de Enero la mínima diferencia es de 1.0°C. y la mayor es de 2.0°C.

Considerando los parametros de temperaturas recomendadas* para garantizar la comodidad del usuario en la edificación y los datos resultantes de las simulaciones, la vivienda modelo muestran mayor eficiencia térmica.

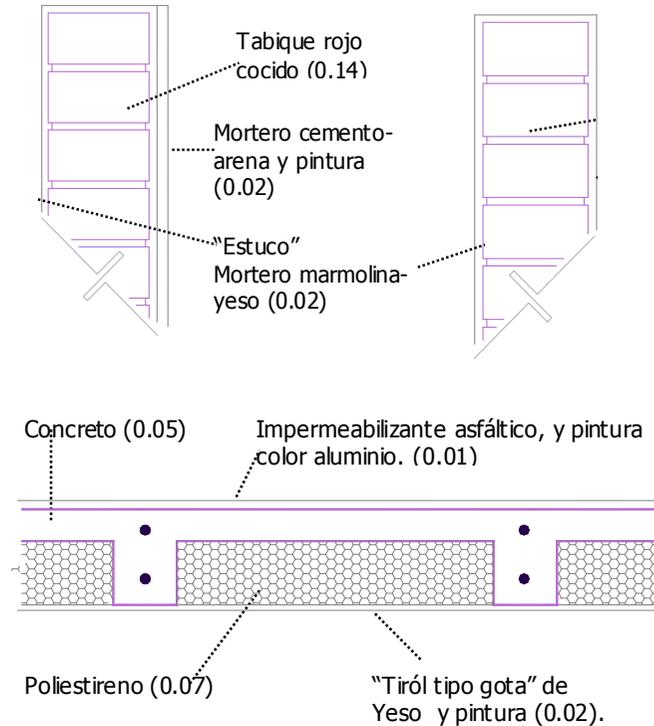
* C-4. Parámetros de temperaturas recomendadas para el espacio interior en Chihuahua, pags. 92-94.

Comparaciones entre viviendas.

Recursos arquitectónicos y envolventes:

La síntesis de los recursos arquitectónicos expone una comparación dimensional entre áreas habitables y la envolvente de las viviendas.

Vivienda referencia (V-r)	Mts.2
Planta baja:	
½ baño	1.61
Cocina	9.27
Comedor	8.77
Estancia	10.41
Recepción (pasillo)	1.85
Jardinera	0.00
Almacén	1.21
Pasillo de escaleras	8.12
Primer nivel o planta alta:	
Dormitorio 1	10.54
Dormitorio 2	11.70
Dormitorio principal	11.70
Baño	3.25
Terraza	0.00
Pasillo	2.23
Exterior:	
Patios y porosidades	74.88
Cajón vehicular (estaciona.)	



Muro fachada:

Coefficiente "K" = 2.6 W/m² °C.
 Resistencia total = 0.39 m² °C/W.
 Peso por m² = 300

Laterales y posterior:

Coefficiente "K" = 2.7 W/m² °C.
 Resistencia total = 0.37 m² °C/W.
 Peso por m² = 295

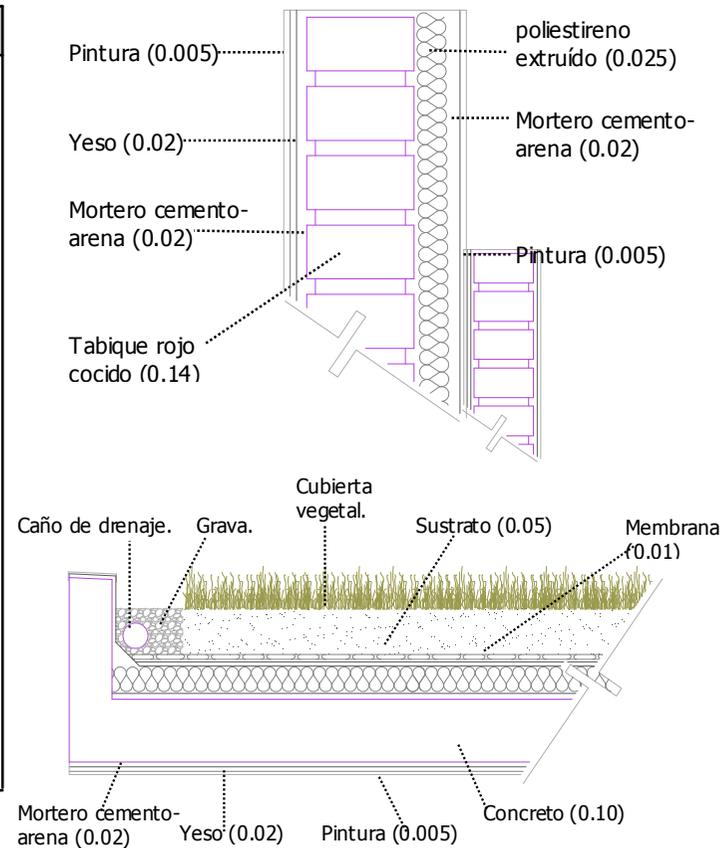
Techos:

Coefficiente "K" = 0.40 W/m² °C.
 Resistencia total = 2.51 m² °C/W.
 Peso por m² = 145.1

Vivienda de referencia:



Vivienda modelo (V-m)	Mts.2
Planta baja:	
½ baño	2.56
Cocina	10.11
Comedor	12.50
Estancia	12.95
Recepción (pasillo)	4.86
Jardinera	2.43
Almacén	3.90
Pasillo de escaleras	8.12
Dormitorio 1	10.33
Primer nivel o planta alta:	
Dormitorio 2	10.92
Dormitorio principal	11.88
Baño	5.10
Terraza	6.50
Pasillo	6.69
Exterior:	
Patios y porosidades	37.26
Cajón vehicular (estaciona.)	0.00



Muros al sur, levante y poniente:
 Coeficiente "K" = 0.80 W/m² °C.
 Resistencia total = 1.26 m² °C/W.
 Peso por m² = 334.75

Muros al norte:
 Coeficiente "K" = 2.10 W/m² °C.
 Resistencia total = 0.48 m² °C/W.
 Peso por m² = 334.00

Techos:
 Coeficiente "K" = 0.65 W/m² °C.
 Resistencia total = 1.55 m² °C/W.
 Peso por m² = 480.75

Vivienda modelo:



Para vivienda modelo:

Escalones:

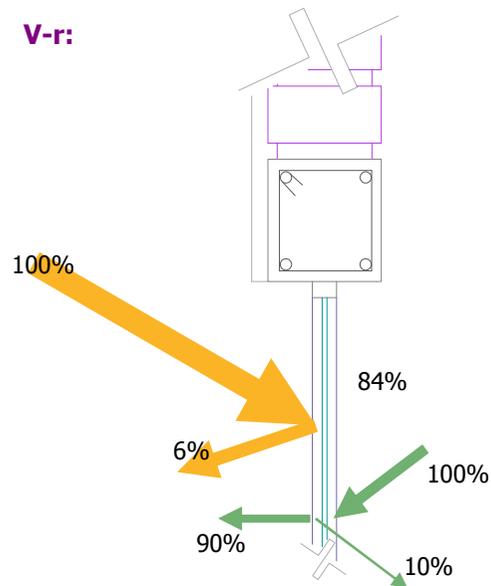
Peralte - .175 x 18 (pzas.) = 3.15 mts.

Huella - .265=.3 (remetimiento) = .295 mts.

Para las edificaciones de la serie de viviendas analizadas como referencia (V-r), los constructores colocan cristales fijos o abatibles simples de 6 mm. y carpinterías de aluminio natural anodizado sin tomar en cuenta los puentes térmicos generados por las uniones.

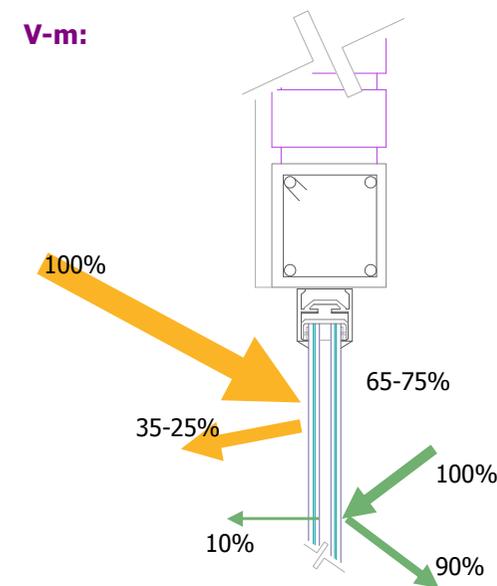
El supuesto de vivienda modelo pretende reducir el coeficiente de transmisión o conductividad térmica (K), aumentando la inercia de las ventanas, además evitar filtraciones (perdidas por puentes).

A diferencia de las elementos utilizados en la V-r., la propuesta de V-m coloca ventanas con cristales dobles con cámara de aire al interior tipo 4-12-4 mm., asimismo procura perfiles de polímeros con rupturas de puentes térmicos para evitar las pérdidas por convección en cavidades.



Descripción:

- Masa = 15 Kg./m².
- Trans. solar = 84%.
- Intensidad de luz visible = 90%.
- Coeficiente de transmisión térmica (K) = 5.7 W/m² °C.
- Factor solar = 0.88 g.
- Transmitancia térmica lineal del marco metálico (carpinterías) (U)= 5.2 W/m²K



Descripción:

- Masa = Entre 20 y30 Kg./m².
- Trans. solar = 65-75%.
- Intensidad de luz visible = 81%.
- Coeficiente de transmisión térmica (K) = 3.1 W/m² °C.
- Factor solar = 0.76 g.
- Transmitancia térmica lineal del marco metálico (carpinterías) (U)= 2.10 W/m²K

Datos comparativos entre los consumos de energía en las viviendas:

La comparación entre consumos de energía integra el gasto resultante durante el periodo anual 2008-2009. En el caso de la vivienda de referencia la relación considera el análisis previo[®] sin incluir el bimestre atípico de consumo excesivo por la utilización del calefactor eléctrico durante Diciembre 2007.

En la vivienda modelo el estudio de los consumos previamente expuestos e integrados para la comparación[®], derivan de la disminución en el consumo energético resultante de propuesta para iluminación y exclusión de los sistemas activos o mecánicos para climatización, puesto que la vivienda propone sistemas pasivos para mejorar la calidad térmica interior.

V-r:

Periodo bimensual:	Consumo de energía eléctrica.				
	Días	Kw.h/día	Kw/h.	Costo*	Total
Diciembre - Febrero	63	3.85	243	1.4399	\$349.3
Febrero - Abril	60	3.20	192	1.4399	\$276.5
Abril - Junio	62	5.45	338	1.4399	\$486.5
Junio - Agosto	61	7.04	429	1.4399	\$618.3
Agosto - Octubre	62	6.20	384	1.4399	\$553.5
Octubre - Diciembre	61	4.57	279	1.4399	\$401.4

V-m:

Periodo bimensual:	Consumo de energía eléctrica.				
	Días	Kw.h/día	Kw/h.	Costo*	Total
Diciembre - Febrero	63	3.27	206	1.4399	\$296.6
Febrero - Abril	60	2.58	155	1.4399	\$223.2
Abril - Junio	62	2.98	185	1.4399	\$266.4
Junio - Agosto	61	2.66	162	1.4399	\$233.3
Agosto - Octubre	62	3.74	232	1.4399	\$334.1
Octubre - Diciembre	61	3.97	242	1.4399	\$348.5

Periodo Mensual:	Consumo de gas y energía.				
	Días	Litros	Kw/h.	Costo*	Total
Enero	31	259.0	1683.5	4.3652	\$1,130.6
Febrero	28	96.0	624.0	4.3652	\$419.1
Marzo	31	62.0	403.0	4.3652	\$270.6
Abril	30	61.0	396.5	4.3652	\$266.3
Mayo	31	62.0	403.0	4.3652	\$270.6
Junio	30	42.0	273.0	4.3652	\$183.3
Julio	31	40.0	260.0	4.3652	\$174.6
Agosto	31	60.0	390.0	4.3652	\$261.9
Septiembre	30	59.0	383.5	4.3652	\$257.5
Octubre	31	45.0	292.5	4.3652	\$196.4
Noviembre	30	65.0	422.5	4.3652	\$283.7
Diciembre	31	190.0	1235.0	4.3652	\$829.4

Periodo Mensual:	Consumo de gas y energía.				
	Días	Litros	Kw/h.	Costo*	Total
Enero	31	65.0	422.5	4.3652	\$283.7
Febrero	28	58.0	377.0	4.3652	\$253.2
Marzo	31	62.0	403.0	4.3652	\$270.6
Abril	30	61.0	396.5	4.3652	\$266.3
Mayo	31	62.0	403.0	4.3652	\$270.6
Junio	30	42.0	273.0	4.3652	\$183.3
Julio	31	40.0	260.0	4.3652	\$174.6
Agosto	31	60.0	390.0	4.3652	\$261.9
Septiembre	30	59.0	383.5	4.3652	\$257.5
Octubre	31	45.0	292.5	4.3652	\$196.4
Noviembre	30	63.0	409.5	4.3652	\$275.0
Diciembre	31	61.0	396.5	4.3652	\$266.3

*Costo en pesos mexicanos para el año 2008-2009 sin considerar tasas adicionales por impuestos.

[®] C-6, Consumo energético y temperaturas en la vivienda de referencia, pág. 126.

[®] C-8, Cálculo del consumo de energía en la vivienda modelo, pág. 190.

Al eliminar la utilización de sistemas mecánicos la disminución en el consumo energético es evidente, lo significativo en el presente estudio es exhibir la diferencia en el consumo, la comparación muestra que la vivienda de referencia consume un 35% más de energía en el periodo invernal, esta diferencia equivale a 2,630 Kw./h. al año, exceso utilizado únicamente para calefaccionar, pues el consumo para cocción de alimentos y calentamiento de agua es similar en ambos casos.

La energía eléctrica necesaria para la activación del “cooler” o sistema para enfriamiento evaporativo que es colocado en la vivienda de referencia representa un consumo eléctrico adicional del 36.5%, lo que equivale a 683 Kw./h. durante el verano del periodo 2008-2009.

Si considerásemos el ultimo bimestre del año del periodo anterior, donde se utilizo un calefactor eléctrico por 10 días a causa de la escasez de gas, resulta que el incremento durante el 2007-2008 fue del 44.5%, esta situación no esta exenta a repetirse en cualquier vivienda, puesto que durante la temporada invernal es común la escasez del hidrocarburo por la demanda.

Comparación entre las temperaturas horarias de las viviendas en los periodos de verano e invierno:

Las comparaciones térmicas muestran las temperaturas por variación horaria en varios días de los meses pico, verano e invierno. La primera comparación sintetiza los datos resultantes del monitoreo en la vivienda de referencia con los Hobos y el psicómetro® durante el verano, cotejándolas con las temperaturas de la simulación con software.

La segunda comparación muestra los datos entre las mediciones de campo con psicómetro y las temperaturas resultantes de la simulación con software para el periodo de invierno en la casa de referencia.

La tercera comparación expone las temperaturas de verano e invierno resultantes de la simulación con software entre la vivienda de referencia y la vivienda modelo. Las comparaciones de temperaturas muestran los resultados del monitoreo y análisis gráfico de varios días seleccionados previamente como representativos de cada mes.

V-r. Primera comparación:

Periodo	Día	Máximas			Mínimas		
		Estancia	Cubo escalera	Alcoba	Estancia	Cubo escalera	Alcoba
Mayo	10	28.3º C.	29.10º C.	30.3º C.	25.2º C.	26.3º C.	27.2º C.
	17	26.0º C.	26.0º C.	27.0º C.	23.6º C.	23.2º C.	23.2º C.
	24	25.0º C.	25.0º C.	26.0º C.	22.0º C.	22.0º C.	23.0º C.
	31	26.7º C.	26.0º C.	27.0º C.	23.0º C.	24.0º C.	26.0º C.
Junio	7	28.0º C.	28.0º C.	29.0º C.	25.0º C.	26.0º C.	26.0º C.
	14	29.0º C.	29.0º C.	30.0º C.	26.0º C.	26.5º C.	28.0º C.
	24	26.0º C.	26.0º C.	27.0º C.	23.0º C.	23.0º C.	23.5º C.
	30	25.0º C.	25.5º C.	26.5º C.	23.0º C.	24.0º C.	24.5º C.
Julio	7	26.5º C.	27.0º C.	28.0º C.	23.5º C.	23.5º C.	24.0º C.
	14	27.0º C.	28.0º C.	28.7º C.	23.5º C.	24.0º C.	24.0º C.
	20	26.5º C.	27.0º C.	27.5º C.	23.0º C.	24.5º C.	24.5º C.
	27	27.0º C.	27.0º C.	28.0º C.	24.5º C.	24.5º C.	25.6º C.

Periodo	Día	Máximas	Mínimas
Mayo	10	26.0º C.	21.0º C.
	17	28.0º C.	23.0º C.
	24	30.0º C.	25.0º C.
	31	30.0º C.	25.0º C.
Junio	7	30.0º C.	24.0º C.
	14	32.0º C.	26.0º C.
	24	31.0º C.	28.0º C.
	30	30.0º C.	27.0º C.
Julio	7	29.0º C.	28.0º C.
	14	28.0º C.	28.0º C.
	20	29.0º C.	26.0º C.
	27	30.0º C.	20.0º C.

® C-6, Consumo energético y temperaturas en la vivienda de referencia, págs. 129 y 130.

Temperaturas resultantes de las mediciones con equipo en el sitio (Hobos-Psicómetro), para las tres zonas al interior de la vivienda de referencia.

Síntesis de temperaturas horarias con software Ecotect y base climática de Meteororm para el periodo de verano.

Los resultados muestran que para el mes de Mayo la diferencia en las temperaturas promedio es de 2.5 °C. en las máximas con días en donde la menor diferencia es de 1.0 °C. y la mayor es de 4 °C.; el promedio para las mínimas es de 1.8 °C., en donde la menor diferencia es de 0.2 °C. y la mayor es de 4.2 °C. Durante este mes las temperaturas más elevadas las expone la simulación térmica.

Durante Junio la diferencia promedio de las máximas es de 2.6 °C. con variaciones desde 1.0 °C. hasta 4.0 °C. según el día; para las mínimas la diferencia promedio es de 2.0 °C. con días donde las temperaturas son similares hasta días con una variación de 4.0 °C. Durante este periodo las temperaturas mas elevadas resultan de medicion en sitio.

En el mes de Julio, para esta primera comparación, la diferencia promedio de las máximas es de 1.0 °C., con días donde las temperaturas son similares, hasta días que difieren por 4.0 °C.; el promedio para las mínimas es de 3.5 °C., en donde la menor diferencia es de 1.5 °C. y la mayor es de 4.0 °C. Durante el periodo de Julio las temperaturas mas elevadas son las que resultan de la simulación térmica.

V-r. Segunda comparación:

Periodo	Día	Máximas	Mínimas
Noviembre	6	19.0° C.	10.0° C.
	13	18.0° C.	14.0° C.
	20	19.0° C.	14.0° C.
	27	18.0° C.	09.0° C.
Diciembre	4	15.0° C.	07.0° C.
	11	15.0° C.	09.0° C.
	18	17.0° C.	11.0° C.
	25	11.0° C.	05.0° C.
Enero	1	16.0° C.	10.0° C.
	8	16.0° C.	06.0° C.
	19	16.0° C.	06.0° C.
	26	17.0° C.	07.0° C.

Temperaturas recopiladas en el sitio para vivienda de referencia con equipo manual (Psicómetro), para el periodo invernal.

Periodo	Día	Máximas	Mínimas
Noviembre	6	17.0° C.	12.0° C.
	13	22.0° C.	16.0° C.
	20	22.0° C.	16.0° C.
	27	18.0° C.	13.0° C.
Diciembre	4	16.0° C.	10.0° C.
	11	11.0° C.	08.0° C.
	18	22.0° C.	16.0° C.
	25	09.0° C.	04.0° C.
Enero	1	16.0° C.	13.0° C.
	8	13.0° C.	08.0° C.
	19	19.0° C.	08.0° C.
	26	19.0° C.	07.0° C.

Síntesis de las temperaturas de simulación por software para vivienda de referencia con base climática de meteonorm.

Para la segunda comparación, se considero las temperaturas medidas en sitio y los resultados de la simulación por software durante el invierno, en Noviembre la diferencia promedio de las máximas es de 2.0 °C. con días en donde los resultados son semejantes, hasta días en donde la diferencia es de 4.0 °C.; el promedio de las mínimas es de 2.5 °C., donde la menor diferencia es de 0.2 °C. y la mayor es de 4.0 °C. Durante este mes las temperaturas mas elevadas las expone la simulación térmica.

Durante Diciembre la diferencia promedio de las máximas es de 3.0 °C. con variaciones desde 1.0 °C. hasta de 5.0 °C. en algunas horas del día; para las mínimas la diferencia promedio es de 2.5 °C., con algunos días en donde la menor diferencia es de 1.0 °C. y la mayor es de 5.0 °C. En este periodo las temperaturas mas elevadas resultan de la simulación térmica.

En el mes de Enero, la diferencia promedio para las máximas y las mínimas es de 2.0 °C., con días en donde los resultados son similares, hasta días en donde difieren por 2.0 °C. En Enero las temperaturas mas elevadas son las de la simulación térmica.

V-r y V-m. Tercera comparación:

Periodo	Día	Máximas	Mínimas
Mayo	10	26.0° C.	20.0° C.
	17	28.0° C.	23.0° C.
	24	30.0° C.	25.0° C.
	31	30.0° C.	25.0° C.
Junio	7	30.0° C.	24.0° C.
	14	32.0° C.	26.0° C.
	24	32.0° C.	29.0° C.
	30	30.0° C.	27.0° C.
Julio	7	29.0° C.	28.0° C.
	14	28.0° C.	28.0° C.
	20	29.0° C.	26.0° C.
	27	30.0° C.	20.0° C.

Periodo	Día	Máximas	Mínimas
Mayo	10	23.0° C.	20.0° C.
	17	25.0° C.	23.0° C.
	24	27.0° C.	19.0° C.
	31	27.0° C.	25.0° C.
Junio	7	26.0° C.	19.0° C.
	14	29.0° C.	22.0° C.
	24	30.0° C.	29.0° C.
	30	27.0° C.	26.0° C.
Julio	7	26.0° C.	24.0° C.
	14	26.0° C.	24.0° C.
	20	28.0° C.	26.0° C.
	27	27.0° C.	19.0° C.

Temperaturas de verano resultantes de simulación por software con base climática de meteonorm para viviendas de referencia y modelo.

Periodo	Día	Máximas	Mínimas
Noviembre	6	17.0° C.	12.0° C.
	13	22.0° C.	16.0° C.
	20	22.0° C.	16.0° C.
	27	18.0° C.	13.0° C.
Diciembre	4	16.0° C.	10.0° C.
	11	11.0° C.	08.0° C.
	18	22.0° C.	16.0° C.
	25	09.0° C.	04.0° C.
Enero	1	16.0° C.	13.0° C.
	8	13.0° C.	08.0° C.
	19	19.0° C.	08.0° C.
	26	19.0° C.	07.0° C.

Periodo	Día	Máximas	Mínimas
Noviembre	6	16.0° C.	13.0° C.
	13	21.0° C.	16.0° C.
	20	20.0° C.	16.0° C.
	27	16.0° C.	14.0° C.
Diciembre	4	14.0° C.	11.0° C.
	11	11.0° C.	09.0° C.
	18	20.0° C.	16.0° C.
	25	08.0° C.	07.0° C.
Enero	1	16.0° C.	14.0° C.
	8	12.0° C.	10.0° C.
	19	18.0° C.	09.0° C.
	26	18.0° C.	09.0° C.

Temperaturas de invierno resultantes de simulación por software con base climática de meteonorm para viviendas de referencia y modelo.

La comparación de los resultados en la simulación térmica de las viviendas, V-r vs. V-m, indico que en la vivienda de referencia la mayoría de las temperaturas durante el periodo estival fueron mas altas; las diferencias en las temperaturas promedio de las máximas durante Mayo y Junio fue de 3.0°C. y en Julio fue de 2.0°C., el promedio de las mínimas durante Mayo y Junio fue de 1.5°C. y de 1.0°C. en Julio.

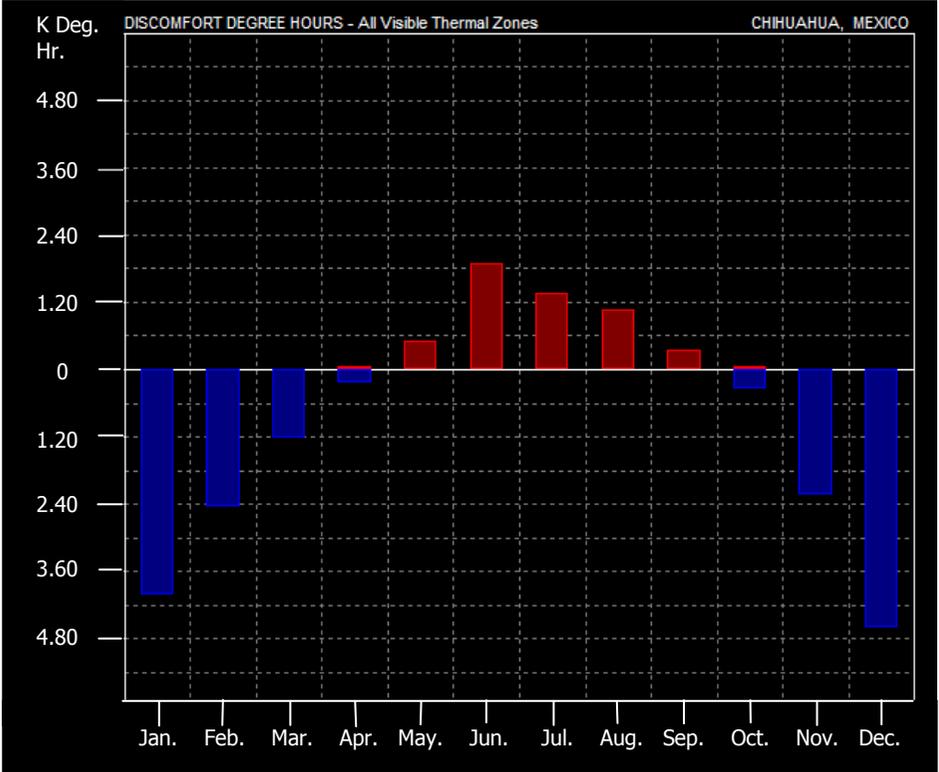
En tanto que el periodo invernal la vivienda de referencia expuso temperaturas relativamente mas bajas, las diferencia de las máximas solamente fueron de 1.5°C. durante el mes de Noviembre, 1.0°C. durante Diciembre y de 0.75°C. en Enero, y las mínimas fueron de 0.5°C. para Noviembre, 1.0°C. en Diciembre y 1.5°C. en el mes de Enero.

Los resultados de las comparaciones en ambas viviendas presentan que durante los tres meses de verano las temperaturas de la vivienda de referencia son más altas, en tanto que para el invierno son escasamente mas bajas, lo que demuestra mayor eficiencia térmica de la vivienda propuesta.

Comparación de los grados-horas que provocan disconfort entre las viviendas:

V-r: Grados y horas de disconfort mensual según la banda de la zona de confort® y el promedio adaptativo.

All visible thermal zones zones comfort: zonal bands			
Month	Too hot (deg. hrs.)	Too cool (deg. hrs.)	Total (deg. hrs.)
Jan.	0	4016	4016
Feb.	0	2450	2450
Mar.	0	1219	1219
Apr.	61	250	311
May.	503	0	503
Jun.	1876	0	1876
Jul.	1364	0	1364
Aug.	1057	0	1057
Sep.	333	0	333
Oct.	46	344	390
Nov.	0	2239	2239
Dec.	0	4606	4606
Total:	5240	15124	20364



Graficas térmicas para vivienda de referencia con base climática para Chihuahua, calculadas con Software Ecotect.

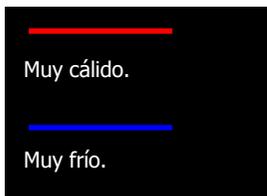


® C-4, parámetros de temperaturas recomendadas para el espacio interior en Chihuahua, págs. 91-93.

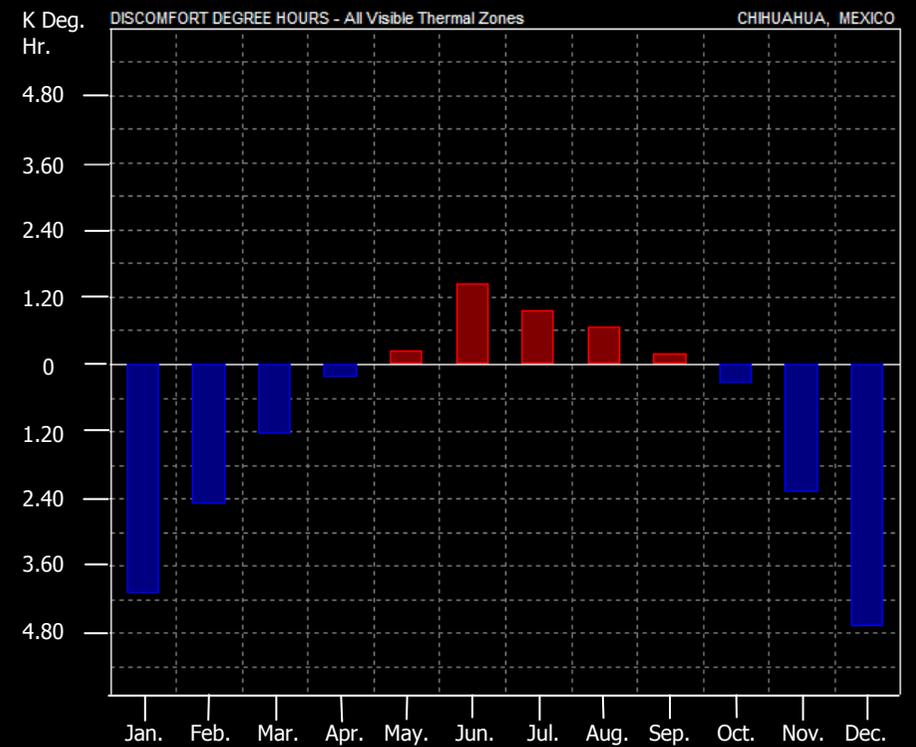
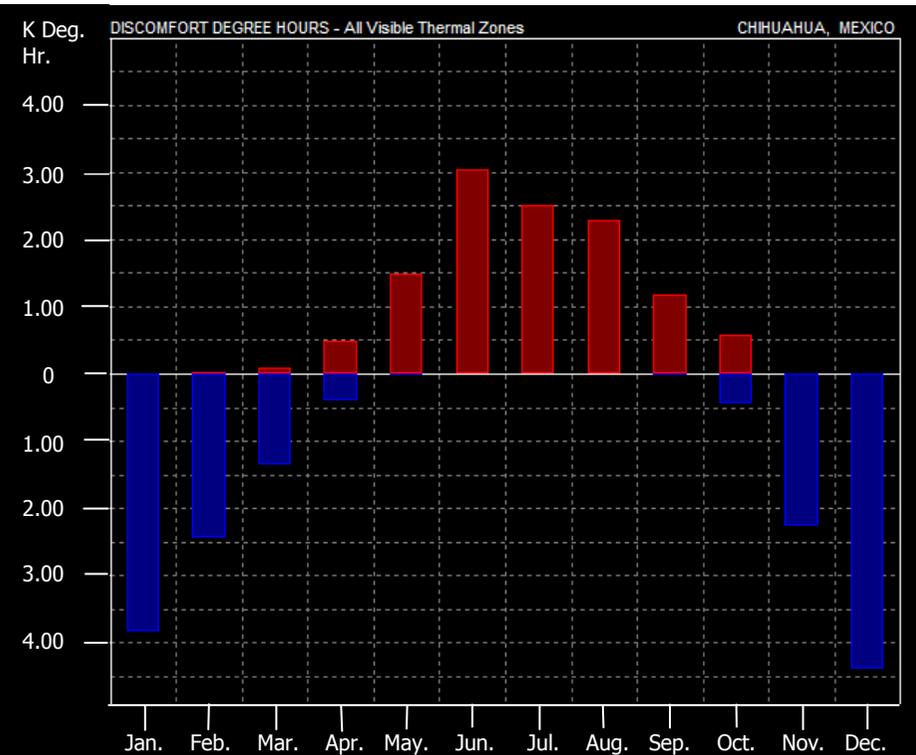
All visible thermal zones, Comfort: adaptive - average (± 1.75)			
Month	Too hot (deg. hrs.)	Too cool (deg. hrs.)	Total (deg. hrs.)
Jan.	1	3829	3830
Feb.	12	2435	2447
Mar.	90	1347	1437
Apr.	482	410	892
May.	1487	21	1508
Jun.	3036	0	3036
Jul.	2495	0	2495
Aug.	2281	0	2281
Sep.	1186	15	1201
Oct.	579	444	1023
Nov.	7	2264	2271
Dec.	1	4391	4392
Total:	11657	15156	26813

V-m: Grados y horas de desconfort mensual al interior según la banda de la zona de confort[®] y el promedio adaptativo para Chihuahua.

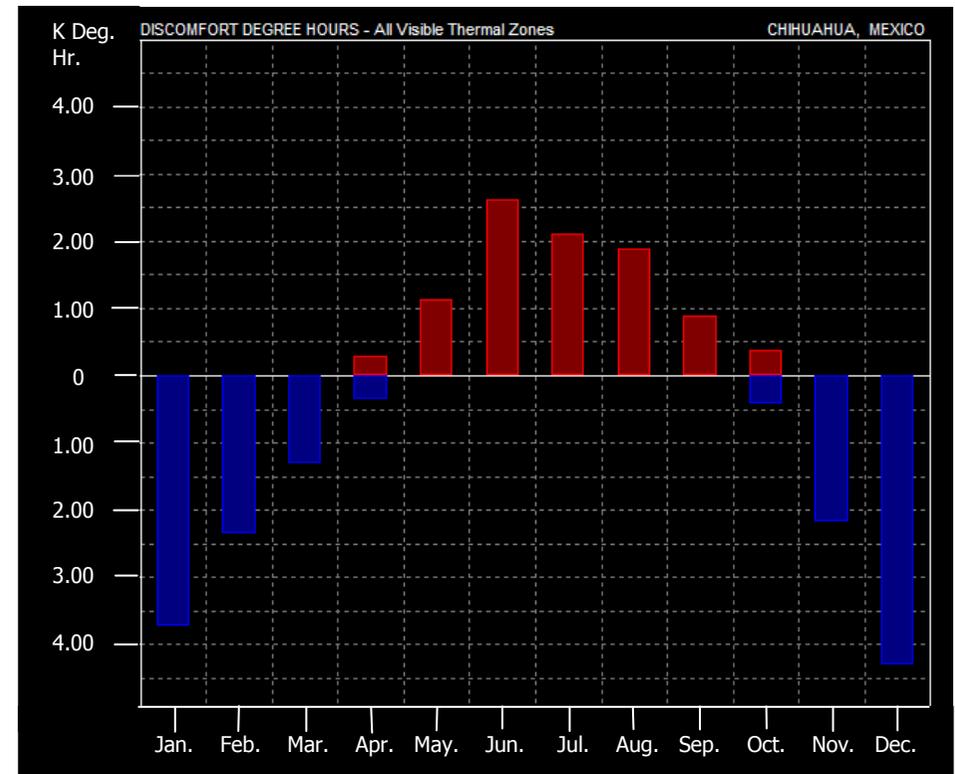
All visible thermal zones zones comfort: zonal bands			
Month	Too hot (deg. hrs.)	Too cool (deg. hrs.)	Total (deg. hrs.)
Jan.	0	3925	3925
Feb.	0	2374	2374
Mar.	0	1176	1176
Apr.	0	203	203
May.	269	0	269
Jun.	1504	0	1504
Jul.	1017	0	1017
Aug.	729	0	729
Sep.	219	0	219
Oct.	3	319	322
Nov.	0	2153	2153
Dec.	0	4520	4520
Total:	3741	14670	18411



[®] C-4, parámetros de temperaturas recomendadas para el espacio interior en Chihuahua, págs. 91-93.



All visible thermal zones, Comfort: adaptive - average (± 1.75)			
Month	Too hot (deg. hrs.)	Too cool (deg. hrs.)	Total (deg. hrs.)
Jan.	0	3734	3734
Feb.	0	2360	2360
Mar.	6	1298	1304
Apr.	281	348	629
May.	1129	4	1133
Jun.	2617	0	2617
Jul.	2112	0	2112
Aug.	1894	0	1894
Sep.	893	3	896
Oct.	369	419	788
Nov.	1	2177	2178
Dec.	0	4301	4301
Total:	9302	14644	23946



Los resultados de las simulaciones térmicas que compararon el total de grados y horas disconfort se estimaron con dos zonas térmicas de comodidad, la banda de la zona de confort y el promedio adaptativo, ambas con los datos climáticos de meteonorm para Chihuahua; los resultados mostraron que según la banda de zona de confort, la vivienda modelo consigue disminuir 1,953 horas-grados de disconfort, 1,499 de calor en época estival y 454 durante el periodo invernal; los resultados con el método del promedio adaptativo son mejorados puesto que disminuyen aun mas las horas disconfort, 2,867 en total, 2,355 en verano y 512 en invierno.

Las diferencias de temperaturas entre las viviendas, con los parámetros utilizados para la simulación, exponen que en el interior de casa propuesta mejoran las características térmicas durante los periodos simulados (periodos pico), provocando menos horas de disconfort o mas tiempo de confort por la diferencia de grados durante el transcurso del año.

Graficas térmicas para vivienda modelo con base climática para Chihuahua, calculadas con Software Ecotect.



© C-4, Parámetros de temperaturas recomendadas para el espacio interior en Chihuahua, Págs. 91-93.

Conclusión general.

Conclusiones:

Normativa y uso de la energía:

Indudablemente que los consumos energéticos y particularmente la energía eléctrica del sector doméstico en territorios con climas estacionarios al Norte de México son mayores, es indispensable modificar e incluir normas para edificación que consideren las características del entorno y sobre todo del medio.

Es claro que la producción energética de México fundamentada en el consumo de hidrocarburos debe modificarse, de lo contrario además de contribuir al deterioro ambiental, el País será dependiente energético de quienes ahora exploran la producción energética con fuentes renovables.

El desinterés y apatía de los constructores y la inercia e ignorancia de los usuarios de las viviendas, indica que para lograr incluir parámetros de diseño en proyectos y propuestas que aspiren a disminuir el consumo energético en el ámbito local, debe ser por medio de especificaciones obligatorias, leyes y reglamentos, buscando la formación de los usuarios acerca del *modus operandi* de las estrategias. El usuario debe conocer cuáles son las posibilidades con las que cuenta, como utilizarlas y potenciarlas, así como las consecuencias de una deficiente planeación.

Las recomendaciones de estrategias para el diseño y desarrollo de proyectos edilicios documentadas en el presente estudio, son congruentes con las condiciones particulares de Chihuahua, (algunas consideradas en el diseño de la vivienda modelo), pueden ser un apoyo para la redacción de una normativa básica de construcción, con sus respectivos mecanismos administrativos de control que aseguren su cumplimiento, pues no se contraponen con las reglas de diseño y construcción actuales.

La vivienda de referencia:

Las viviendas construidas y visitadas[®] tipológicamente similares a la casa seleccionada y estudiada para la comparación, no muestran elementos constructivos ni pautas de diseño acordes a las características del medio para mejorar las condiciones climáticas interiores y evitar el uso de sistemas mecánicos que ocasionan altos consumos de energía. Las diferencias térmicas entre el interior y exterior indican mal funcionamiento de la envolvente como elemento de control y protección.

Es evidente que los constructores y promotores de vivienda media asumen que para modificar las temperaturas y propiciar comodidad al habitante según el periodo, el usuario deberá colocar sistemas mecánicos de climatización sin considerar el coste económico y ambiental.

[®]C-6, Vivienda de referencia. Selección y características generales, páginas 105 – 107.

Valorando los casos de viviendas que integran técnicas y tecnología para conseguir eficiencia térmica y energética en diferentes latitudes, es indudable que la evolución de la vivienda económica y media de interés social en México es lenta o nula, el diseño actual de las casas solo propicia espacios para colocar conductos y sistemas para el control climático artificial, esto es el resultado de un mal criterio de diseño que ocasiona altos consumos energéticos.

La utilización de sistemas de acondicionamiento artificial o mecánicos en el sector doméstico Chihuahuense no se justifica, es posible que con la incorporación de estrategias y sistemas para control climático pasivo obtener temperaturas recomendadas que garanticen la comodidad del usuario, la arquitectura popular vernácula así lo manifiesta.

En síntesis, la edificación de vivienda media de interés social construida en Chihuahua no corresponde, ni se adecua al entorno y propicia un elevado consumo energético, la valoración y análisis del edificio muestra un modelo arquitectónico dependiente de climatización correctora del ambiente interior, lo que resulta insostenible.

La vivienda propuesta y las comparaciones:

No obstante que la casa modelo no mide el enfriamiento y calentamiento producido al interior por integración de sistemas pasivos para el control climático, es un ejemplo que demuestra la posibilidad de incorporar en el diseño opciones constructivas para explorar los beneficios que se pueden obtener considerando las características del clima, en este caso el clima cálido seco, beneficios para mejorar la calidad térmica y ahorrar energía evitando el uso de sistemas activos o mecánicos de climatización.

La casa presenta la posibilidad de distribuir las áreas acorde a las necesidades solicitadas por el mercado sin dejar de respetar la normativa de construcción local o las dimensiones máximas de la tipología de vivienda seleccionada para el estudio. Asimismo manifiesta la factibilidad de integrar sistemas mixtos para producción de energía desde la concepción del diseño, reflejando un proyecto de mejor calidad arquitectónica.

Durante periodo anual 2008-2009, el consumo energético de la casa de referencia represento un 35.8%[®] superior al de la vivienda modelo, lo que equivale a un gasto monetario de \$2,631.00 pesos mexicanos*. Asimismo si para la comparativa energética se considera el periodo del 2007-2008 la diferencia es un 39.8% equivalente a \$2,961.00 pesos, egresos que significan 48 y 54 veces el salario mínimo por jornada respectivamente (135,60€ y 152,60 €[^]).

En síntesis, el resultado de las temperaturas medidas con varios métodos y comparadas para la vivienda de referencia reveló que durante Mayo, Julio, Noviembre, Diciembre y Enero las temperaturas de la simulación térmica son frecuentemente más elevadas que las medidas en campo, únicamente en Junio la mayoría de las mediciones en el sitio resultan más altas.

En la comparación por simulación para ambas viviendas, la vivienda de referencia manifestó que la mayoría de las temperaturas durante el periodo estival son más altas. Para el periodo invernal la vivienda de referencia expuso temperaturas relativamente más bajas.

[®] C-8, Comparaciones entre viviendas. Datos comparativos entre los consumos de energía en las viviendas, páginas 210 y 211.

* Con los costes al primer trimestre del 2009.

[^] Según la cotización de divisas a Noviembre del 2009.

Con la inclusión de parámetros de diseño: mejor orientación, modificación a la geometría, distribución de zonas y variación en las características de la envolvente o cerramientos, la vivienda modelo expone temperaturas mas bajas durante el verano y ocasionalmente mas altas durante el invierno[®]. La simulación de tiempo confort térmico en las viviendas presenta menos horas de discomfort para la casa propuesta*, lo que demuestra mayor eficiencia térmica y como consecuencia un menor consumo de energía en relación con la vivienda de referencia.

De la hipótesis:

Con respecto a la hipótesis formulada, el estudio de la vivienda media seleccionada en la presente investigación, que representa la tipología de una serie edificada recurrentemente en Chihuahua, muestra una reducida eficiencia térmica y por consecuencia un alto consumo energético, consecuencia de los métodos y materiales propuestos durante el proceso de diseño y construcción.

La comprobación ha quedado sustentada con las mediciones realizadas únicamente al modificar durante el proceso de diseño recursos arquitectónicos de orientación, geometría y distribución, además de considerar estrategias acordes al clima para conservar el calor en invierno y el frío en verano.

No obstante que el análisis no adicionó el aporte energético del resto de estrategias pasivas para enfriar, calentar o producir energía, si exhibe la factibilidad de incorporar alternativas para disminuir o eliminar la utilización de sistemas mecánicos de climatización a partir del proceso de diseño.

Sugerencias finales:

Las características básica de diseño y construcción de la vivienda, incluidas en la normativa básica, deben fomentar el aprovechamiento de los recursos que incluye cada medio y entorno, la edificación habitacional para Chihuahua debe considerar materiales con mayor retraso térmico, aumentando de 3 a 7 cms. el grosor de los cerramientos opacos, disponer vidrio con cámara en todas las ventanas, evitar el uso de sistemas mecánicos de climatización, calentar el agua a través de instalaciones de captación térmica, (esto se pueden considerar rendimientos entre 500 y 650 Kwh. anuales por m2 de panel instalado), obtener energía eléctrica del sol por captación mediante paneles fotovoltaicos (esto permite considerar rendimientos medios de unos 150 kWh por metro cuadrado y año).

En México existe un gran potencial para el desarrollo de la energía solar como una fuente alternativa, pues cuenta con una radiación promedio de alrededor de 5 Kwh./m2/día (5,000 Wh/m2/día).

Un análisis financiero practicado por *Ecoenergy* indica que la mejor opción es incluir el costo del colector solar como parte del crédito hipotecario al adquirir la vivienda, si se toma el pago mensual del crédito hipotecario junto con la factura del combustible utilizado, el pago total con el colector está ligeramente por debajo del pago de la hipoteca y el combustible juntos sin colector solar.

[®] C-8, Comparaciones entre viviendas.
Comparación entre las temperaturas horarias de las viviendas en los periodos de verano e invierno, paginas 211 – 214.

^{*} C-8, Comparaciones entre viviendas.
Comparación de los grados y horas que provocan discomfort entre las viviendas, paginas 214 - 216.

Referencias bibliográficas documentadas en libros folletos o revistas:

CEPAE Chihuahua (Comisión Estatal para el Ahorro de Energía); **Consumo energético en Chihuahua en relación con el ingreso.**

CONAFOVI (Comisión Nacional de Fomento a la Vivienda); **Código de edificación de vivienda.** Dimensiones mínimas reglamentarias de vivienda, guía conafovi.

CONAFOVI (Comisión Nacional de Fomento a la Vivienda); **Uso eficiente de la energía en la vivienda.** Estado actual de la energía en México / Zonificación ecológica de México y sus características climáticas.

CONAFOVI (Comisión Nacional de Fomento a la Vivienda); **Uso eficiente de la energía en la vivienda.** Recomendaciones bioclimáticas para el bioclima calido seco.

Czajkowski Jorge Daniel / Gómez Analía Fernanda; **Diseño bioclimático y economía energética edilicia.** Fundamentos y métodos.

DDUM (Dirección de Desarrollo Urbano y Ecología para el Municipio de Chihuahua); **Reglamento de Construcción y Normas Técnicas para el Municipio de Chihuahua.** Normas técnicas de desarrollo urbano, frentes y restricciones mínimas.

DETAIL è pubblicata dall', Dokumentation GmbH & Co. KG; **Casas en hilera en Küsnacht.** Est une publication de l'Institut für internationale Architektur.

Evans, John Martín; **Análisis de clima y confort.** Centro de investigación hábitat y energía, Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, Universidad de Buenos Aires.

Fuentes Freixanet, Víctor Armando, **Análisis Climático.** Laboratorio de investigaciones de investigaciones en Arquitectura Bioclimática, Departamento de Medio Ambiente para el Diseño, Universidad Autónoma Metropolitana.

Geohabitat Ed.; **Manual "Arquitectura Solar para Climas Calidos".** Arquitectura Pasiva / Proceso de Diseño.

Intelligent Energy Europe; **Eficiencia energética en viviendas.** Enerbuilding, Enerbuilding.eu – Eficiencia y energías renovables en la edificación.

IVI (Instituto de la Vivienda del Estado de Chihuahua); **Programa Institucional de vivienda para el Estado de Chihuahua 2004-2010**. Proyecciones de vivienda al año 2010 y tipología de vivienda en Chihuahua. Dirección Técnica del Instituto de la Vivienda en el estado de Chihuahua.

Maciel Suel, Alexandra / De Andrade, Ferraz; **La Casa Eficiente**. ELECTROSUL y laboratorio de eficiencia energética en edificaciones de la Universidad Federal de Santa Catarina en Brasil.

Manuel Padura Ed.; **Spain architects, Housing**. Casa Harper, Herrera Limones, Rafael / Republica_DM arquitectos.

Minke, Gernot, Fin de Siglo Ed.; **Techos verdes: planificación, ejecución y consejos**. Sistemas de techos verdes: Detalles constructivos.

Ministerio de Vivienda Español; **CTE (Código Técnico de la Edificación)**. Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria.

Olivas Flores, Héctor Edel; **Tesis de grado "Simulación para análisis térmico en vivienda"**. Instituto Superior de Arquitectura y Diseño de Chihuahua.

RLA, Ruiz Larrea & Asociados; **Tres al Cubo**. Cesar Ruiz Larrea, Universidad Politécnica de Madrid - Universidad Internacional de Andalucía, VIII Maestría en Energía renovable: Arquitectura y Urbanismo. La ciudad sostenible.

Secretaría de Desarrollo Social del Estado de Chihuahua; **Doing Business in Chihuahua**. Información económica y social.

SENER (Secretaría de energía); **Balance Nacional de Energía 2007**. Balance nacional de energía.

SENER (Secretaría de energía); **Balance Nacional de Energía 2007**. Consumos y ventas en el sector habitacional.

SENER (Secretaría de energía); **Prospectiva del sector eléctrico 2008-2017**. Mercado eléctrico nacional 1997-2007.

Simancas Yovane, Katia Carolina, **Tesis de postgrado "Reacondicionamiento bioclimático de viviendas de segunda residencia en clima Mediterráneo"**. Escola Técnica Superior d'Arquitectura de Barcelona, Universidad Politécnica de Cataluña.

Referencias documentadas en ponencias, exposiciones y cursos:

Álvarez Domínguez Servando / Molina Félix José Luís, Universidad de Sevilla; **Eficiencia Energética de la Envolvente**. Universidad Internacional de Andalucía, VIII Maestría en Energía renovable: Arquitectura y Urbanismo. La ciudad sostenible.

Czajkowski Jorge Daniel, Instituto de Arquitectura Solar La Plata; **Mejoramiento de Vivienda, La Plata Argentina 2006.** Master en Diseño Arquitectónico Avanzado, Instituto Superior de Arquitectura y Diseño de Chihuahua.

Gómez Azpeitia, Gabriel, Universidad de Colima México; **Métodos de investigación, principios básicos.** Universidad Internacional de Andalucía, VIII Maestría en Energía renovable: Arquitectura y Urbanismo. La ciudad sostenible.

González Cruz, Eduardo Manuel, Universidad del Zulia Venezuela; **Sistemas Pasivos de Acondicionamiento Microclimático de Edificios.** Universidad Internacional de Andalucía, VIII Maestría en Energía renovable: Arquitectura y Urbanismo. La ciudad sostenible.

Herrera Sosa, Luís Carlos, Ithmus Norte; **Recomendaciones bioclimáticas para el diseño arquitectónico y urbano en Chihuahua.** Curso: "Reglamento de Construcciones y Normas técnicas para el Municipio de Chihuahua".

Isidoro Lilo, Universidad de Sevilla; **Cálculo de componentes fotovoltaicos.** Universidad Internacional de Andalucía, VIII Maestría en Energía renovable: Arquitectura y Urbanismo. La ciudad sostenible.

López Lara, Alfredo German, SODEAN; **Cálculo de instalaciones térmicas.** Universidad Internacional de Andalucía, VIII Maestría en Energía renovable: Arquitectura y Urbanismo. La ciudad sostenible.

Morillon Gálvez, Daniel, Programa Universitario de Energía, Universidad Nacional Autónoma de México / Asociación Nacional de Energía Solar; **Vivienda de Interés Social Sustentable.** XV Congreso Nacional ANEIC 2005.

Sánchez Cristóbal, Universidad de Sevilla; **La biomasa como fuente energética renovable.** Universidad Internacional de Andalucía, VIII Maestría en Energía renovable: Arquitectura y Urbanismo. La ciudad sostenible.

Serra Florensa, Rafael / Coch Roura Elena, Universidad Politécnica de Cataluña; **Arquitectura y energía Natural.** Universidad Internacional de Andalucía, VIII Maestría en Energía renovable: Arquitectura y Urbanismo. La ciudad sostenible.

Velasco Roldan, Luís; Tesis de postgrado **"El movimiento del aire como condicionante de diseño arquitectónico"**. Universidad Internacional de Andalucía, VIII Maestría en Energía renovable: Arquitectura y Urbanismo. La ciudad sostenible.

Referencias de páginas Web y Software:

Agencia Andaluza de la Energía; **ACSOL V.1.0 – Software de Simulación dinámica de instalaciones de agua caliente sanitaria.** Consejería de innovación, ciencia y empresa.

Autodesk; **ECOTECT – Software by Building Analysis for Designers.** www.ecotect.com.

Weber Barbara /Oertli Bruno; **3 Reiheneinfamili en hauser Steinacker strasse.** http://weber-oertli.ch/htm/profil/profil_1.htm.

- Autodesk; **The Sun Tool By Ecotect – Software.** www.ecotect.com/products/suntool.
- Autodesk; **The Weather tool By Ecotect – Software.** www.ecotect.com/products/weathertool.
- Autodesk; **Autocad – Software V. 2007.** www.autodesk.com/autocad.
- Beckers, Benoit / **Massot Luc; Heliodón – Software.** Universidad Politécnica de Cataluña.
- CFE (Comisión Federal de Electricidad); **Consumos, ventas y usuarios por sector.** www.cfe.gob.mx.
- Comisión Nacional de Salarios Mínimos; **Tablas de salarios mínimos generales y profesionales durante el año 2009.** www.conasami.gob.mx.
- CONAFOVI (Consejo Nacional de Vivienda); **Programa Nacional de vivienda.** www.conafovi.gob.mx.
- Graphisoft; **Archicad V.9.0 – Software.** www.graphisoft.com/products/archicad.
- INEGI (Instituto Nacional de Geografía e Informática) y SNIEG (Sistema Nacional de Información Estadística y Geográfica); **Información estadística - Actividad económica- energía.** www.inegi.org.mx / www.snieg.mx
- ISOFOTON S.A.; **Isocad Radiación - Software.** Mathias Alcojor Valor, Pablo Gordillo Arranz y Mariana Rosales Martínez.
- METEONORM V.5.1, (Global Meteorological Database for Engineers, Planners and Education); **Calculo para Chihuahua.** www.meteonorm.com.
- Monroy, Manuel Martín / **ULPGC 1999; ANTESOL V.06 – Software “Comportamiento térmico de cerramientos soleados”.** Departamento de Construcción Arquitectónica, Escuela de Arquitectura de Las Palmas de Gran Canaria.
- NASA (Nacional Aeronautics and Space Administration); **Surface meteorology and Solar Energy - Available Tables.** www.nasa.gov.
- Onset Computer Corporation; **Box Car Pro – Software V.4.3.** Registro y manejo de datos de los para los registradores por interfaz tipo Hobo.
- Sistema de Información Energética; **Ventas de energía eléctrica por región y por tarifa, usuarios de eléctrica por región.** www.sie.energia.gob.mx.
- Yahoo; **Conversor de divisas.** Centro de divisas, Yahoo finanzas. <http://es.finance.yahoo.com/divisas/conversor>.

Créditos de imágenes y fotografías:

Imagen C-2.1:

Esquema urbano de vivienda en Chihuahua, Programa Institucional de Vivienda para Estado de Chihuahua 2004-2010, Instituto de la Vivienda del estado de Chihuahua.

Imagen C-2.2:

Código de edificación de vivienda, Comisión Nacional de Fomento a la Vivienda.

Imágenes C-3.1 y C-3.2:

Laboratorio de Eficiencia Energética Edilicia (LabEEE), para ELETROSUL, Florianópolis Brasil.

Imágenes C-3.3, C-3.4, C-3.5, C-3.6 y C-3.7:

Viviendas unifamiliares con oficina en Küsnacht, Suiza. Fotógrafo Hannes Henz, Zurich

Imágenes C-3.8, C-3.9.2 y C-3.9.3:

Casa Harper. Fotógrafo Jesús Granada

Imágenes C-3.9 y C-3.9.1:

Casa Harper, Republica_DM arquitectos, Sevilla.

Imágenes C-3.9.4, C-3.9.6, C-3.9.7, y C-3.9.8 :

Módulos para vivienda plurifamiliar "tres al Cubo", despacho RLA *Ruiz-Larrea y Asociados*, Madrid.

Imagen C-3.9.9 y C-3.9.9.1:

Mejoramiento en vivienda, Arq. Jorge Czajkowski, Universidad de Buenos Aires.

Imágenes C-3.9.9.2, C-3.9.9.3, C-3.9.9.4, C-3.9.9.5:

Viviendas de la empresa *Condak Pulte*, Congreso Nacional ANEIC 2005, Dr. David Morillon Gálvez.

Imágenes C-3.9.9.6, C-3.9.9.7:

Viviendas de la empresa *Condak Pulte*, fotógrafo, Arq. Ofelia Campos.

Imágenes C-3.9.9.8, C-3.9.9.9:

Análisis térmico de la Unidad Básica de vivienda, Héctor Edel Olivas Flores.

Imagen C-4.1, C-4.2 y C-4.3:

Programa Institucional de Vivienda para Estado de Chihuahua 2004-2010, Instituto de la Vivienda del estado de Chihuahua.

* Las imágenes de renders para vivienda en el C-3 del Estado del Arte, "Simulación térmica para la unidad básica de vivienda". págs. 62, 63,69; y fotografías de "Remodelación de casa para mejorar su calidad arquitectonica", págs. 72,73,75,76 son de autoría propia.

Glosario de términos:

Absortancia.	Coeficiente entre la energía solar absorbida y la incidencia sobre una superficie.
Aislación térmica.	Es la resistencia de un cerramiento a transmitir el calor.
Amortiguación.	Coeficiente entre la amplitud de salida y la de entrada de la onda de calor.
Ampere – hora.	Unidad de medición que cuantifica una cantidad de corriente por una cantidad de tiempo. Por ejemplo, si 1 Ampere es tomado de una batería durante 10 hrs., el consumo será de 10 amps-hora. Es una medición de carga y consumo eléctrico. Una analogía puede ser: en una corriente de agua la cantidad de litros por segundo que fluyen por un canal de agua.
Calor específico.	<p>El calor específico (C_p), es la característica del material que expresa la cantidad de calor necesario (J) para aumentar un grado (1K) la temperatura de una unidad de masa (kg.); se mide en J/kg.K.</p> <p>El calor específico caracteriza la capacidad de un material para acumular calor. Su valor, que depende naturalmente del material, tiene un rango de variación bastante pequeño para la mayoría de los materiales de construcción (1 a 4); el rango está comprendido entre 500 y 2000 J/kg.K y pocos materiales salen de este rango.</p> <p>Un caso especial es el del agua, cuyo calor específico es particularmente elevado (4187 J/kg.K). Debido a esto, el agua es utilizada como medio de almacenamiento térmico en múltiples aplicaciones.</p>
Calor específico volumétrico.	<p>El calor específico volumétrico (ρC_p), es el producto del calor específico por la densidad. Caracteriza la "capacidad de almacenamiento de calor" o "capacidad térmica volumétrica de un material". Dado que el calor específico varía muy poco entre los materiales, la capacidad de almacenamiento de calor depende estrechamente de la densidad de los mismos. Por esta razón se hace referencia a los muros de piedra, concreto o ladrillo, como de alta capacidad de almacenamiento de calor, a diferencia de los tabiques ligeros, de materiales aislantes o compuestos.</p>
Capacidad térmica.	Cantidad de calor que acumula un elemento constructivo por unidad de superficie cuando aumenta su temperatura (KJ/m ² °C).
Célula solar o fotovoltaica.	Dispositivo que transforma la radiación solar en energía eléctrica.

- Cerramiento.** Función que realizan los módulos que constituyen el tejado o la fachada de la construcción arquitectónica, debiendo garantizar la debida estanqueidad y aislamiento térmico.
- Combustión.** Proceso por el cual el combustible se combina en forma rápida con el oxígeno (también llamado carburante) con desprendimiento de luz y calor, se dice que se efectúa en forma rápida para diferenciarlo de otros procesos; el lento, comúnmente llamado oxidación y el ultra rápido ó instantáneo llamado explosión. Cuando en forma controlada, se mezcla gas con oxígeno del aire en presencia de una fuente de ignición, el resultado será una combustión y solamente puede existir cuando se juntan estos tres elementos.
- Conducción.** La conducción es un mecanismo de transferencia de energía asociado al movimiento microscópico molecular, llamado difusión, originado por la variación de energía interna de rotación y vibración de las moléculas, el cual se transmite a las moléculas vecinas por colisiones entre las mismas. La energía se transfiere por conducción entre sólidos en contacto o entre zonas de un sólido a distinta temperatura. Aparece también en líquidos y gases.
- Conductividad térmica.** Simbolizada por (λ), expresa la capacidad del material para conducir el calor, y es por definición, el cociente de la densidad del flujo térmico y del gradiente de temperatura (W./m.K). El rango de los valores de conductividad en los materiales es muy amplio. Entre los menos conductores o aislantes, como la espuma de poliuretano (0.026 W/mK), y los más conductores, como el cobre (389 W./m.K), existe una relación de 1 a 15000. Sin embargo, para los llamados materiales de construcción, incluidos los aislantes, esta relación es de solo 1 a 135.
- Convección.** Mecanismo de transmisión de calor entre una superficie y un fluido (el aire) que se desplaza por dilatarse (C. Natural) o por fuerzas externas (C. Forzada). /Combinación de mecanismos de conducción y transporte de agregados moleculares en el seno del fluido. La convección necesita un medio material para fluir.
- Demanda de energía.** La demanda de energía (Ed), es la sumatoria total de las horas de uso al día de cada componente eléctrico en el edificio, por su potencia.
- Densidad.** Representada por (ρ), Es la masa volumétrica de un material, define el cociente entre la cantidad de masa (kg.) que caracteriza el material y el volumen unitario (m³). Su valor se mide en kg/m³. El rango de valores, si se incluyen los metales, guarda una relación de 1 a 600, bastante menor que en la conductividad; estos varían desde 5 a 30 kg/m³ en los aislantes hasta 8900 kg/m³ en el cobre. En cambio, la relación es de 1 a 170 si se consideran solamente los materiales de construcción, relación muy cercana a la observada en la conductividad.

- Difusividad térmica.** Es un parámetro que depende de la combinación de valores entre la conductividad térmica y el calor específico volumétrico ($\lambda/\rho C_p$), y expresa la capacidad de un material para transmitir una variación de temperatura. Velocidad de cambio en la temperatura interna de un material). Parámetro utilizado para entender el comportamiento dinámico de los materiales.
- Efecto fotovoltaico.** Proceso por el que a través de un dispositivo llamado célula, fotocélula o celda fotovoltaica, se transforma la energía luminosa (fotones) en energía eléctrica (electrones).
- Efusividad térmica.** Es un parámetro que depende de la combinación de valores entre la conductividad térmica y el calor específico volumétrico ($\lambda/\rho C_p$)^{1/2} y expresa la capacidad de un material para absorber o restituir un flujo de calor o potencia térmica" (Lavigne, 1994). Capacidad del material para transmitir (velocidad) su temperatura. Parámetro utilizado para entender el comportamiento dinámico de los materiales.
- Emitancia.** Coeficiente entre la radiación infrarroja que emite una superficie y la que emitiría si fuera un emisor perfecto (cuerpo negro).
- Factor de retardo.** Representado por (f), expresa la uniformidad en el tiempo de la penetración de la energía en el ciclo de 24h, como relación entre la energía que entra en horas sin radiación (noche) y la que entra como media diaria de las 24 h del ciclo, (Los sistemas captadores se caracterizan por su rendimiento a la captación y por su factor de retardo).
- Foco.** Definición utilizada en México que describe comúnmente a una bombilla eléctrica.
- Gas L.P.** El gas licuado de petróleo es comúnmente utilizado en México en calderas de combustión interna para calentamiento de agua sanitaria, calefacciones convectivas (introducción de aire caliente) y para la cocción de alimentos. Se compone de la mezcla de varios gases: Propano, Propileno, Butano y Butilenos, se produce en estado de vapor, pero se licua con facilidad mediante compresión y enfriamiento. Es único entre los combustibles comúnmente usados, porque bajo presiones moderadas y a la temperatura ordinaria, puede ser transportado y almacenado en una forma líquida.
- Gas natural.** Es un combustible compuesto de hidrocarburos que se encuentran en el subsuelo. Consiste en su mayor proporción de los dos hidrocarburos más ligeros: Metano y Etano, (gases no licuables a temperatura ordinaria y bajo presiones débiles).
- Hora sol pico.** La hora sol pico (hsp) es el número de horas constantes de posición del sol en una determinada distancia o rango. (Kwh. / m² día).
- Inercia térmica.** Fenómeno de acumulación transitoria de calor en la masa del cerramiento cuando es sometido a un flujo de calor periódico (diario), que provoca un retardo y una amortiguación en la onda de calor saliente. Es la capacidad de los materiales para retener el calor y cederlo lentamente.

Irradiación solar.	Energía incidente por unidad de superficie sobre un plano dado, obtenida por integración de la irradiancia durante un intervalo de tiempo dado, normalmente una hora o un día. Se mide en kWh/m ² .
Irradiancia solar.	Potencia radiante incidente por unidad de superficie sobre un plano dado. Se expresa en kW/m ² .
Módulo o panel fotovoltaico.	Conjunto de células solares directamente interconectadas y encapsuladas como único bloque, entre materiales que las protegen de los efectos de la intemperie.
Perdidas por inclinación.	Cantidad de irradiación solar no aprovechada por el sistema generador a consecuencia de no tener la inclinación óptima.
Perdidas por orientación.	Cantidad de irradiación solar no aprovechada por el sistema generador a consecuencia de no tener la orientación óptima.
Perdidas por sombras.	Cantidad de irradiación solar no aprovechada por el sistema generador a consecuencia de la existencia de sombras sobre el mismo en algún momento del día.
Poder calorífico.	Conociendo las unidades para medir el calor que produce un combustible en una combustión, el calor que se desarrolla se mide por la unidad de peso o de volumen. En otras palabras, se dice que el 'poder calorífico' de un combustible es la cantidad de calorías capaz de producir por cada gramo, kilogramo, litro o metro cúbico.
Potencia.	Trabajo que realiza un aparato eléctrico en un determinado tiempo. Es la rapidez con la que se realiza un trabajo o como la energía por unidad de tiempo. Si en una casa empleamos una bombilla de 100 watts de potencia, la compañía de luz cobrará la energía, que es igual a la potencia multiplicada por el tiempo; es decir, se pagará determinada cantidad por 100 watts-hora = 0.1 Kilowatts/hora (kWh) por cada hora que la bombilla permanezca encendida.
Potencia demandada.	Suma de la potencia de todos los equipos eléctricos que funcionaran simultáneamente.
Potencia instalada.	Suma de la potencia de todos los equipos eléctricos.
Potencia pico.	Máxima potencia del dispositivo (panel), cuando se somete a condiciones Standard (1000 w /m ² /25 °C.) y funciona en el punto de máxima potencia.
Radiación.	Proceso de transferencia de calor que se establece entre cuerpos a diferente temperatura mediante emisión y absorción de fotones. Se produce cuando entre los cuerpos existe el vacío o un gas (por ejemplo aire). Todos los cuerpos emiten y absorben radiación a temperaturas superiores al cero absoluto.

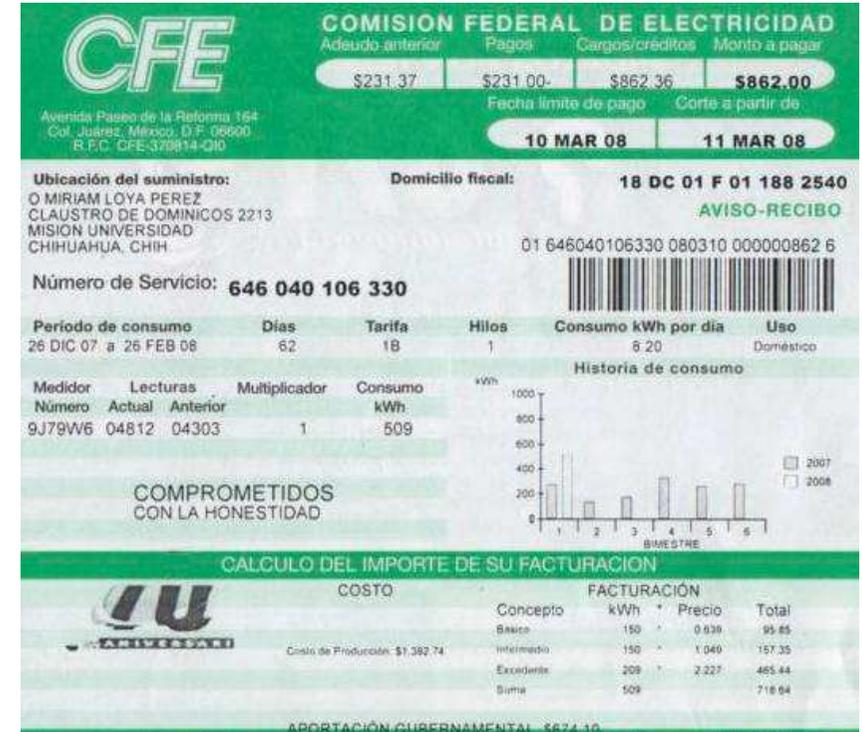
Radiación Solar Global media diaria anual.	Energía procedente del sol que llega a una determinada superficie (global), tomando el valor anual como suma de valores medios diarios
Radiación solar.	Energía procedente del sol en forma de ondas electromagnéticas
Rendimiento a la captación.	Representado por (τ), es la relación entre la energía que penetra en el ambiente interior y la energía radiante incidente, (Los sistemas captadores se caracterizan por su rendimiento a la captación y por su factor de retardo).
Retraso térmico.	Es el tiempo que toma una diferencia térmica en manifestarse en la superficie opuesta al cerramiento.
Transmitancia térmica.	<p>Valor que representa la pérdida de calor unitaria de una parte de envolvente del edificio, denominado coeficiente "K". Permite calcular la cantidad de calor por unidad de tiempo que se pierde a través de muros, pisos, cubierta, ventanas, etc., y luego sumando estos resultados podemos tener la pérdida de calor de todo el edificio.</p> <p>Este valor corresponde a temperaturas interiores y exteriores estables en el tiempo. No corresponde a elementos expuestos a la radiación solar que calienta la superficie del elemento, ya que el flujo de calor depende de las diferencias de temperatura a ambos lados del elemento y no de la superficie. La unidad de "K" es $W/m^2^{\circ}C$.</p>
Volt.	Se define como la unidad de medida de la tensión de alimentación, la cual en el caso de México es de 110/220 Volts. La analogía correspondería a la presión con la que fluye el agua a través de un canal.
Volts – Aperes.	Se denomina Volts – Aperes a la "potencia aparente" del equipo, y es el producto de la tensión aplicada y la corriente que por el circula, de igual modo que las calorías son consumidas por el cuerpo al realizar un trabajo. La analogía correspondería a la cantidad de agua que es retirada de un canal para ser usada.
Watt.	El Watt o Vatio (W), es la unidad de potencia necesaria para realizar un trabajo. Es la potencia real consumida por el equipo. Si la potencia eléctrica de un aparato es poca se expresa en Watts, si es mediana o gran potencia se expresa en Kilowatts (kW) que equivale a 1000 Watts. $1 \text{ watt} = 1 \text{ joule/seg.}$ o también $1 \text{ watt} = 1 \text{ volt} \times 1 \text{ ampere.}$

Orígenes de datos:

Muestra de las facturas de energía. Anexo del C-6, páginas 126 y 127.

Consumo de energía eléctrica en vivienda seleccionada de la serie como "referencia":

Los datos mostrados en la tabla "Consumo anual de energía eléctrica" que se ubica en el C-6 "vivienda de referencia", pagina 134, fueron los resultados históricos, recopilados en campo y avalados por la Comisión Federal de Electricidad en la Delegación de Chihuahua en un periodo anual (de Febrero del 2008 a Febrero del 2009).



Consumo de gas licuado de petróleo en vivienda seleccionada de la serie como "referencia":

Los datos mostrados en la tabla "Consumo anual de gas l.p. 2008" que se ubica en el C-6 "vivienda de referencia", pagina 135, fueron los resultados de la recopilación de datos durante todo el año, acreditados por la empresa proveedora de gas l.p. denominada "Comisionistas de Chihuahua S.A.".



Muestra de mediciones interiores en sitio con Hobos. Anexo del C-6, página 136.

Mayo: R2 - Cocina/Estancia-comedor

Fecha y Hora	Temperatura °C	Humedad Relativa (%)
05/10/09 12:00:00,0	26.34	24.5
05/10/09 13:00:00,0	26.73	23.9
05/10/09 14:00:00,0	26.73	23.9
05/10/09 15:00:00,0	27.12	24
05/10/09 16:00:00,0	27.52	24.1
05/10/09 17:00:00,0	28.31	24.2
05/10/09 18:00:00,0	28.31	24.2
05/10/09 19:00:00,0	28.31	24.2
05/10/09 20:00:00,0	28.31	24.2
05/10/09 21:00:00,0	28.31	24.2
05/10/09 22:00:00,0	26.34	32.1
05/10/09 23:00:00,0	25.17	34.6
05/11/09 00:00:00,0	26.73	24.4
05/11/09 01:00:00,0	26.73	23.9
05/11/09 02:00:00,0	26.73	23.9
05/11/09 03:00:00,0	26.34	23.9
05/11/09 04:00:00,0	26.34	23.9
05/11/09 05:00:00,0	26.34	23.9
05/11/09 06:00:00,0	26.34	23.9
05/11/09 07:00:00,0	25.95	23.8
05/11/09 08:00:00,0	26.34	23.9
05/11/09 09:00:00,0	26.34	23.5
05/11/09 10:00:00,0	26.34	24.8
05/11/09 11:00:00,0	25.17	37.8
05/11/09 12:00:00,0	26.73	23.7
05/11/09 13:00:00,0	25.56	39.9
05/11/09 14:00:00,0	25.17	41.8
05/11/09 15:00:00,0	25.95	28.2
05/11/09 16:00:00,0	27.91	24.1
05/11/09 17:00:00,0	27.52	31.8
05/11/09 18:00:00,0	25.56	39.4
05/11/09 19:00:00,0	25.17	40.3
05/11/09 20:00:00,0	25.17	38.1
05/11/09 21:00:00,0	26.34	23.9
05/11/09 22:00:00,0	27.12	24.1
05/11/09 23:00:00,0	27.12	28.2
05/12/09 00:00:00,0	26.73	29.8
05/12/09 01:00:00,0	26.73	28.5
05/12/09 02:00:00,0	26.73	28.3
05/12/09 03:00:00,0	26.34	28.1
05/12/09 04:00:00,0	26.34	28.1
05/12/09 05:00:00,0	26.34	27.5
05/12/09 06:00:00,0	25.95	27.1
05/12/09 07:00:00,0	25.95	27.4

Mayo: R3 - Cubo de escaleras

Fecha y Hora	Temperatura °C	Humedad Relativa (%)
05/10/09 12:00:00,0	26.73	27
05/10/09 13:00:00,0	27.12	23.5
05/10/09 14:00:00,0	27.52	23.5
05/10/09 15:00:00,0	27.91	23.6
05/10/09 16:00:00,0	28.31	24.2
05/10/09 17:00:00,0	28.31	24.2
05/10/09 18:00:00,0	28.7	24.3
05/10/09 19:00:00,0	29.1	24.4
05/10/09 20:00:00,0	29.1	24.4
05/10/09 21:00:00,0	29.1	23.7
05/10/09 22:00:00,0	27.52	29.6
05/10/09 23:00:00,0	26.34	31.1
05/11/09 00:00:00,0	27.91	25.3
05/11/09 01:00:00,0	27.91	24.1
05/11/09 02:00:00,0	27.52	24.1
05/11/09 03:00:00,0	27.52	24.1
05/11/09 04:00:00,0	27.12	24
05/11/09 05:00:00,0	27.12	24
05/11/09 06:00:00,0	26.73	23.9
05/11/09 07:00:00,0	26.73	23.9
05/11/09 08:00:00,0	26.34	24.2
05/11/09 09:00:00,0	26.34	24.2
05/11/09 10:00:00,0	26.73	24.4
05/11/09 11:00:00,0	25.56	36.9
05/11/09 12:00:00,0	27.12	23.5
05/11/09 13:00:00,0	26.34	37.2
05/11/09 14:00:00,0	26.34	38.1
05/11/09 15:00:00,0	26.73	35.1
05/11/09 16:00:00,0	27.91	23.6
05/11/09 17:00:00,0	27.91	31
05/11/09 18:00:00,0	26.34	37.4
05/11/09 19:00:00,0	25.56	38.2
05/11/09 20:00:00,0	25.56	35.5
05/11/09 21:00:00,0	27.52	24.1
05/11/09 22:00:00,0	27.52	24.3
05/11/09 23:00:00,0	27.52	27
05/12/09 00:00:00,0	27.12	29
05/12/09 01:00:00,0	27.12	27.3
05/12/09 02:00:00,0	27.12	27.1
05/12/09 03:00:00,0	27.12	27.1
05/12/09 04:00:00,0	26.73	27.2
05/12/09 05:00:00,0	26.73	27
05/12/09 06:00:00,0	26.34	26.6
05/12/09 07:00:00,0	26.34	27.3

Mayo: R4 - Alcoba principal

Fecha y Hora	Temperatura °C	Humedad Relativa (%)
05/10/09 12:00:00,0	27.12	24.4
05/10/09 13:00:00,0	27.52	23.6
05/10/09 14:00:00,0	28.31	23.6
05/10/09 15:00:00,0	28.7	24.3
05/10/09 16:00:00,0	29.1	24.4
05/10/09 17:00:00,0	29.5	24.4
05/10/09 18:00:00,0	29.9	24.5
05/10/09 19:00:00,0	30.31	24.6
05/10/09 20:00:00,0	30.31	24.6
05/10/09 21:00:00,0	30.31	23.8
05/10/09 22:00:00,0	28.31	27.5
05/10/09 23:00:00,0	27.12	29.5
05/11/09 00:00:00,0	29.1	26.5
05/11/09 01:00:00,0	28.7	24.2
05/11/09 02:00:00,0	28.7	23.6
05/11/09 03:00:00,0	28.31	23.6
05/11/09 04:00:00,0	27.91	24.1
05/11/09 05:00:00,0	27.52	24.1
05/11/09 06:00:00,0	27.52	23.6
05/11/09 07:00:00,0	27.12	23.5
05/11/09 08:00:00,0	27.12	23.9
05/11/09 09:00:00,0	26.73	23.9
05/11/09 10:00:00,0	27.12	24.1
05/11/09 11:00:00,0	26.34	33.2
05/11/09 12:00:00,0	27.12	23.9
05/11/09 13:00:00,0	26.73	35
05/11/09 14:00:00,0	26.34	36.9
05/11/09 15:00:00,0	27.52	31.9
05/11/09 16:00:00,0	28.31	23.5
05/11/09 17:00:00,0	28.31	27.7
05/11/09 18:00:00,0	27.52	33.6
05/11/09 19:00:00,0	27.12	34.4
05/11/09 20:00:00,0	26.73	33.2
05/11/09 21:00:00,0	27.91	24.1
05/11/09 22:00:00,0	28.31	24
05/11/09 23:00:00,0	28.7	26.8
05/12/09 00:00:00,0	27.91	28.2
05/12/09 01:00:00,0	27.52	27.4
05/12/09 02:00:00,0	27.91	27.1
05/12/09 03:00:00,0	27.52	27.7
05/12/09 04:00:00,0	27.52	27.4
05/12/09 05:00:00,0	27.12	27.5
05/12/09 06:00:00,0	27.12	27.3
05/12/09 07:00:00,0	26.73	29.4

Junio: R2 - Cocina/Estancia-comedor

06/01/09 00:00:00.0	25.56	23.8
06/01/09 01:00:00.0	25.17	23.7
06/01/09 02:00:00.0	24.4	23.6
06/01/09 03:00:00.0	24.4	23.6
06/01/09 04:00:00.0	24.4	23.6
06/01/09 05:00:00.0	24.4	23.6
06/01/09 06:00:00.0	24.01	23.6
06/01/09 07:00:00.0	24.01	23.4
06/01/09 08:00:00.0	24.01	23.4
06/01/09 09:00:00.0	24.01	23.4
06/01/09 10:00:00.0	24.4	23.4
06/01/09 11:00:00.0	25.17	23.8
06/01/09 12:00:00.0	25.17	23.7
06/01/09 13:00:00.0	25.56	23.8
06/01/09 14:00:00.0	26.34	23.9
06/01/09 15:00:00.0	26.34	23.9
06/01/09 16:00:00.0	25.17	33.1
06/01/09 17:00:00.0	25.95	23.8
06/01/09 18:00:00.0	27.52	24.1
06/01/09 19:00:00.0	27.12	24
06/01/09 20:00:00.0	27.12	24
06/01/09 21:00:00.0	26.34	29.7
06/01/09 22:00:00.0	25.95	23.8

Junio: R3 - Cubo de escaleras

06/01/09 00:00:00.0	25.95	23.8
06/01/09 01:00:00.0	25.95	23.8
06/01/09 02:00:00.0	25.17	23.7
06/01/09 03:00:00.0	25.17	23.7
06/01/09 04:00:00.0	24.79	23.7
06/01/09 05:00:00.0	24.79	23.7
06/01/09 06:00:00.0	24.4	23.6
06/01/09 07:00:00.0	24.01	23.4
06/01/09 08:00:00.0	24.01	23.6
06/01/09 09:00:00.0	24.4	23.4
06/01/09 10:00:00.0	24.4	23.6
06/01/09 11:00:00.0	24.79	23.8
06/01/09 12:00:00.0	25.17	23.5
06/01/09 13:00:00.0	25.56	23.8
06/01/09 14:00:00.0	25.95	23.8
06/01/09 15:00:00.0	26.34	23.9
06/01/09 16:00:00.0	25.17	32.6
06/01/09 17:00:00.0	26.34	23.9
06/01/09 18:00:00.0	27.52	24.1
06/01/09 19:00:00.0	27.52	24.1
06/01/09 20:00:00.0	27.12	24
06/01/09 21:00:00.0	27.12	29.1
06/01/09 22:00:00.0	26.34	23.5

Junio: R4 - Alcoba principal

06/01/09 00:00:00.0	26.34	23.9
06/01/09 01:00:00.0	25.95	23.8
06/01/09 02:00:00.0	25.56	23.8
06/01/09 03:00:00.0	25.17	23.7
06/01/09 04:00:00.0	25.17	23.6
06/01/09 05:00:00.0	25.17	23.6
06/01/09 06:00:00.0	25.17	23.6
06/01/09 07:00:00.0	24.79	23.6
06/01/09 08:00:00.0	24.4	24.4
06/01/09 09:00:00.0	24.4	24.1
06/01/09 10:00:00.0	24.4	24.4
06/01/09 11:00:00.0	24.79	23.6
06/01/09 12:00:00.0	25.17	23.5
06/01/09 13:00:00.0	25.56	23.8
06/01/09 14:00:00.0	26.34	23.9
06/01/09 15:00:00.0	27.12	24
06/01/09 16:00:00.0	25.95	28.5
06/01/09 17:00:00.0	26.73	23.5
06/01/09 18:00:00.0	27.52	24.1
06/01/09 19:00:00.0	27.52	24.1
06/01/09 20:00:00.0	27.52	24.1
06/01/09 21:00:00.0	27.91	29.3
06/01/09 22:00:00.0	27.12	23.7

Julio: R2 - Cocina/Estancia-comedor

07/01/09 00:00:00.0	24.01	57.2
07/01/09 01:00:00.0	24.01	58.2
07/01/09 02:00:00.0	24.01	59.4
07/01/09 03:00:00.0	24.01	60.9
07/01/09 04:00:00.0	23.63	57.8
07/01/09 05:00:00.0	23.63	58.1
07/01/09 06:00:00.0	23.63	58.6
07/01/09 07:00:00.0	23.63	58.1
07/01/09 08:00:00.0	23.63	60.4
07/01/09 09:00:00.0	24.01	63.1
07/01/09 10:00:00.0	25.17	57.1
07/01/09 11:00:00.0	23.63	67.1
07/01/09 12:00:00.0	23.24	67.7
07/01/09 13:00:00.0	23.24	68.2
07/01/09 14:00:00.0	23.63	67.1
07/01/09 15:00:00.0	23.63	62.4
07/01/09 16:00:00.0	25.56	48.8
07/01/09 17:00:00.0	24.79	51.3
07/01/09 18:00:00.0	24.79	58
07/01/09 19:00:00.0	24.79	57
07/01/09 20:00:00.0	24.79	55
07/01/09 21:00:00.0	24.79	54.1
07/01/09 22:00:00.0	24.79	53.5
07/01/09 23:00:00.0	24.79	53.5
07/02/09 00:00:00.0	24.79	53.9

Julio: R3 - Cubo de escaleras

07/01/09 00:00:00.0	24.4	55.6
07/01/09 01:00:00.0	24.4	56.3
07/01/09 02:00:00.0	24.4	57.3
07/01/09 03:00:00.0	24.4	58.7
07/01/09 04:00:00.0	24.01	56.9
07/01/09 05:00:00.0	24.01	56.4
07/01/09 06:00:00.0	24.01	56.9
07/01/09 07:00:00.0	24.01	56.9
07/01/09 08:00:00.0	24.01	57.7
07/01/09 09:00:00.0	24.01	56.4
07/01/09 10:00:00.0	24.4	58.1
07/01/09 11:00:00.0	24.01	63.9
07/01/09 12:00:00.0	24.01	63.9
07/01/09 13:00:00.0	24.4	64.2
07/01/09 14:00:00.0	24.4	62.6
07/01/09 15:00:00.0	24.79	58.3
07/01/09 16:00:00.0	25.95	48.1
07/01/09 17:00:00.0	25.17	50
07/01/09 18:00:00.0	25.17	55.6
07/01/09 19:00:00.0	25.56	60.3
07/01/09 20:00:00.0	25.17	53.6
07/01/09 21:00:00.0	25.17	53.2
07/01/09 22:00:00.0	25.17	52
07/01/09 23:00:00.0	25.17	52
07/02/09 00:00:00.0	25.17	52.6

Julio: R4 - Alcoba principal

07/01/09 00:00:00.0	24.79	56.5
07/01/09 01:00:00.0	25.17	55.6
07/01/09 02:00:00.0	25.17	56.1
07/01/09 03:00:00.0	25.17	56.1
07/01/09 04:00:00.0	24.79	56
07/01/09 05:00:00.0	24.79	55.5
07/01/09 06:00:00.0	24.4	55.4
07/01/09 07:00:00.0	24.4	55.6
07/01/09 08:00:00.0	24.4	56.1
07/01/09 09:00:00.0	24.4	57.6
07/01/09 10:00:00.0	24.4	57.9
07/01/09 11:00:00.0	24.01	64.7
07/01/09 12:00:00.0	23.63	65.2
07/01/09 13:00:00.0	24.01	65.6
07/01/09 14:00:00.0	24.01	64.7
07/01/09 15:00:00.0	24.4	61.2
07/01/09 16:00:00.0	25.17	51.8
07/01/09 17:00:00.0	25.17	52.4
07/01/09 18:00:00.0	25.17	56.6
07/01/09 19:00:00.0	25.95	59.9
07/01/09 20:00:00.0	25.56	54.8
07/01/09 21:00:00.0	25.56	54.6
07/01/09 22:00:00.0	25.56	54.2
07/01/09 23:00:00.0	25.56	53.9
07/02/09 00:00:00.0	25.56	53.9

Muestra de mediciones exteriores en sitio con Hobos. Anexo del C-6, páginas 128 y137.

Mayo: R1 - Exterior (bajo sombra)

Fecha y Hora	Temperatura °C	Humedad Relativa (%)
05/10/09 12:00:00.0	31.52	24.9
05/10/09 13:00:00.0	34.01	25.6
05/10/09 14:00:00.0	38.77	27.3
05/10/09 15:00:00.0	34.85	25.9
05/10/09 16:00:00.0	33.17	25.4
05/10/09 17:00:00.0	32.76	25.2
05/10/09 18:00:00.0	31.93	25
05/10/09 19:00:00.0	31.12	24.8
05/10/09 20:00:00.0	30.31	24.6
05/10/09 21:00:00.0	29.5	24.4
05/10/09 22:00:00.0	27.91	24.1
05/10/09 23:00:00.0	26.34	23.9
05/11/09 00:00:00.0	26.34	23.9
05/11/09 01:00:00.0	25.95	23.8
05/11/09 02:00:00.0	25.17	23.7
05/11/09 03:00:00.0	24.79	23.7
05/11/09 04:00:00.0	24.01	23.6
05/11/09 05:00:00.0	24.4	23.6
05/11/09 06:00:00.0	23.63	23.6
05/11/09 07:00:00.0	23.24	23.5
05/11/09 08:00:00.0	24.4	23.6
05/11/09 09:00:00.0	25.56	23.8
05/11/09 10:00:00.0	27.12	24
05/11/09 11:00:00.0	28.31	23.6
05/11/09 12:00:00.0	31.12	24.8
05/11/09 13:00:00.0	33.59	25.5
05/11/09 14:00:00.0	37	26.6
05/11/09 15:00:00.0	33.59	25.5
05/11/09 16:00:00.0	32.34	25.1
05/11/09 17:00:00.0	31.93	25
05/11/09 18:00:00.0	29.1	23.6
05/11/09 19:00:00.0	29.5	24.4
05/11/09 20:00:00.0	29.1	24.4
05/11/09 21:00:00.0	28.31	24.2
05/11/09 22:00:00.0	27.91	24.1
05/11/09 23:00:00.0	26.73	26.3
05/12/09 00:00:00.0	25.56	28.3
05/12/09 01:00:00.0	25.17	27.8
05/12/09 02:00:00.0	25.17	27.5
05/12/09 03:00:00.0	24.4	28
05/12/09 04:00:00.0	24.01	28.7
05/12/09 05:00:00.0	23.24	29.6
05/12/09 06:00:00.0	23.24	28.5
05/12/09 07:00:00.0	22.86	29.1
05/12/09 08:00:00.0	24.4	29.1
05/12/09 09:00:00.0	25.56	27
05/12/09 10:00:00.0	27.52	24.3
05/12/09 11:00:00.0	28.7	24.3
05/12/09 12:00:00.0	30.31	24.6

Junio: R1 - Exterior (bajo sombra)

06/01/09 00:00:00.0	25.17	23.7
06/01/09 01:00:00.0	24.79	23.7
06/01/09 02:00:00.0	23.63	23.6
06/01/09 03:00:00.0	23.24	23.5
06/01/09 04:00:00.0	22.48	23.5
06/01/09 05:00:00.0	22.09	23.4
06/01/09 06:00:00.0	21.33	23.4
06/01/09 07:00:00.0	21.71	23.4
06/01/09 08:00:00.0	22.48	23.5
06/01/09 09:00:00.0	23.63	23.6
06/01/09 10:00:00.0	25.17	23.7
06/01/09 11:00:00.0	27.52	24.1
06/01/09 12:00:00.0	29.1	24.4
06/01/09 13:00:00.0	30.71	24.7
06/01/09 14:00:00.0	34.43	25.7
06/01/09 15:00:00.0	33.59	25.5
06/01/09 16:00:00.0	29.5	24.4
06/01/09 17:00:00.0	29.5	24.4
06/01/09 18:00:00.0	29.5	24.4
06/01/09 19:00:00.0	28.7	24.3
06/01/09 20:00:00.0	27.91	24.1
06/01/09 21:00:00.0	26.73	23.9
06/01/09 22:00:00.0	25.56	23.8
06/01/09 23:00:00.0	25.17	23.7
06/02/09 00:00:00.0	25.17	23.7
06/02/09 01:00:00.0	24.79	23.7
06/02/09 02:00:00.0	24.4	23.6
06/02/09 03:00:00.0	23.63	23.6
06/02/09 04:00:00.0	22.86	23.5
06/02/09 05:00:00.0	22.48	23.5
06/02/09 06:00:00.0	22.09	23.4
06/02/09 07:00:00.0	22.86	23.5
06/02/09 08:00:00.0	24.01	23.6
06/02/09 09:00:00.0	24.4	23.6
06/02/09 10:00:00.0	25.95	23.8
06/02/09 11:00:00.0	28.31	24.2
06/02/09 12:00:00.0	30.31	24.6
06/02/09 13:00:00.0	32.34	25.1
06/02/09 14:00:00.0	34.43	25.7
06/02/09 15:00:00.0	30.71	24.7
06/02/09 16:00:00.0	30.31	24.6
06/02/09 17:00:00.0	30.31	24.6
06/02/09 18:00:00.0	27.91	24.1
06/02/09 19:00:00.0	27.12	24
06/02/09 20:00:00.0	26.73	23.9
06/02/09 21:00:00.0	27.12	24
06/02/09 22:00:00.0	26.73	23.9
06/02/09 23:00:00.0	26.73	23.9
06/03/09 00:00:00.0	25.95	23.8
06/03/09 01:00:00.0	24.79	23.4
06/03/09 02:00:00.0	24.01	23.6
06/03/09 03:00:00.0	23.63	23.9

Julio: R1 - Exterior (bajo sombra)

07/01/09 00:00:00.0	22.48	57.6
07/01/09 01:00:00.0	22.09	62.7
07/01/09 02:00:00.0	21.33	64.4
07/01/09 03:00:00.0	21.33	68
07/01/09 04:00:00.0	21.33	60.9
07/01/09 05:00:00.0	21.33	62.2
07/01/09 06:00:00.0	21.33	64.4
07/01/09 07:00:00.0	21.33	64
07/01/09 08:00:00.0	22.09	65.9
07/01/09 09:00:00.0	23.24	57.1
07/01/09 10:00:00.0	24.4	48.7
07/01/09 11:00:00.0	25.95	45.8
07/01/09 12:00:00.0	26.73	45.1
07/01/09 13:00:00.0	28.31	39
07/01/09 14:00:00.0	29.5	30.1
07/01/09 15:00:00.0	28.31	35.3
07/01/09 16:00:00.0	27.52	38.1
07/01/09 17:00:00.0	25.17	45.3
07/01/09 18:00:00.0	24.79	53.3
07/01/09 19:00:00.0	24.79	52.9
07/01/09 20:00:00.0	24.4	50.4
07/01/09 21:00:00.0	24.4	49.9
07/01/09 22:00:00.0	24.01	49.1
07/01/09 23:00:00.0	24.01	51.2
07/02/09 00:00:00.0	23.63	53.6
07/02/09 01:00:00.0	23.24	56.4
07/02/09 02:00:00.0	22.09	61.7
07/02/09 03:00:00.0	22.48	57.8
07/02/09 04:00:00.0	22.09	57.9
07/02/09 05:00:00.0	21.71	59.6
07/02/09 06:00:00.0	21.71	61.5
07/02/09 07:00:00.0	21.71	60.8
07/02/09 08:00:00.0	22.86	59.4
07/02/09 09:00:00.0	23.63	54
07/02/09 10:00:00.0	24.4	54.3
07/02/09 11:00:00.0	25.56	48
07/02/09 12:00:00.0	28.31	37.9
07/02/09 13:00:00.0	29.1	35.6
07/02/09 14:00:00.0	31.12	29
07/02/09 15:00:00.0	29.9	31
07/02/09 16:00:00.0	27.52	40
07/02/09 17:00:00.0	27.52	36.3
07/02/09 18:00:00.0	27.52	35.6
07/02/09 19:00:00.0	26.73	41.3
07/02/09 20:00:00.0	26.34	43.3
07/02/09 21:00:00.0	25.95	44.6
07/02/09 22:00:00.0	25.56	43.4
07/02/09 23:00:00.0	25.56	40.5
07/03/09 00:00:00.0	24.4	44.6
07/03/09 01:00:00.0	24.4	44
07/03/09 02:00:00.0	24.01	42.6
07/03/09 03:00:00.0	23.63	46.9

Tiempos de operación del sistema de enfriamiento activo. Anexo del C-6 página 136.

Operación del sistema de enfriamiento activo (cooler) por día durante el periodo de medición con el equipo automatizado (datos compilados en sitio):

Primer periodo:

Desde: 10 de Mayo del 2009 a las 12:00 hrs.

Hasta: 25 de Mayo del 2009. a las 14:00 hrs.

Horario de activación de aparatos activos para acondicionamiento climatico:

Domingo 10	No se encendió.
Lunes 11	Encendido de las 10:30 a las 03:00 hrs.
Martes 12	Encendido de las 12:00 a las 19:00 hrs.
Miércoles 13	Encendido de las 14:00 a las 18:00 hrs.
Jueves 14	No se encendió.
Viernes 15	Encendido de las 11:00 a las 16:00 y de las 21:00 a las 3:00 hrs.
Sábado 16	Encendido de las 12:00 a las 17:00 hrs.
Domingo 17	Encendido de las 07:00 a las 15:00 hrs.
Lunes 18	Encendido de las 12:00 a las 18:00 hrs.
Martes 19	No se encendió.
Miércoles 20	Encendido de las 09:00 a las 13:00 hrs.
Jueves 21	Encendido de las 08:00 a las 17:00 hrs.
Viernes 22	No se encendió (día con precipitación pluvial).
Sábado 23	Encendido de las 07:00 a las 16:00 hrs.
Domingo 24	No se encendió (día con precipitación pluvial).
Lunes 25	No se encendió.

Segundo periodo:

Desde: 27 de Mayo del 2009. a las 6:00 hrs.

Hasta: 06 de Junio del 2009 a las 11:00 hrs.

Horario de activación de aparatos activos para acondicionamiento climatico:

Miércoles 27	No se encendió (día con precipitación pluvial).
Jueves 28	No se encendió (día con precipitación pluvial).
Viernes 29	No se encendió.
Sábado 30	Encendido de las 08:00 a las 09:00 hrs.
Domingo 31	Encendido de las 11:00 a las 15:11 y de las 22:49 a las 4:00 hrs.
Lunes 01	Encendido de las 15:30 a las 20:26 y de las 20:57 a las 3:07 hrs.
Martes 02	Encendido de las 13:30 a las 20:47 y de las 21:05 a las 6:02 hrs.

Miércoles 03	Encendido de las 12:00 a las 19:20 hrs.
Jueves 04	Encendido de las 13:45 a las 15:20 y de las 21:00 a las 23:10 hrs.
Viernes 05	Encendido de las 11:50 a las 17:15 hrs.
Sábado 06	Encendido de las 9:00 a las 0:15 hrs. (del día siguiente).

Tercer periodo:

Desde: 07 de Junio del 2009. a las 6:00 hrs.

Hasta: 01 de Agosto del 2009 a las 6:00 hrs.

Horario de activación de aparatos activos para acondicionamiento climatico:

Domingo 07	No se encendió (día con precipitación pluvial).
Lunes 08	Encendido de las 12:00 a las 13:00 y de las 15:00 a las 18:00 hrs.
Martes 09	Encendido de las 15:00 a las 17:00 hrs.
Miércoles 10	Encendido de las 24:00 a las 01:15 hrs. (del día siguiente).
Jueves 11	Encendido de las 21:00 a las 23:00 hrs.
Viernes 12	Encendido de las 11:00 a las 04:00 hrs. y de las 21:00 a las 24:00 hrs. (del día siguiente).
Sábado 13	No se encendió.
Domingo 14	Encendido de las 12:00 a las 13:00 hrs.
Lunes 15	No se encendió (día con precipitación pluvial).
Martes 16	No se encendió (día con precipitación pluvial).
Miércoles 17	No se encendió (día con precipitación pluvial).
Jueves 18	Encendido de las 11:00 a las 19:00 hrs.
Viernes 19	Encendido de las 19:00 a las 23:00 hrs.
Sábado 20	Encendido de las 10:00 a las 15:00 hrs.
Domingo 21	Encendido de las 13:00 a las 14:00 hrs.
Lunes 22	Encendido de las 21:00 a las 16:00 hrs.
Martes 23	No se encendió.
Miércoles 24	Encendido de las 17:00 a las 21:00 hrs.
Jueves 25	No se encendió.
Viernes 26	No se encendió.
Sábado 27	No se encendió.
Domingo 28	Encendido de las 12:00 a las 16:00 hrs.
Lunes 29	Encendido de las 15:00 a las 22:00 hrs.
Martes 30	Encendido de las 11:00 a las 14:00 hrs.
Miércoles 01	Encendido de las 11:00 a las 01:00 hrs. (del día siguiente).
Jueves 02	Encendido de las 13:00 a las 14:00 hrs.
Viernes 03	Encendido de las 12:00 a las 14:00 y de las 16:00 a las 18:00 hrs.
Sábado 04	Encendido de las 13:00 a las 23:00 hrs.
Domingo 05	Encendido de las 13:00 a las 21:00 hrs.
Lunes 06	Encendido de las 17:00 a las 21:00 hrs.
Martes 07	Encendido de las 20:42 (del día anterior) a las 10:47 hrs. y de las 20:00 a las 22:00 hrs.

Miércoles 08	Encendido de las 18:00 (del día anterior) a las 11:17 hrs., de las 15:00 a las 18:30 y de las 23:00 a las 9:49hrs. (del día siguiente).
Jueves 09	Encendido de las 13:44 a las 16:00 y de las 17:18 a las 19:06 hrs.
Viernes 10	Encendido de las 7:08 a las 16:13 hrs.
Sábado 11	No se encendió.
Domingo 12	No se encendió.
Lunes 13	Encendido de las 17:07 a las 20:00 y de las 23:20 a las 4:02 hrs. (del día siguiente).
Martes 14	Encendido de las 06:30 a las 18:28 y de las 22:38 a las 17:31 (del día siguiente).
Miércoles 15	(Del día anterior hasta las 17:31 hrs.)
Jueves 16	Encendido de las 23:00 a las 06:28 y de las 10:47 a las 23:06 hrs.
Viernes 17	Encendido de las 10:31 a las 05:15 hrs. (del día siguiente).
Sábado 18	Encendido de las 08:54 a las 10:58 hrs.(del día siguiente).
Domingo 19	Encendido de las 21:50 a las 04:00 hrs.(del día siguiente).
Lunes 20	Encendido de las 09:07 a las 17:25 y de las 21:26 a las 04:32 hrs. (del día siguiente).
Martes 21	Encendido de las 08:31 a las 10:15, de las 14:39 a las 18:05 y de las 23:13 a las 04:30 hrs. (del día siguiente).
Miércoles 22	Encendido de las 08:42 a las 16:50 hrs.
Jueves 23	Encendido de las 06:32 a las 17:50, y de las 22:30 a las 10:00 hrs. (del día siguiente).
Viernes 24	Encendido de las 14:53 a las 18:40 hrs.
Sábado 25	Encendido de las 08:42 a las 16:50 hrs.
Domingo 26	No se encendió.
Lunes 27	Encendido de las 10:30 a las 15:30, y de las 22:47 a las 07:45 hrs. (del día siguiente).
Martes 28	Encendido de las 08:15 a las 09:20 hrs.
Miércoles 29	Encendido de las 22:00 a las 05:56 hrs. (del día siguiente).
Jueves 30	Encendido de las 08:32 a las 14:00 hrs.
Viernes 31	No se encendió.
Sábado 01	No se encendió.

Datos introducidos en el software Eliodon para soleamiento de elementos sobresalientes del nivel del forjado de azotea. Anexo del C-7, página 162.

- Observador- A nivel de azotea, aproximadamente 6.30 mts.
- Escala grafica- 2.00 mts.
- Cota de malla (grid) a cada 0.50 mts.
- Altura de elementos-
 1. Chimenea solar 7.55 mts.;
 2. Torre de ventilación evaporativa 9.50 mts. (a la máxima de elevación dada por la pendiente);
 3. Tiro de la chimenea para caldera de biomasa;
 4. A la máxima elevación de la pendiente de la losa en donde se ubican los paneles solares.

Apoyo para diseño de ventilación y torre captadora de viento. Anexo del C-7, página 161.

Demanda de aire, si cada persona produce 0.015m³/hr. de CO₂, si se desea que la concentración no sobrepase el 0.1% de CO₂ cuando la ventilación se realiza introduciendo aire con una concentración de 0.07% de CO₂:

$$v = g / (C_i - C_e)$$

Total v= 50 m³/h/pers. 200 m³/h

g	0.015
C _i	0.001
C _e	0.0007
# personas	4

Renovaciones de aire por hora se necesita tener la vivienda:

Necesidad de aire entre volumen de la vivienda= 0.606060606 renovaciones /hr.

Volumen 330

Determinación de las ganancias caloríficas:

Radiación solar		TOT	DIR
N	115 0 HRZ.	895	643
NE	176 0	895	643
E	266 0		
SE	308 440		
S	308 440		
SO	308 440		
O	266 440		
NO	176 0		

Coeficiente de transmisión superficial= $f_e = 3(v) + 10$ 19.99

v=vel.viento 3.33

Coeficiente de transmisión de calor (k)
K muros, ventanas, techo

	k	k/fe
k muro	0.8	24.9875
k techo	0.65	30.753846
k ventanas	3.1	6.4483871

	Radiación en muros	ventanas	Area	Area	c.sol	c.sol
N	4.602	17.833917	77.55	4.15	356.908	74.0107554
NE	7.044	27.293647			0	0
E	10.65	41.250625	68.4	2.87	728.14	118.389295
SE	12.33	47.763882			0	0
S	12.33	47.763882	68.79	9.05	847.917	432.263132
SO	12.33	47.763882			0	0
O	10.65	41.250625	66.71	1.19	710.149	49.0882441
NO	7.044	27.293647			0	0
Techo	29.1		79		2299.06	0
					4942.18	673.751426
					Total=	5615.92821 watts

Por conduccion k

te-ti 5

k muro 0.8 4
 k techo 0.65 3.25
 k ventanas 3.1 15.5

	muros	ventanas	Area	Area		
N	3.5	3	77.55	4.15	271.425	12.45
NE					0	0
E	4.5	4	68.4	2.87	307.8	11.48
SE					0	0
S	5	12	68.79	9.05	343.95	108.6
SO					0	0
O	3	3	66.71	1.19	200.13	3.57
NO					0	0
Techo	3.4824		79		275.1096	0
					1398.4146	136.1

Total= 1534.5146 watts

TOTAL 7150.44281

Disipación del calor excedente por medio de la ventilación:

Total de ganancias calorificas

Ganancia de la estructura 7150.442814
 Ganancias internas (115w por persona) 460
 Aparatos electrodomesticos 200
 7810.442814

$w = .33NV(t_i - t_e)$

$N = w / .33v(t_i / t_e)$ 14.3442476

w 7810.44281

v 330

t_i 29

t_e 24

N(cambios de aire) 14.3442476 4733.601706 m3/hr 1.31488936 m3/s

V(volumen de aire)

Área mínima que deben tener la aberturas para garantizar la disipación calorífica:

$A = Q / rV \text{sen} O$ 0.661287102 o sea ,0x1,00

Q 1.31488936 factor de rel/vent

r 0.5971108 1

sen O < dir aire 1

Vel. media 3.33

Que cantidad de aire entrara si la velocidad del viento es de 3.33 (ciudad de Chihuahua):

Q=rAVsenO 1.98837896 m3/s 7158.16427 m3/hr

Cambios de aire hora:

Dimensionamiento de ventanas
 Area total de aberturas 0.661287102 m2
 Relacion optima salida/entrada 1.25
 area total de aberturas de salida 0.826608877

Si no hubiera viento, pero con dif. de temp. entre exterior e interior de 2°C. Una diferencia de altura de (AD) entre las aberturas de entrada y salida de 1m. Cual será la velocidad del flujo de aire que se creará debido al efecto stack?

V=0.121 A raiz cuadrada de H(ti-te) 1.07 m/s
 H=AD

Cual será la cantidad de aire que entrara debido a ese flujo

Q=rvAsenO 0.422501987 m2/s 1521.00715 m2/hr
 4.60911259 renovaciones/hora

Fórmula de Florida para hallar el tamaño de aberturas de entrada-salida de viento:	AT = (1,17*10⁻³*V*CA)/Vel*f1*f2*f3*f4
V=volumen total del espacio en metros cúbicos	330
CA=número de ronovaciones por hora	0.61
Vel=velocidad del viento en metros por segundo	3.33
f1=0.35 viento perpendicular y 0.08 viento paralelo a la apertura (tabla 1)	0.35
f2=entre 0.47 y 1.3 (tabla 2)	0.67
f3=entre 0 y 1 en función de separación de edificios adyacentes (tabla 3)	1
f4=entre 1 para la primera planta del edificio y 1,15 para segunda planta (tabla 4)	1.15
Q (metros cúbicos/hora)	201.3
AT para ventanas con mosquitera (considerando carpintería)	0.262267644
AT para ventanas sin mosquitera (considerando carpintería)	0.157046494
AT para ventanas con mosquitera (sin considerar carpintería)	0.209814116
AT para ventanas sin mosquitera (sin considerar carpintería)	0.125637195

La fórmula de Florida se emplea para calcular el área de aberturas de entrada y salida de igual tamaño (puede haber diferencias del orden del 10%. Es una fórmula experimental por lo que, en principio, los coeficientes se han desarrollado en pruebas realizadas en túnel de viento y no siempre presentan una lógica absoluta, es decir que no se trata de un teorema matemático. Permite en principio el cálculo de edificios de 1 o 2 plantas aunque se puede extender con reservas a otras alturas. El resultado se refiere a la suma del área de entrada y salida.

Fórmula de Ashrae para hallar el flujo de aire y/o tamaño de aperturas de entrada-salida de viento:	$Q=A*W*E$
Q=flujo en metros cúbicos/hora	2500
W=velocidad en metros por segundo del viento	3.33
E=factor de eficacia entre 0.5 a 0.6 para vientos perpendiculares y 0.25 a 0.35 para vientos diagonales	0.5
A (metros cuadrados)	0.41708375

El área se refiere al hueco de entrada.

Fórmula para hallar el flujo de viento de Ashrae (inducido por diferencias de temperatura):	$Q= 0.116*A*\sqrt{(h*(T_i - T_s))}$
A=área en metros cuadrados de hueco	1.5
h=diferencias de alturas en metros	8
Ti-Ts=diferencia de temperatura	5
Q (metros cúbicos/hora)	3961.701453

Fórmula para hallar la velocidad interior del viento (Givoni):	$V_{med(int)} = 0.45*(1-e^{-3.84 X}) * V_{ext}$
X=relacion entre area de apertura y area de pared	0.5
Vext=velocidad exterior del viento en metros/segundo	3.33
Vmed(int) (metros/segundo)	1.278812287

Fórmula para hallar la velocidad a una altura distinta a la de referencia:	$V/V_R = c H^a$
VR=velocidad de referencia en metros/segundo	3.33
c=coeficiente de viento. Campo abierto 0.68, obstrucción remota 0.52, ciudad 0.35 y centro ciudad 0.21	0.45
H=altura de estudio en metros	8
a=coeficiente de viento. Campo abierto 0.17, obstrucción remota 0.20, ciudad 0.25 y centro ciudad 0.23	0.22
V (metros/segundo)	2.367753812

Fórmulas para el cálculo de torres evaporativas:	$T_{sal}=T_{seca}-((T_{seca}-T_{húmeda})*(1-e^{-(0.8*H)}))*(1-e^{-(0.5*FA)})$
TEMPERATURA SECA	28
TEMPERATURA HÚMEDA	11.4
ALTURA DE LA TORRE (m)	8
FLUJO DE AGUA (l/min)	20
TEMPERATURA DE SALIDA DEL AIRE	12.25267397

Fórmula para el dimensionado de conductos enterrados:	
DIÁMETRO EXTERIOR (m)	0.7
DIÁMETRO INTERIOR (m)	0.5
CONDUCTIVIDAD (W/m ² °C)	2.1
VELOCIDAD DEL AIRE (m/s)	3.33
AIRE DE ENTRADA:	
TEMPERATURA	28
HUMEDAD RELATIVA (%)	43
ENTALPÍA (Kcal/Kg)	50
VOLUMEN ESPECÍFICO (m ³ /Kg)	14.5
AIRE DE SALIDA:	
TEMPERATURA	24
ENTALPÍA (Kcal/Kg)	40
VOLUMEN ESPECÍFICO (m ³ /Kg)	12.5
TEMPERATURA DEL TERRENO	23
SECCIÓN DEL CONDUCTO	0.196349541
CAUDAL DE AIRE CIRCULADO POR EL CONDUCTO (m ³ /h)	2353.838296
LONGITUD DEL CONDUCTO NECESARIA	12.83339637

Comprobación para verificar el predimensionamiento de la instalación solar térmica de baja temperatura. Anexo del C-8 página 176.

	Ocupación %	Número de Estancias	Consumo A.C.S. (l/día)	Calentamiento de Agua		Energía Final Util Agua Caliente(kW-h)	Litros de Agua Caliente
				Consumo Comb.(termias)	Coste (pts)		
Enero	100.00	124	160	549	1,900	259	4,960
Febrero	100.00	112	160	485	1,700	229	4,480
Marzo	100.00	124	160	525	1,800	248	4,960
Abril	100.00	120	160	496	1,700	234	4,800
Mayo	100.00	124	160	500	1,800	236	4,960
Junio	100.00	120	160	472	1,700	223	4,800
Julio	100.00	124	160	476	1,700	225	4,960
Agosto	100.00	124	160	476	1,700	225	4,960
Septiembre	100.00	120	160	472	1,700	223	4,800
Octubre	100.00	124	160	513	1,800	242	4,960
Noviembre	100.00	120	160	520	1,800	245	4,800
Diciembre	100.00	124	160	549	1,900	259	4,960
TOTAL AÑO	100.00	1,460	1,920	6,034	21,200	2,847	58,400

Orient.(E,SE,S,SW,W): **s** Litros/usuario-día: **40** F. pérdidas(W/m2 °C): **3.5**
 Inclinación (0-90°): **38** Volumen acumulación(l): **16,000** Tipo de Sistema (D/I): **i**
 Temperatura de uso: **55** Relación V / A (l/m2): **3007.5** Rend. Intercambiador: **0.75**
 Número de Colectores **2** Tipo de Captador: **SOLARMAT C 258 V**

¡ NO HAY ESPACIO SUFICIENTE PARA UBICAR EL VOLUMEN DE ACUMULACIÓN!

	Ocupación (%)	Energía Final Util (kW-h)	Energía Solar Aportada (kW-h)	Aporte solar %	Agua Caliente (m3/mes)
Enero	100.00	259	259	100.0	5
Febrero	100.00	229	229	100.0	4
Marzo	100.00	248	248	100.0	5
Abril	100.00	234	234	100.0	5
Mayo	100.00	236	236	100.0	5
Junio	100.00	223	223	100.0	5
Julio	100.00	225	225	100.0	5
Agosto	100.00	225	225	100.0	5
Septiembre	100.00	223	223	100.0	5
Octubre	100.00	242	242	100.0	5
Noviembre	100.00	245	245	100.0	5
Diciembre	100.00	259	259	100.0	5
TOTAL AÑO	100.00	2,847	2,847	100.0	58
Valor en MJ		10,250	10,250		

Relaciones		Aporte Solar Unitario		Aporte solar Anual
100°A/M	3.33	535.19	kWh/m2	2,847 kWh
V/M (0,8-1,2)	100.00	1.47	kWh/m2*día	10,250,028.80 k J
V/A (50-120)	3007.52	28	MJ/día	10,250.03 MJ
M/A (60-100)	30.08			Fracción Solar
		RENDIMIENTO		100.0 %
		26.09%		

ESTUDIO COMPARATIVO DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA Y TÉRMICA EN DOS VIVIENDAS DE CHIHUAHUA, MÉXICO.
Universidad Internacional de Andalucía, La Rábida.
Mario Humberto Echanove García.